# TNIAC 2022

## The 8th Thai-Nichi Institute of Technology Academic Conference

**May 19-20, 2022**

Thai-Nichi Institute of Technology (TNI)
and Artificial Intelligence Association of Thailand (AIAT)
Bangkok, Thailand

The 8th Thai-Nichi Institute of Technology Academic Conference (TNIAC2022)

# Proceedings Book

19 – 20 May 2022

Thai-Nichi Institute of Technology via Online Platform

**จัดพิมพ์โดย**

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

โทรศัพท์: 02-763-2600 โทรสาร: 02-763-2700

เว็บไซต์: https://tniac.tni.ac.th/

# คณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการระดับชาติ TNIAC2022

<u>Honorary Chairs</u>

| | |
|---|---|
| รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์ | อธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ศ. ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง | นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย |
| นายพงศกร ยุทธโกวิท | ประธาน IEEE Thailand Section |

<u>General Chair</u>

| | |
|---|---|
| รศ. ดร.รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์ | รองอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

<u>General Co-Chair</u>

| | |
|---|---|
| ผศ. ดร.กฤษณะ ชินสาร | ประธาน IEEE Computer Society, Thailand Chapter และ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| ศ. ดร.โกสินทร์ จำนงไทย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |

<u>Technical Program Chair</u>

| | |
|---|---|
| รศ. ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

<u>Technical Program Committee</u>

| | |
|---|---|
| ศ. ดร.บุญเจริญ ศิริเนาวกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ศ. ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ศ. ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ศ. ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ศ. ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| รศ. ดร.จีรนุช เสงี่ยมศักดิ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| ผศ. ดร.สายยัญ สายยศ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| รศ. ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ | สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ |
| รศ. ดร.อรรณพ หมั่นสกุล | สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ |
| รศ. ดร.จิราวรรณ ฉายสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| รศ. ดร.วรนารถ แสงมณี | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ผศ. ดร.ทิวา พาร์ค | มหาวิทยาลัยกรุงเทพ |
| รศ. ไว จามรมาน | นักวิชาการอิสระ (อดีตอาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) |
| รศ. ปราณี จงสุจริตธรรม | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ผศ. นิดา ลาภศรีสวัสดิ์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| รศ. ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

| | |
|---|---|
| รศ. ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ผศ. ดร.เอกรัฐ รัฐกาญจน์ | สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ |
| รศ. ดร.วารี กงประเวชนนท์ | สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ดร.สวรรยา สุวรรณวงศ์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ดร.พิมพ์เพชร สระทองอุ่น | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ดร.ประมุข บุญเสี่ยง | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ดร.ศรายุทธ นนท์ศิริ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ผศ. ดร.รชตะ รุ่งตระกูลชัย | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ดร.เพ็ญพิมล วิไลรัตน์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ผศ. อมราวดี ทัพพุน | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ผศ. ดร.วิภาณี เพ็งเนตร | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ผศ. ดร.วุฒิ สุขเจริญ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| อาจารย์วสันต์ จันทร์สัจจา | บริษัทหลักทรัพย์ บัวหลวง จำกัด (มหาชน) |

**Board of Organizing Committee**

| | |
|---|---|
| รศ. ดร.รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| รศ. ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| รศ. รังสรรค์ เลิศในสัตย์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| อาจารย์พรอนงค์ นิยมค้า โฮริคาวา | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| รศ. ดร.ชุมพล อันตรเสน | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ผศ. วิฐิณัฐ ภัคพรหมินทร์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| ผศ. ดร.วรรณวิมล รุ่งธีระ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| อาจารย์อดิศักดิ์ เสือสมิง | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

**Secretariat**

| | |
|---|---|
| ดร.ศรายุทธ นนท์ศิริ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

**Publicity**

| | |
|---|---|
| อาจารย์ฐนสิน ญาติสูงเนิน | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| อาจารย์สาเรศ วันโสภา | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

**Registration and Finance**

| | |
|---|---|
| นางสาวพิมพ์รต พิพัฒนกุล | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| นางสาวอาริสา จิระเวชถาวร | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| นางสาวพรรษชล แสงอรุณ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

# สารจากประธานกิตติมศักดิ์การจัดประชุมวิชาการ TNIAC2022

**รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์**
**อธิการบดี**
**สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น**
**ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม**

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้ริเริ่มจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงการบริหารจัดการอุตสาหกรรม การศึกษา ภาษา และวัฒนธรรม ในรูปแบบของสหวิทยาการ เพื่อเป็นสื่อกลางการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการและงานวิจัย ระหว่างนักศึกษา คณาจารย์ และนักวิจัย ทั้งของภาครัฐและเอกชน ภายใต้ชื่อ TNIAC (Thai-Nichi Institute of Technology Academic Conference) โดยเริ่มจัดการประชุมครั้งแรกในปี พ.ศ. 2554 และจัดติดต่อกันมาแล้ว 8 ครั้ง

ในปี พ.ศ. 2565 นี้ ทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติ The 8th Thai-Nichi Institute of Technology Academic Conference เป็นครั้งที่ 8 โดยแบ่งกลุ่มหัวข้อการวิจัยและบทความทางวิชาการออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย Track 1: ภาษาและสังคมศาสตร์ Track 2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร Track 3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และ Track 4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ เพื่อให้นักศึกษา คณาจารย์ ตลอดจนนักวิจัย จากสถาบันต่าง ๆ ได้นำเสนอผลงานวิจัย ที่นำไปสู่การแลกเปลี่ยนทางวิชาการ การถ่ายทอดความรู้ ความร่วมมือทางวิชาการและวิจัยต่อไปในอนาคต

เนื่องจากเหตุการณ์แพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา (COVID-19) การประชุมวิชาการในปีนี้จึงกำหนดให้เป็นการนำเสนอและการร่วมประชุมทาง Online โดยมีบทความที่ส่งเข้าร่วมการพิจารณา จำนวน 65 บทความ และบทความที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับการตัดสินให้นำเสนอในการประชุมวิชาการครั้งนี้ จำนวน 55 บทความ โดยเป็นบทความของนักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์และนักศึกษาจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งสถาบันการศึกษาของรัฐและเอกชน

ผมขอขอบคุณ IEEE Thailand Section, สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย (AIAT), สมาคมสภาคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (CITT), สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (DGA) และ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น (TPA) ที่ให้เกียรติเป็นหน่วยงานสนับสนุนด้านเทคนิค และขอบคุณ บริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด (SCG) และ บริษัท พลังงานบริสุทธิ์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้การอุปถัมภ์การประชุมวิชาการครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้ร่วมนำเสนอผลงานและผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการทุกท่าน ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินบทความ ขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการและบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้การจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

สุดท้ายนี้ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลและองค์ความรู้จากผลงานวิจัยและบทความวิชาการต่าง ๆ ที่ทุกท่านได้รับจากการประชุมวิชาการในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการต่อยอดงานวิจัยและการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

# สารจากประธานคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการ TNIAC2022

**รองศาสตราจารย์ ดร. รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์**
**รักษาการรองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม**
**สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น**

นับเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้มีโอกาสต้อนรับผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ TNIAC2022 ทุกท่าน

TNIAC เป็นการประชุมสหวิทยาการระดับชาติ ที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้จัดขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2554 โดยจัดต่อเนื่องมา และการจัดการประชุมครั้งนี้เป็นการประชุมครั้งที่ 8

ตั้งแต่การจัด TNIAC ครั้งที่ผ่านมา จนถึงครั้งที่ 8 นี้ ได้มีการจัดในวันและเวลาร่วมกับการจัดประชุมวิชาการระดับนานาชาติ International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR) ทำให้ผู้ร่วมงาน TNIAC ได้มีโอกาสพบปะและแลกเปลี่ยนด้านวิชาการกับนักวิจัยที่มาจากต่างประเทศด้วย

การประชุมสหวิทยาการระดับชาติ TNIAC2022 เป็นการเปิดโอกาสให้นักวิจัย นักวิชาการ บุคคลในอุตสาหกรรม และนักศึกษา จากสหวิชาชีพและสาขาวิชา ได้โต้ตอบและแลกเปลี่ยนความคิด ประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในปัจจุบันและเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมจะมีโอกาสพบปะกับผู้ที่มีความสนใจในงานวิจัยที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งอาจนำไปสู่ความร่วมมือด้านการวิจัยในอนาคต ผลประโยชน์ของการประชุมแบบสหสาขาวิชาชีพคือการทำงานร่วมกันระหว่างนักวิจัยจากหลาย ๆ หน่วยงาน ที่จะเป็นจุดเริ่มต้นนำไปสู่การพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจของประเทศ การประชุมครั้งนี้ ร่วมจัดกับสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย (AIAT) และได้รับการสนับสนุนด้านวิชาการจาก IEEE Thailand Section, สมาคมสภาคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ประเทศไทย (CITT), สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (DGA) บทความดีเด่น ที่เสนอในที่ประชุม จะได้รับการทาบทามให้ตีพิมพ์ในวารสารของสถาบันฯ “วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล” ซึ่งอยู่ในฐาน TCI 1 และ “วารสารบริหารธุรกิจและภาษา” ซึ่งอยู่ในฐาน TCI 2

นอกจากการนำเสนอผลงานวิจัย ในปีนี้เรายังได้รับเกียรติจากผู้ทรงคุณวุฒิ ถึง 4 ท่านมาร่วมเป็นองค์ปาฐก ได้แก่ ดร.สุพจน์ เธียรวุฒิ ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, คุณสุวรรณชัย โลหะวัฒนกุล ประธานผู้ก่อตั้ง Tiger Academy ประเทศไทย, Dr.Satoko SHINKAI จาก Kyushu Institute of Technology ประเทศญี่ปุ่น และ Dr.Hitoshi ISAHARA จาก Otemon Gakuin University ประเทศญี่ปุ่น

จากสถานการณ์ของการแพร่ระบาดโรคโควิด-19 ที่ยังมีอย่างต่อเนื่อง ทางคณะกรรมการได้คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้เข่าร่วมประชุม จึงมีความจำเป็นที่ต้องปรับรูปแบบการนำเสนอผลงานเป็นระบบออนไลน์ แต่ยังรักษาความเข้มข้นและเนื้อหาของการประชุมตามมาตรฐานสากล

การประชุมวิชาการในครั้งนี้ ไม่สามารถดำเนินการให้ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้โดยปราศจากความร่วมมือร่วมใจและการทำงานอย่างหนักของคณะทำงานและบุคลากรสนับสนุนจำนวนมาก ผมขอถือโอกาสนี้กล่าวคำขอบคุณและชื่นชมต่อความตั้งใจและการทำงานอย่างทุ่มเทของทุกท่าน ขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการประชุม คณะทำงานทุกชุด ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกสถาบันฯ ที่ทำหน้าที่ในการคัดกรองบทความวิจัยจนได้ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ คณะทำงานด้านเทคนิคในจัดการกระชุม Online ผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำหน้าที่เป็น Session Chair ของการประชุม ตลอดจนขอขอบคุณผู้ร่วมนำเสนอ

ผลงานและผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้การจัดการประชุมวิชาการ ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

ขอขอบคุณ ขอขอบคุณบริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด และ บริษัท พลังงานบริสุทธิ์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้การอุปถัมภ์การประชุมวิชาการครั้งนี้ ทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

สุดท้ายนี้ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลและองค์ความรู้จากการปาฐกถา จากผลงานวิจัยและบทความวิชาการต่าง ๆ ที่ทุกท่านได้รับจากการประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับการต่อยอดงานวิจัยและการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

# องค์ปาฐก 1

**Dr. Supot Tiarawut (ดร.สุพจน์ เธียรวุฒิ)**

**President and CEO, Digital Government Development Agency: DGA**

**หัวข้อ "Digital Innovation for Next Era"**

**Education:**

• Doctor of Engineering (Electronic Engineering), The University of Tokyo

• Master of Engineering (Information and Computer Sciences), Toyohashi University of Technology

• Bachelor of Engineering (1st Class Honor) (Electrical Engineering), Chulalongkorn University

• The Thai Institute of Directors (IOD) Director Certification Program (DCP) 195/2014, IT Governance & Cyber Resilience Program (ITG) 11/2019

• Certificate, PURC/World Bank Training Program on Utility Regulation and Strategy, USA

• Certificate, ICT Development and Management Program, TEMIC, Canada

**Experiences:**

• 2018-2019, Chief Transformation Officer, Chulalongkorn University

• 2012-2017, Advisor to the President, Chulalongkorn University

Director, Industrial Liaison Program (ILP) Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

• 2007-2011, Executive Director, Telecommunication Research and Industrial Development Institute (TRIDI), National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC)

• 1995-2007, Senior Vice President Corporate Strategy, TT&T PCL.

• 1994-1995, Industrial Officer, Office of Industrial Affairs, Royal Thai Embassy, Tokyo, Japan

# องค์ปาฐก 2

**Mr. Suwanchai Lohawatanakul (คุณสุวรรณชัย โลหะวัฒนกุล)**

**President and Founder of Tiger Academy**

**หัวข้อ "Future Trend of Business Development"**

**Education:** • Executive Master Degree (Industrial Engineering), King Mongkut's Institution of Technology, North Bangkok

• Master Degree (Marketing), MIM Thammasat Business School

• Undergraduate (Monbusho - Japanese Government Scholarship), Faculty of Economics, Business Administration Department, Kyoto University, Japan

• High school, Triam Udom Suksa School

**Experiences:** • Present, President of Global Entrepreneurship Network Thailand

• 2020-2021, Duputy CEO Gourmet Enterprises Co., LTD ( SOOKSIAM @ICONSIAM)

• 2019-2020, Executive Vice President of PTG Energy Public Company Limited

Acting Managing Director, Pun Thai Coffee Company Limited

Acting Managing Director, GFA Corporation (Thailand) Company Limited

• 2017-2019, Director General of Office of Small and Medium Enterprises Promotion

• 2017-2017, Thailand - Japan Management Institute (TJMI) By Technology Promotion Association (Thailand-Japan): President.

• 2013-2017, Institute for Small and Medium Enterprises Development: President.

# องค์ปาฐก 3

**Dr. Satoko SHINKAI**

**Kyushu Institute of Technology, JAPAN**

**หัวข้อ “Digital Innovation for Next Era”**

**Education:**

- Ph.D. of Engineering
- Doctor Course of Engineering in Kitami Institute of Technology, Japan (Grade Skipping)
- Master Course of Engineering in Kitami Institute of Technology, Japan
- Bachelor Course of Engineering in Kitami Institute of Technology, Japan (Grade Skipping)

**Experiences:**

- April 2021 - Present, Associate Professor at Department of Advanced Informatics, Kyushu Institute of Technology, Japan
- April 2010 - March 2021, Associate Professor at Center for Microelectronic Systems, Kyushu Institute of Technology, Japan
- April 2007 - March 2010, Lecturer at Center for Microelectronic Systems, Kyushu Institute of Technology, Japan
- January 2005 - March 2007, Assistant Professor at Department of Electronic Control Engineering, Takuma National College of Technology (TNCT), Japan
- April 2004 - December 2004, Part-time researcher in Kitami Institute of Technology, Japan
- April 2000 - March 2004, Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science (PD)
- April 1998 - March 2000, Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science (DC1)

# องค์ปาฐก 4

**Prof. Dr. Hitoshi Isahara**

**Professor, Otemon Gakuin University, JAPAN**

**หัวข้อ “Natural Language Processing for Business and Industries”**

**Special Session: Language Processing in Data Analytics Era**

He received the B.E., M.E., and Ph.D. degrees in electrical engineering from Kyoto University, Kyoto, Japan, in 1978, 1980, and 1995, respectively. His research interests include natural language processing, machine translation and lexical semantics.

He was working at the Electrotechnical Laboratory (ETL) of Japanese Ministry of International Trade and Industry from 1980 to 1995, was working at the Communications Research Laboratory of Japanese Ministry of Posts and Telecommunications (currently, National Institute of Information and Communications Technology (NICT)) from 1995 to 2009, and was working as a Professor and Director of the Information and Media Center at Toyohashi University of Technology (TUT) from 2010 to 2021. From April, 2021, he is working at Otemon Gakuin University.

He was the President of the International Association for Machine Translation (IAMT) from 2009 to 2011, and the President of the Asia-Pacific Association for Machine Translation (AAMT) from 2006 to 2012. He is a board member of Gengo-Shigen-Kyokai (GSK) (literally “Language Resources Association”), AI data consortium, Language Grid Association and Council for Interpreter’s Quality and Competence. He is a chair of the Japanese national committee of ISO/TC37 (Terminology and Language Resource Management and its Application).

# ตารางเวลางานประชุม
## การประชุมสหวิทยาการระดับชาติสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ครั้งที่ 8 (TNIAC2022)

**วันพฤหัสบดีที่ 19 พฤษภาคม 2565**

<table>
<tr><th>เวลา</th><th>กำหนดการ</th></tr>
<tr><td>8:30 – 12:00 น.</td><td>กล่าวเปิดงานประชุมโดยอธิการบดี และบรรยายภาษาอังกฤษ โดยวิทยากรกิตติมศักดิ์<br>https://zoom.us/j/92071318513?pwd=RlRTRTEvVEJvOXEvdlFTd0hmMFR6UT09<br>Meeting ID: 920 7131 8513, Passcode: 557584</td></tr>
<tr><td>13.00 – 14.30 น.</td><td>การประชุมแบบขนาน 1
<table>
<tr><td colspan="2">Track1: ภาษาและสังคมศาสตร์</td></tr>
<tr><td>T1-1 LA</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/96056949235<br>Meeting ID: 960 5694 9235, Passcode: 270734</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร</td></tr>
<tr><td>T1-1 IT</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/95246678569<br>Meeting ID: 952 4667 8569, Passcode: 096666</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์</td></tr>
<tr><td>T1-1 ENG</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/92567095290<br>Meeting ID: 925 6709 5290, Passcode: 939018</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ</td></tr>
<tr><td>T1-1 BA</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/93323318430<br>Meeting ID: 933 2331 8430, Passcode: 914094</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

**วันพฤหัสบดีที่ 19 พฤษภาคม 2565**

<table>
<tr><th>เวลา</th><th>กำหนดการ</th></tr>
<tr><td>14.45 – 16.15 น.</td><td>การประชุมแบบขนาน 2
<table>
<tr><td colspan="2">Track2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร</td></tr>
<tr><td>T2-1 IT</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/95246678569<br>Meeting ID: 952 4667 8569<br>Passcode: 096666</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์</td></tr>
<tr><td>T2-1 ENG</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/92567095290<br>Meeting ID: 925 6709 5290<br>Passcode: 939018</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ</td></tr>
<tr><td>T2-1 BA</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/93323318430<br>Meeting ID: 933 2331 8430<br>Passcode: 914094</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

**วันศุกร์ที่ 20 พฤษภาคม 2565**

<table>
<tr><th>เวลา</th><th>กำหนดการ</th></tr>
<tr><td>8:30 – 9:30 น.</td><td>บรรยายภาษาอังกฤษ โดยวิทยากรกิตติมศักดิ์<br>https://zoom.us/j/92071318513?pwd=RlRTRTEvVEJvOXEvdlFTd0hmMFR6UT09<br>Meeting ID: 920 7131 8513, Passcode: 557584</td></tr>
<tr><td>9:30 – 10:30 น.</td><td>การประชุมแบบขนาน 3
<table>
<tr><td colspan="2">Track2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร</td></tr>
<tr><td>T3-1 IT</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/96056949235<br>Meeting ID: 960 5694 9235, Passcode: 270734</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์</td></tr>
<tr><td>T3-1 ENG</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/95246678569<br>Meeting ID: 952 4667 8569, Passcode: 096666</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ</td></tr>
<tr><td>T3-1 BA</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/92567095290<br>Meeting ID: 925 6709 5290, Passcode: 939018</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>10:40 – 12:00 น.</td><td>การประชุมแบบขนาน 4
<table>
<tr><td colspan="2">Track2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร</td></tr>
<tr><td>T4-1 IT</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/95246678569<br>Meeting ID: 952 4667 8569, Passcode: 096666</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์</td></tr>
<tr><td>T4-1 ENG</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/92567095290<br>Meeting ID: 925 6709 5290, Passcode: 939018</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ</td></tr>
<tr><td>T4-1 BA</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/93323318430<br>Meeting ID: 933 2331 8430, Passcode: 914094</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

**วันศุกร์ที่ 20 พฤษภาคม 2565**

<table>
<tr><th>เวลา</th><th>กำหนดการ</th></tr>
<tr><td>13.00 – 14.30 น.</td><td>การประชุมแบบขนาน 5
<table>
<tr><td colspan="2">Track2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร</td></tr>
<tr><td>T5-1 IT</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/92567095290<br>Meeting ID: 925 6709 5290, Passcode: 939018</td></tr>
<tr><td colspan="2">Track4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ</td></tr>
<tr><td>T5-1 BA</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/93323318430<br>Meeting ID: 933 2331 8430, Passcode: 914094</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>14.45 – 16.15 น.</td><td>การประชุมแบบขนาน 6
<table>
<tr><td colspan="2">Track3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์</td></tr>
<tr><td>T6-1 ENG</td><td>Meeting Link: https://zoom.us/j/96056949235<br>Meeting ID: 960 5694 9235, Passcode: 270734</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

## Track 1: ภาษาและสังคมศาสตร์

Learning Management System (LMS), IT Application for Teaching and Learning, E-learning and Online Education, Computational Linguistic, Digital Technology for Social Development, Language Efficiency Improvement Strategy, Other related topics.

# ตารางเวลานำเสนอ TNIAC2022 Track 1

**Session Chair : ผศ. อมราวดี ทัพพุน**

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T1-1 LA<br>19 พ.ค. 2565<br>13.00-14.30 น. | 44 | การศึกษาและออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์เพื่อสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน | ชาญ จารุวงศ์รังสี |
| | 56 | ห้องฝึกปฏิบัติการและศูนย์การเรียนรู้การเรียนการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง | พรคิด อั้นขาว |
| | 88 | การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น | สหรัฐ สมบัติเปี่ยม |

## Track 2: เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

Digital and Multimedia Technology, Computer Networks Performance, Networks and Cyber Security, Data Science and Analytics, Business Intelligence and Technology, Web Technology and Mobile Applications, AI and IoT, Natural Language Processing, Other related topics.

# ตารางเวลานำเสนอ TNIAC2022 Track 2

## Session Chair : ดร.ทองทัต โอหารศิริกุล

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T1-1 IT<br>19 พ.ค. 2565<br>13.00-14.30 น. | 36 | การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ราคาตราสารอนุพันธ์โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน | เกศินี ซ่อนกลิ่น |
| | 30 | การสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรน่า (โควิด-19) ด้วยวิธี Deep Belief Network (DBN) กับ Continuous Restricted Boltzmann Machines จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย | สุรีลักษณ์ มะ |
| | 55 | แบบจำลองการพยากรณ์ฝุ่นละออง (PM2.5) ของหาดบางแสนด้วย Multi-Stacked Deep BiLSTM | กิตติธัช เมืองใย |
| | 45 | แนวการตรวจสอบความพร้อมทางไซเบอร์ตามกรอบดำเนินการของ NIST : กรณีศึกษา บริษัท โซ ซีเคียว จำกัด | พิสุทธิ์ นวลศิริ |

## Session Chair : ดร.คณากาญจน์ รักไพฑูรย์

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T2-1 IT<br>19 พ.ค. 2565<br>14.45-16.15 น. | 2 | การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูล การท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยหลักการความเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ | ธนพล พุกเส็ง |
| | 53 | การระบุพื้นที่อาการของโรคบนใบทุเรียนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ | ศรชัย อุดมธนาพงศ์ |
| | 37 | การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันประมาณค่าความขุ่นของน้ำ โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ | สิรินยา องคำแหง |
| | 29 | การประยุกต์ใช้ Color Image Scale กับข้อมูลสีในงานออกแบบสำหรับผู้สูงอายุ | คณากาญจน์ รักไพฑูรย์ |

Session Chair : ผศ.ดร.นรังสรรค์ วิไลสกุลยง

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T3-1 IT<br>20 พ.ค. 2565<br>9.30-10.30 น. | 10 | การออกแบบเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง (Web Design for Thai Digital Content Business in Character Industry, Intellectual Property Owner) | ธีรภัทร ร่มรื่นสุขารมย์ |
| | 40 | เว็บสเครพพิงและการนำเสนอข้อมูลการท่องเที่ยวภูเก็ตเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการการท่องเที่ยวภูเก็ต | ผุสดี พรผล |
| | 54 | การวิเคราะห์รูปแบบแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์ตามหลักประสบการณ์ผู้ใช้เพื่อสร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้ | วสุรัตน์ คนหาญ |

Session Chair : ดร.อภิชญา นิ้มคุ้มภัย

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T4-1 IT<br>20 พ.ค. 2565<br>10.40-12.00 น. | 81 | การเลือกลักษณะเด่นบนหลักการข่าวสารของบริเวณที่ไม่แน่นอน | สมบัติ ฝอยทอง |
| | 7 | การจำแนกสายพันธุ์อะโวคาโดด้วยการเรียนรู้เชิงลึก | เอมี่ สูงสิริ |
| | 32 | การพัฒนากระบวนการวางแผนสั่งสินค้าโดยกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติ | รวิวรรณ สงนอก |

Session Chair : ว่าที่ร้อยตรี ดร.พิชิตชัย คำอินทร์

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T5-1 IT<br>20 พ.ค. 2565<br>13.00-14.30 น. | 87 | ระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง Vehicle Tracking System for SMEs | มนสิชา รัตนแก้วมณี |
| | 52 | การออกแบบเพื่อคาดการณ์การเคลื่อนไหวด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง | บุรินทร์ วิราณุรักษ์ |
| | 74 | การออกแบบกรอบแนวคิดสาหรับระบบประมูลรังนกแอ่นกินรังด้วยบล็อคเชน | กันต์ธีร์ เจริญเศรษฐศิลป์ |

## Track 3: วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

Artificial Intelligence and Robotics, Computer Vision and Image Processing, Production and Automotive Engineering, Embedded System Architecture, Electrical Power Systems, Other related topics.

# ตารางเวลานำเสนอ TNIAC2022 Track 3

## Session Chair : ดร.อัดนา เซนโต๊ะ

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T1-1 ENG<br>19 พ.ค. 2565<br>13.00-14.30 น. | 49 | การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของศาสตร์การแพทย์แผนจีน ในการรักษาโรคอัมพาตใบหน้าโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล | ปุญญิศา เทพมังกร |
| | 66 | การปรับตัวควบคุมพีไอดีของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ | มัฆวัจ มากกุญชร |
| | 39 | แอปพลิเคชันป้องกันการหลับใน | สมหมาย บัวแย้มแสง |
| | 75 | การปรับปรุงวิธีการตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตา : กรณีศึกษาสายการประกอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ | สมฤดี ตรีพัชรทิพย์ |

## Session Chair : ดร.ชาตรี บุษบาธร

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T2-1 ENG<br>19 พ.ค. 2565<br>14.45-16.15 น. | 67 | ระบบตรวจจับของเสียอัตโนมัติสำหรับงานบัดกรีด้วยการเรียนรู้เชิงลึก | อัดนา เซนโต๊ะ |
| | 80 | ระบบการตรวจจับความรู้สึกผ่านใบหน้าอัตโนมัติด้วยการเรียนรู้เชิงลึก | พาสุข ภัทรสุขสิโรตม์ |
| | 64 | Maintenance management of Sri Sa-Nga Phatthana company limited | อดุลย์ พุกอินทร์ |

## Session Chair : ดร.ดอน แก้วดก

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T3-1 ENG<br>20 พ.ค. 2565<br>9.30-10.30 น. | 42 | ความเป็นได้ในการผลิตและคุณภาพของน้ำส้มสายชูมะม่วงมหาชนกในระดับ SME | วรัญญู โตชูวงศ์ |
| | 78 | การกำหนดนโยบายเติมเต็มวัสดุคลงคลังร่วมกัน สำหรับระบบที่มีหลายวัสดุคงคลังโดยอุปสงค์มีองค์ประกอบฤดูกาล | สุนันทา เกษมสุข |
| | 63 | การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิต ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ | เกรียงไกร มีเฒ่า |

Session Chair : ดร.ดอน แก้วดก

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T4-1 ENG<br>20 พ.ค. 2565<br>10.40-12.00 น. | 76 | การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติแบบลีน กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อเหล็ก | ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย |
| | 57 | ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร | พรคิด อั้นขาว |
| | 68 | การหาค่าที่เหมาะสมของวัสดุเคลือบผิวคมตัดในการตัดเฉือนวัสดุแม่พิมพ์พลาสติกที่มีผลต่อความหยาบของผิวงานและการสึกหรอของคมตัดด้วยวิธีการออกแบบการทดลองพื้นผิวตอบสนองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน | สามารถ มาลานิยม |

Session Chair : ผศ.ดร.วิสุทธิ์ สุพิทักษ์

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T6-1 ENG<br>20 พ.ค. 2565<br>14.45-16.15 น. | 60 | การสร้างแบบจำลองไม่ต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลิตภาพของสายการผลิต: กรณีศึกษา | ภฤศฐปกร รอดผล |
| | 71 | แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องจักรขนาดเล็กสำหรับระบบการตรวจจับการล้มด้วยสายรัดข้อมือ | ชนินท์ วงษ์ใหญ่ |
| | 69 | การประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วมสำหรับระบบการกระจายสินค้าสองคลังสินค้าและหลายร้านค้าปลีก | สุภาพร หาญสกุล |
| | 72 | ระบบตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาโดยใช้สัญญาณ Bluetooth และการเรียนรู้จดจำใบหน้า | อภิรักษ์ ภักดีวงษ์ |

## Track 4: เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ

Digital Marketing, E-Logistics and Supply Chain, E-Business Management, Digital Innovation in Industrial Management, Banking & Risk Management Technology, IT Application for Finance & Accounting, Smart Tourism, Software System for Manufacturing, SAP/ERP, Other related topics.

# ตารางเวลานำเสนอ TNIAC2022 Track 4

## Session Chair : ผศ.ดร.บุญญาดา นาสมบูรณ์

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T1-1 BA<br>19 พ.ค. 2565<br>13.00-14.30 น. | 31 | การปรับปรุงกระบวนการจัดการคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing กรณีศึกษากลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ | พรรษมน แซ่อึ้ง |
| | 34 | การวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตรเพื่อคาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยี ในอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลง | วาสนา ตรินันท์ |
| | 84 | สมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของพนักงานฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการ กรณีศึกษาบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ชลบุรี | ดรุวรรณ ปัญญา |

## Session Chair : ดร.เอิบ พงบุหงอ

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T2-1 BA<br>19 พ.ค. 2565<br>14.45-16.15 น. | 85 | ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น | กนกพร ขจรบุญ |
| | 5 | ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทรักษาสิ่งแวดล้อม | ปริญดา ทองกิ่งแก้ว |
| | 33 | ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร | พงศ์ศรัณย์ วงศ์ชนเดช |
| | 4 | ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร | อัชญา กล้าเวช |

## Session Chair : พีรยา เศรษฐพัฒน์

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T3-1 BA<br>20 พ.ค. 2565<br>9.30-10.30 น. | 38 | ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรีในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล | ญาณิศา อยู่ทองคำ |
| | 26 | ความคาดหวังและความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) | โกศวัต รัตโนทยานนท์ |
| | 62 | การสอนภาษาญี่ปุ่นด้วยสื่ออนิเมชั่น | พีรยา เศรษฐพัฒน์ |

## Session Chair : ผศ.ดร.ปัณณฑัต จอมจักร

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T4-1 BA<br>20 พ.ค. 2565<br>10.40-12.00 น. | 86 | ส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้ม สุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล | ณัฐกานต์ วิเศษภักดีวงศ์ |
| | 11 | ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-BOOK) ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล | อัชญา กล้าเวช |
| | 12 | ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 7P's และคุณภาพการบริการที่มีต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชัน Grab Food ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล | อัชญา กล้าเวช |
| | 59 | ปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร | ภัคภูมิ ดิษยวิภาส |

## Session Chair : ดร.รุ่งอรุณ กระแสสินธ์

| กลุ่ม | หมายเลข | ชื่อบทความ | ชื่อผู้นำเสนอ |
|---|---|---|---|
| T5-1 BA<br>20 พ.ค. 2565<br>13.00-14.30 น. | 50 | การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงวิกฤตการณ์โควิด-19 : กรณีศึกษาตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย | สุนทรีย์ ตั้งศรีวงศ์ |
| | 25 | พฤติกรรมการท่องเที่ยวและการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร | อังค์วราภัชฑ์ ขำนาค |
| | 35 | ความแตกต่างของเจนเนอเรชัน X Y Z ส่งผลต่อ การรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจ ในการใช้ G-Wallet (แอปพลิเคชันเป๋าตัง) | น้ำพร สถิรกุล |
| | 83 | การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนทำธุรกิจสำหรับการใช้เครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา | ดุจดาว ศรีสำราญ |

# การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูล การท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยหลักการความเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ

# Analysis of Suitable Areas for Distribution of Natural Tourism Information in The Eastern of Thailand with The Centrality of Graph Theory

ธนพล พุกเส็ง
Thanaphon Phukseng
*คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
จันทบุรี ประเทศไทย
thanaph@buu.ac.th

***บทคัดย่อ*** **— งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติและวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติใน 8 จังหวัด ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ประกอบด้วย ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง ปราจีนบุรี นครนายก สระแก้ว จันทบุรีและตราด ด้วยหลักการเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ โดยกำหนดให้สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เป็น โหนด และ การเชื่อมโยงเส้นทางของถนนระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เป็น เส้นเชื่อม ผลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลพบว่ามีจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ 215 โหนด และ การเชื่อมโยงทั้งหมด 239 เส้นเชื่อม ได้วิเคราะห์หลักการความเป็นศูนย์กลางโดยใช้โปรแกรม Gephi version 0.9.2 ด้วยการวิเคราะห์ 3 วิธีการ คือ ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง และ ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด โดยที่สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีค่าความเป็นศูนย์กลางจากทั้ง 3 วิธีสูงจะมีความเหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ซึ่งผลการวิจัยพบว่ามีสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีความเหมาะสม จำนวน 32 สถานที่ ใน 4 จังหวัด ได้แก่ จันทบุรี 11 สถานที่ ตราด 11 สถานที่ ระยอง 8 สถานที่ และสระแก้ว 2 สถานที่**

***คำสำคัญ*** **— จุดกระจายข้อมูล, สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ, ภาคตะวันออกของประเทศไทย, ความเป็นศูนย์กลาง, ทฤษฎีกราฟ**

***ABSTRACT*** **— This research aimed to study the linkages between natural attractions and analyze the suitable areas for the distribution of natural tourism information in the eight provinces in the eastern of Thailand, Chachoengsao, Chonburi, Rayong Prachinburi, Nakhon Nayok, Sa Kaeo, Chanthaburi, and Trat. The centrality of graph theory was used in this study. The natural attractions were defined as nodes, and the connection of routes by roads between the natural attractions was represented as edges (links). The results from the data collection indicated that the numbers of natural attractions nodes and links were 215 and 239, respectively. The centrality was analyzed using the Gephi version 0.9.2 program. The analyzing comprised three methods: Degree Centrality, Between Centrality, and Closeness Centrality. The natural attractions with the high centrality values from three methods were considered suitable areas for the distribution of natural tourism information. The results of the centrality analysis showed that the suitable natural attractions were 32 locations in four provinces which were located in Chanthaburi 11 locations, Trat 11 locations, Rayong 8 locations, and Sa Kaeo 2 locations.**

***Keywords*** **— Information Distribution Point, Natural Attractions, Eastern of Thailand, Centrality, Graph Theory**

## I. บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นรายได้หลักทางหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งจะเห็นได้จากข้อมูลรายได้ที่มาจากภาคการท่องเที่ยว [1] แต่เนื่องด้วยสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (covid-19) ได้ส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวในประเทศไทยเป็นอย่างมาก ทำให้สถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ต้องมีการปิดตัวลงหรืองดให้บริการเป็นอย่างมาก แต่ถึงอย่างไรสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาตินั้นก็ยังเป็นจุดมุ่งหมายที่นักท่องเที่ยวต้องการเข้ามาพักผ่อนและไม่ได้รับผลกระทบหนักเหมือนสถานที่ท่องเที่ยวอื่นๆ และสำหรับในเขตจังหวัดภาคตะวันออก ซึ่งประกอบไปด้วยจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง ปราจีนบุรี นครนายก สระแก้ว จันทบุรีและตราด ล้วนมีสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติอย่างหลากหลาย ทั้งที่เป็นภูเขา น้ำตก ทะเล ชายหาด หมู่เกาะ ต่างได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยว ซึ่งหน่วยงานภาครัฐที่ทำหน้าที่ในการดูแลสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ได้แก่ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช [2] ซึ่งจะมีการจัดตั้งหน่วยงานสำนักงานอุทยานแห่งชาติ รับผิดชอบในแต่ละพื้นที่ เช่น อุทยานแห่งชาติปางสีดา จังหวัดสระแก้ว อุทยานแห่งชาติน้ำตกพลิ้ว จังหวัดจันทบุรี

นอกจากนั้นในด้านการให้ข้อมูลการท่องเที่ยวก็จะมีการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย [3] ซึ่งมีหน่วยงานย่อยในแต่ละพื้นที่ให้การสนับสนุน

แต่อย่างไรก็ตามยังมีสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่น่าสนใจแต่ยังไม่เป็นที่รู้จักหรือมีผู้เดินทางไปท่องเที่ยวน้อย อันเนื่องมาจากการไม่ทราบข้อมูลของนักท่องเที่ยว ถึงแม้จะมีระยะทางไม่ห่างไกลจากสถานที่ท่องเที่ยวหลัก ดังนั้นจึงได้นำเสนองานวิจัยที่วิเคราะห์การเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออกโดยอาศัยหลักการความเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ เพื่อนำเสนอจุดพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเป็นจุดกระจายข้อมูลข่าวสารแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออก ซึ่งจะเป็นโอกาสต่อการกระตุ้นเศรษฐกิจจากการท่องเที่ยวต่อไป

สำหรับโครงสร้างบทความวิจัยนี้ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และส่วนสุดท้ายคือ สรุปและอภิปรายผล

## II. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออก และวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยการใช้หลักการความเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ ซึ่งประกอบด้วยความเป็นศูนย์กลางจากระดับ (Degree Centrality) ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง (Betweenness Centrality) และ ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด (Closeness Centrality) [4]

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

*III.I การสำรวจรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ*

ขั้นตอนแรกดำเนินการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออก ซึ่งสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในงานวิจัยนี้หมายถึง แหล่งพื้นที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เช่น ภูเขา ชายหาด เกาะ รวมถึงสถานที่ที่ได้รับการพัฒนาซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับธรรมชาติ เช่น เขื่อน ฝาย เป็นต้น ทั้งนี้จะต้องเป็นสถานที่ที่เปิดให้นักท่องเที่ยวสามารถเข้าไปเยี่ยมชม หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ โดยได้อ้างอิงข้อมูลจากการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย และ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

*III.II การกำหนดรหัสแทนความหมายและพิกัดบนแผนที่*

เมื่อได้ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออกแล้ว จะได้กำหนดรหัสแทนความหมายของแต่ละสถานที่ และสร้างพิกัดสถานที่ท่องเที่ยวในแผนที่กูเกิล (google map) [5]

*III.III การศึกษาข้อมูลการเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ*

ในขั้นตอนนี้จะได้ศึกษาและบันทึกข้อมูลการเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติแต่ละแห่ง โดยพิจารณาจากเส้นทางถนนที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ โดยอาศัยทฤษฎีกราฟ ซึ่งจะได้กำหนด โหนด (Node) และ เส้นเชื่อม (Edge) โดยให้สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เป็น โหนด (Node) และการเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่ง เป็นเส้นเชื่อม (Edge) โดยสามารถนำเสนอเป็นนิยาม ดังนี้ กราฟเชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ G = (V,E) [6] ซึ่ง V เป็นเซตของสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออก และ E เป็น เส้นทางที่เชื่อมโยงสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออก โดยที่มีลักษณะเป็นกราฟเชิงเดียว (Simple Graph) แบบไม่มีทิศทาง (Undirected Graph) [7] เนื่องจากเส้นเชื่อมเป็นถนนที่รถยนต์สัญจรได้ทั้งไปกลับ

*III.IV การวิเคราะห์ความเป็นศูนย์กลาง*

นำข้อมูลการเชื่อมโยงที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยหลักการความเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ โดยงานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับค่าความเป็นศูนย์กลางที่เป็นที่นิยม 3 วิธี [4] ได้แก่

ค่าความเป็นศูนย์กลางจากระดับ หมายถึง การพิจารณาความสำคัญของโหนดจากจำนวนโหนดอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงมายังโหนดดังกล่าว สามารถนำเสนอเป็นสมการได้ดังนี้

$$DC(P_i) = \sum_{j=1}^{N} a(P_i, P_j) \tag{1}$$

เมื่อ $DC(P_i)$ หมายถึง ค่าความเป็นศูนย์กลางจากระดับของโหนด $i$ โดยที่ $a(P_i, P_j) = 1$ ถ้าหากมีการเชื่อมโยงระหว่าง โหนด $i$ และ โหนด $k$ แต่จะมีค่าเป็น 0 ถ้าหากไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างกัน

ค่าความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง หมายถึง การพิจารณาความสำคัญของโหนดจากความสามารถในการเป็นตัวคั่นกลาง หรือสะพาน เพื่อเชื่อมโยงโหนดต่าง ๆ ให้เข้าหากัน สามารถนำเสนอเป็นสมการได้ดังนี้

$$BC(P_i) = \sum_{j<k}^{N} \frac{b_{jk}(P_i)}{b_{jk}};\ i \neq j \neq i \tag{2}$$

เมื่อ $BC(P_i)$ หมายถึง ค่าความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลางของโหนด $i$ โดยที่ $b_{jk}$ เป็นระยะทางการเชื่อมโยงที่สั้นที่สุดจากโหนด $j$ ไปยังโหนด $k$ และ $b_{jk}(P_i)$ เป็นระยะทางในการเชื่อมโยงโหนด $j$ ไปยังโหนด $k$ แต่จะต้องผ่านโหนด $i$

และค่าความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด หมายถึง การพิจารณาความสำคัญของโหนดจากความสามารถที่เชื่อมโยงไปโหนดอื่น ๆ ด้วยระยะทางที่สั้นที่สุด สามารถนำเสนอเป็นสมการได้ดังนี้

$$CC(P_i) = \frac{1}{\sum_{j}^{N} d(P_i, P_j)} \tag{3}$$

เมื่อ $CC(P_i)$ หมายถึง ค่าความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ของโหนด $i$ โดยที่ $d(P_i, P_j)$ เป็นจำนวนเส้นที่เชื่อมโยงที่สั้นที่สุดจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง

*III.V การเรียงลำดับผลลัพธ์*

เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจะนำค่าผลลัพธ์ที่ได้มาจัดเรียงลำดับตามค่าความเป็นศูนย์กลางจากค่ามากสุดไปน้อยสุด ตามแต่ละวิธี

*III.VI การพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยว*

ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการพิจารณาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออก โดยมีสมมติฐานงานวิจัย คือ สถานที่ที่เหมาะสมนั้นจะต้องมีค่าความเป็นศูนย์กลางสูงจากในแต่ละวิธี และสถานที่นั้นจะต้องสามารถพบได้จากในทุกวิธีการในการหาค่าความเป็นศูนย์กลาง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเป็น

ศูนย์กลางจะสามารถสะท้อนถึงความสามารถของสถานที่ที่เป็นทางผ่านหรือศูนย์กลางเพื่อเชื่อมโยงไปยังสถานที่อื่น ทำให้มีความเหมาะสมต่อการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออกได้

## IV. ผลการวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัยเป็นดังนี้

*IV.I สำรวจรวบรวมข้อมูล*

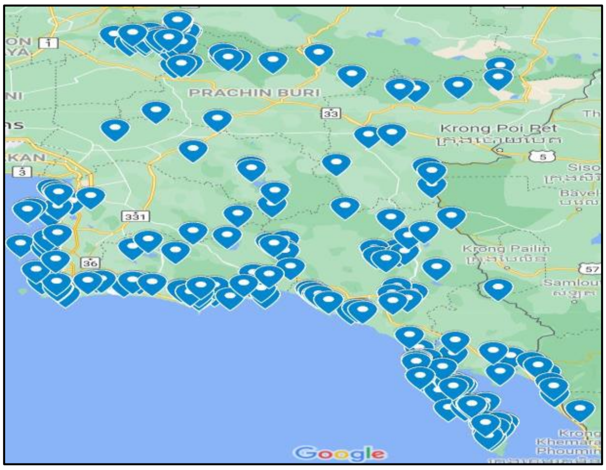
สำรวจและรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออกจากการท่องเที่ยวแหล่งประเทศไทย และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งมีสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ รวมทั้งหมด 215 โหนด ซึ่งจำแนกตาม 8 จังหวัดภาคตะวันออก [8] ได้ดังตารางที่ I

ตารางที่ I. จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ จำแนกตามจังหวัดในเขตภาคตะวันออก

| จังหวัด | จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ |
|---|---|
| ฉะเชิงเทรา | 8 สถานที่ |
| ชลบุรี | 23 สถานที่ |
| ปราจีนบุรี | 11 สถานที่ |
| นครนายก | 22 สถานที่ |
| ระยอง | 42สถานที่ |
| จันทบุรี | 32 สถานที่ |
| ตราด | 65 สถานที่ |
| สระแก้ว | 12 สถานที่ |
| รวม | 215 สถานที่ |

*IV.II กำหนดพิกัดบนแผนที่กูเกิล*

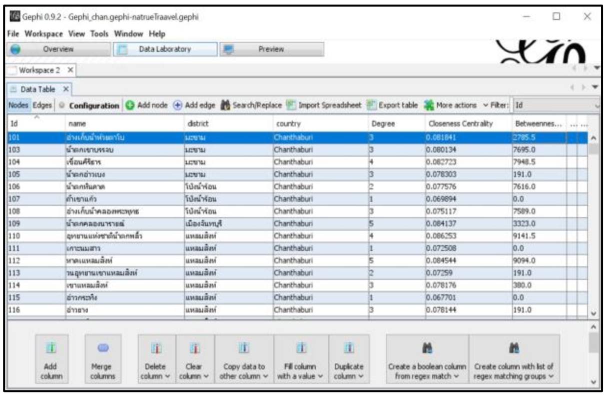
กำหนดพิกัดจุดสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติลงในแผนที่กูเกิล ดังรูปที่ I และพิจารณาการเชื่อมโยงของแต่ละสถานที่ท่องเที่ยวทางถนน ด้วยทฤษฎีกราฟ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงทั้งสิ้น 239 เส้นเชื่อม



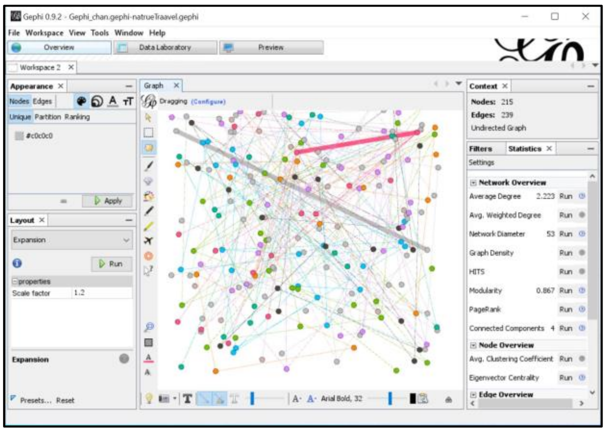

รูปที่ I. การกำหนดจุดสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในเขตจังหวัดภาคตะวันออกบนแผนที่กูเกิล

*IV.III ประมวลผลด้วยหลักการความเป็นศูนย์กลาง*

จัดรูปแบบข้อมูลและนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Gephi version 0.9.2 [9] ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด(Open Source) ที่ใช้สร้างกราฟเครือข่ายและวิเคราะห์การเชื่อมโยง แล้วประมวลผลด้วยหลักการความเป็นศูนย์กลาง ซึ่งประกอบด้วย ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง และความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด ดังรูปที่ II และรูปที่ III โดยที่สามารถสรุปค่ามากสุด ค่าน้อยสุด และค่าเฉลี่ยของความเป็นศูนย์กลางในแต่ละวิธีได้ดังตารางที่ II ต่อไปนี้



รูปที่ II. การนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Gephi



รูปที่ III. การประมวลผลด้วยโปรแกรม Gephi

ตารางที่ II. ค่ามากสุด ค่าน้อยสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีหลักการความเป็นศูนย์กลาง

| | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|
| ค่ามากสุด | 11.00 | 9141.50 | 1.00 |
| ค่าน้อยสุด | 1.00 | 0.00 | 0.03 |
| ค่าเฉลี่ย | 2.22 | 1480.67 | 0.10 |

*IV.IV จัดเรียงลำดับและเลือกสถานที่*

จัดเรียงลำดับข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติตามค่าความเป็นศูนย์กลาง และเลือกจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวที่มีค่าสูงสุดมาไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของจำนวนสถานที่ทั้งหมดจากในแต่ละวิธี เพื่อให้มีจำนวนของสถานที่ท่องเที่ยวเหมาะสมและเพียงพอต่อสมมติฐานงานวิจัย ซึ่งมีจำนวนของสถานที่ท่องเที่ยวแสดงดังตารางที่ III

ตารางที่ III. จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้จาก
แต่ละวิธีหลักการความเป็นศูนย์กลาง

| | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|
| จำนวนสถานที่ | 151 สถานที่ | 85 สถานที่ | 89 สถานที่ |

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าจำนวนสถานที่ของความเป็นศูนย์กลางจากระดับจะมีจำนวนมากกว่าเนื่องจากมีค่าที่อยู่ในช่วงเดียวกัน

*IV.V พิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสม*

สำหรับการพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออกของประเทศไทย จากสมมติฐานงานวิจัยพื้นที่ที่เหมาะสม จะต้องสามารถพบได้จากทั้ง 3 วิธีหลักการค่าความเป็นศูนย์กลาง ซึ่งผลการวิจัยพบว่ามีจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่เหมาะสมจำนวน 32 สถานที่ ใน 4 จังหวัด ดังตารางที่ IV

ตารางที่ IV. จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่ได้จากการ
ประมวลผลจำแนกตามจังหวัด

| จังหวัด | จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีความเหมาะสม |
|---|---|
| ระยอง | 8 สถานที่ |
| จันทบุรี | 11 สถานที่ |
| ตราด | 11 สถานที่ |
| สระแก้ว | 2 สถานที่ |
| รวม | 32 สถานที่ |

โดยเมื่อจัดแยกข้อมูลสถานที่ในแต่ละจังหวัด ตามเรียงลำดับตามค่าความเป็นศูนย์กลางแล้ว จะแสดงผลลัพธ์ได้ดังตารางที่ V ถึงตารางที่ VIII

ตารางที่ V. สถานที่ที่มีความเหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูล
การท่องเที่ยวทางธรรมชาติในจังหวัดระยอง

| อำเภอ | ชื่อสถานที่ | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|---|
| แกลง | อ่าวไข่ | 6 | 0.0749 | 6848.00 |
| แกลง | ทุ่งโปรงทอง | 4 | 0.0775 | 6383.50 |
| แกลง | ถ้ำระฆังทอง | 3 | 0.0763 | 1457.50 |
| แกลง | ป่าชายเลนบ้านเนินฆ้อสะพานรักษ์แสม | 3 | 0.0738 | 522.50 |
| แกลง | อ่างเก็บน้ำเขาจุก | 3 | 0.0728 | 1820.50 |
| แกลง | แหลมแม่พิมพ์ | 2 | 0.0719 | 6300.00 |
| เมืองระยอง | หาดดวงตะวัน | 2 | 0.0690 | 6191.00 |
| เขาชะเมา | น้ำตกเขาชะเมา | 3 | 0.0683 | 1655.00 |

ตารางที่ VI. สถานที่ที่มีความเหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูล
การท่องเที่ยวทางธรรมชาติในจังหวัดจันทบุรี

| อำเภอ | ชื่อสถานที่ | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|---|
| แหลมสิงห์ | หาดแหลมสิงห์ | 5 | 0.0845 | 9094.00 |
| แหลมสิงห์ | อุทยานแห่งชาติน้ำตกพลิ้ว | 4 | 0.0863 | 9141.50 |
| เมืองจันทบุรี | น้ำตกคลองนารายณ์ | 5 | 0.0841 | 3323.00 |
| มะขาม | เขื่อนคีรีธาร | 4 | 0.0827 | 7948.50 |
| ท่าใหม่ | หาดเจ้าหลาว | 3 | 0.0824 | 8444.00 |
| นายายอาม | หาดคุ้งวิมาน | 4 | 0.0802 | 8249.00 |
| มะขาม | น้ำตกเขาบรรจบ | 3 | 0.0801 | 7695.00 |
| มะขาม | อ่างเก็บน้ำห้วยตาโบ | 3 | 0.0818 | 2785.50 |
| โป่งน้ำร้อน | น้ำตกหินดาด | 2 | 0.0776 | 7616.00 |
| โป่งน้ำร้อน | อ่างเก็บน้ำคลองพระพุทธ | 3 | 0.0751 | 7589.00 |
| สอยดาว | น้ำตกเขาสอยดาว | 2 | 0.0727 | 7367.00 |

ตารางที่ VII. สถานที่ที่มีความเหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูล
การท่องเที่ยวทางธรรมชาติในจังหวัดตราด

| อำเภอ | ชื่อสถานที่ | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|---|
| เมืองตราด | อ่างเก็บน้ำเขาระกำ | 4 | 0.0872 | 9082.50 |
| เมืองตราด | ลานตะบูนบ้านท่าระแนะ | 4 | 0.0831 | 5651.00 |
| เกาะช้าง | เกาะช้าง | 11 | 0.0714 | 5225.00 |
| บ่อไร่ | อุทยานแห่งชาติน้ำตกคลองแก้ว | 2 | 0.0847 | 5178.00 |
| เมืองตราด | น้ำตกท่าเส้น | 4 | 0.0821 | 1479.00 |
| แหลมงอบ | อ่าวตาลคู่ | 3 | 0.0750 | 5279.00 |
| แหลมงอบ | หาดทราย | 2 | 0.0789 | 5372.00 |

| อำเภอ | ชื่อสถานที่ | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|---|
| | ดำ | | | |
| เกาะกูด | เกาะหมาก | 7 | 0.0677 | 3681.00 |
| เมืองตราด | น้ำตก สะพานหิน | 2 | 0.0763 | 1116.00 |
| เมืองตราด | แหลมกลัด | 2 | 0.0711 | 935.00 |
| เมืองตราด | หาดมุกแก้ว | 2 | 0.0666 | 752.00 |

ตารางที่ VIII. สถานที่ที่มีความเหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติในจังหวัดสระแก้ว

| อำเภอ | ชื่อสถานที่ | ความเป็นศูนย์กลางจากระดับ | ความเป็นศูนย์กลางจากการคั่นกลาง | ความเป็นศูนย์กลางจากความใกล้ชิด |
|---|---|---|---|---|
| คลองหาด | ถ้ำน้ำเขาศิวะ | 2 | 0.0704 | 7280.00 |
| คลองหาด | ถ้ำเพชรโพธิ์ทอง | 2 | 0.0682 | 7191.00 |

## V. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการเป็นจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติในภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยหลักการเป็นศูนย์กลางของทฤษฎีกราฟ พบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมีจำนวน 32 แห่ง ใน 4 จังหวัด ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าจังหวัดที่มีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ จังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติทั้งหมดของจังหวัด กับจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมในจังหวัด พบว่า จังหวัดจันทบุรี มีสัดส่วนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 34 ในขณะที่จังหวัดตราดมีจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติมากที่สุด แต่มีสัดส่วนน้อยกว่าเนื่องจากสถานที่ท่องเที่ยวบางส่วนเป็นเกาะและชายหาดที่เป็นโหนดปลาย (Leaf Node) นอกจากนั้นถ้าพิจารณาในภาพทางภูมิศาสตร์จะเห็นได้ว่าสถานที่ท่องเที่ยวที่เหมาะสมต่อการเป็นจุดกระจายข้อมูลนั้นจะอยู่ในเขตตอนกลางของภาคตะวันออกที่มีโอกาสในการเชื่อมโยงสถานที่ต่างๆ ได้ทำให้มีค่าความเป็นศูนย์กลางสูง สอดคล้องกับงานวิจัย [10] ที่ได้ใช้ค่าความเป็นศูนย์กลางเช่นเดียวกัน และเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับงานวิจัย [11] ที่ให้ความสำคัญกับการกำหนดสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นศูนย์กลางเพื่อการเชื่อมโยงไปสถานที่ท่องเที่ยวปลายทางในรอบพื้นที่ สำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์นั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย และ หน่วยงานด้านการท่องเที่ยวระดับจังหวัดภาคตะวันออกจะสามารถนำไปประกอบการพิจารณาเลือกจุดกระจายข้อมูลการท่องเที่ยวทางธรรมชาติ [12] ส่งผลให้นักท่องเที่ยวได้รับทราบข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงต่อกัน เป็นโอกาสให้เกิดการกระจายการท่องเที่ยวไปในพื้นที่ต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

## เอกสารอ้างอิง


[1] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2564, พฤศจิกายน). สถิตินักท่องเที่ยว. [Online]. Available: https://www.mots.go.th/more_news_new.php?cid=411

[2] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. ประเด็นยุทธศาสตร์. [Online]. Available: https://portal.dnp.go.th/Content?contentId=7

[3] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2564) รายงานประจำปี [Online]. Available: https://www.tat.or.th/th/about-tat/annual-report

[4] วัชรีวรรณ จิตต์สกุล และ สุนันฑา สดสี, “การยกระดับการจำแนกข้อความป้อนกลับของสินค้าโดยตัวจำแนกข้อความร่วมกับการวัดความสำคัญของคำ,” วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 10, ฉบับที่ 3, หน้า 104-117, กันยายน - ธันวาคม 2560.

[5] google map [Online]. Available: https://www.google.com/maps

[6] Bondy JA., Murty US., Graph theory with applications. London: Macmillan, 1976.

[7] ธนพล พุกเส็ง และ สุนันฑา สดสี, “การคำนวณค่าความไว้วางใจในเครือข่ายสังคมสำหรับระบบแนะนำ,” ในเอกสารการประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2558, หน้า 363-368.

[8] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562, มิถุนายน). แผนพัฒนาภาคตะวันออก พ.ศ. 2560-2565 ฉบับทบทวน [Online]. Available: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php

[9] อเสข ขันธวิชัย, “การสร้างตลาดออนไลน์เกษตรกรนาเกลือและนาข้าวเพื่อยกระดับมูลค่าและคุณค่าผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์ “วิถีวิธีบ้านดุง”,” วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, หน้า 109-126. มกราคม - มิถุนายน 2564.

[10] อุไรวรรณ บัวตูม และ ธนพล พุกเส็ง, “การวิเคราะห์โครงข่ายเส้นทางและสถานที่สำคัญต่อการท่องเที่ยวด้วยทฤษฎีกราฟ กรณีศึกษาการกำหนดจุดพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการประชาสัมพันธ์และบริการการท่องเที่ยวในอำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี,” ในเอกสารการประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ครั้งที่ 13, อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 2563, หน้า 4232 - 4243.

[11] Paulino, I., Lozano, S., and Prats, L., “Identifying tourism destinations from tourists’ travel patterns,” Journal of Destination Marketing & Management, vol 19, pp 1-13, Mar 2021.

[12] ภรณ์ทิพย์ สุพร, สุพรรษา รากรักษ์ และ ปริวรรต สมนึก, “แนวทางการจัดตั้งศูนย์บริการข้อมูลการท่องเที่ยวแบบครบวงจรของจังหวัดนครพนม,” วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 67-89. มกราคม - มิถุนายน 2556.

# ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร

ธนภัทร เกิดแก้ว[1] ณัฐดนัย บุญบางยาง[2] มิรา เสงี่ยมงาม[3] อัชญา กล้าเวช[4]( นฤดม ต่อเทียนชัย[5]

*[1]การตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ไทย*
*[2]การตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ไทย*
*[3]การตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ไทย*
*[4*]การตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ไทย*
*[5]การตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : achaya@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

วิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของปัจจัยส่วนบุคคลและส่วนประสมการตลาดบริการที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์โดยขอบเขตการวิจัยเป็นผู้บริโภคที่อาศัยในกรุงเทพมหานคร ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ และส่วนประสมทางการตลาด ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการขาย ด้านบุคคล ด้านลักษณะทางกายภาพ ด้านกระบวนการ ว่าส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์หรือไม่ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 400 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวน 2 ตัวแปร คือตัวแปรด้านผลิตภัณฑ์ (Product) และตัวแปรปัจจัยด้านบุคลากร (People) ส่วนปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกับกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลด้าน เพศ อายุ รายได้ ของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์

***คำสำคัญ*** : ส่วนผสมทางการตลาด, การบวนการตัดสินใจซื้อ, อุปกรณ์การตั้งแคมป์

# Marketing Mix Factors Affecting the Buying Decision Process in Product of Camping Equipment Store in Bangkok Area

Thanapat Kerdkaew[1] Natdanai Boonbangyang[2] Mira Sangiamngam[3]
Achaya Klavaech[4*] Narudom Torthienchai[5]

[1]Faculty of Business Administrator, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand
[2] Faculty of Business Administrator, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand
[3] Faculty of Business Administrator, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand
[*4] Faculty of Business Administrator, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand
[5] Faculty of Business Administrator, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand

*Corresponding Author. E-mail address: achaya@tni.ac.th

*Abstract*

This research publishes out to be a case study for the camping gears entrepreneur to study the needs of customer. This research have a purpose on finding the different of personal factors that affecting the buying decision process and to study a marketing mix factors that affecting the buying decision process in product of camping equipment store. Collecting data from sample group in Bangkok area by use a survey questionnaire for 400 people. The survey questionnaire is including a personal factor and a marketing mix factors. After collect all the data from the sample group, we use an analysis program to analyze the data for results. The results found that there are 2 marketing mix factors that affected to customer buying decision process which is people and product factor. Moreover, personal factors that did not affect the customer buying decision process is all three of them (sex, age, income).

***Keywords***: Marketing Mix Factors, Buying Decision Process, Camping Equipment

## 1) บทนำ

ผู้บริโภคมีความต้องการสินค้าสำหรับการตั้งแคมป์มากขึ้นด้วยกระแสของการท่องเที่ยวตามธรรมชาติเพิ่มขึ้น เช่น กระแสจากสื่อโซเชียลมีเดีย การเผยแพร่ภาพสถานที่ท่องเที่ยวธรรมชาติต่าง ๆ (องค์การท่องเที่ยวโลก, 2564) ซึ่งทำให้ผู้คนเกิดความต้องการที่จะออกจากเมืองเพื่อไปพักผ่อน โดยการลงพื้นที่สำรวจของสำนักข่าว ไอ.เอ็น.เอ็น. แสดงให้เห็นว่าประชาชนร่วมงาน Traveler Expo 2020 มีจำนวนมาก (MGR Online, 2563) จากการสอบถามผู้ประกอบการที่จัดแสดงในงานบอกกับ สำนักข่าว ไอ.เอ็น.เอ็น. ว่า ปัจจุบันคนรุ่นใหม่สนใจท่องเที่ยวกลางแจ้งแนวผจญภัยและไลฟ์สไตล์เพิ่มขึ้น (Independent New Network, 2563) เนื่องจากได้เปิดประสบการณ์ใหม่ ๆ อีกทั้งประเทศไทยมีสถานที่ท่องเที่ยวกลางแจ้งจำนวนมากที่หลายคนยังไม่เคยสัมผัสทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการสินค้าสำหรับการตั้งแคมป์มากขึ้น ประเทศไทยนั้นมีมูลค่าตลาดของอุปกรณ์แคมป์ปิ้งในระดับกลางซึ่งหมายความว่ามีคนจำนวนไม่น้อยให้ความสนใจกับการออกไปแคมป์ปิ้งและเลือกซื้ออุปกรณ์ในการแคมป์ปิ้ง (CBRE, 2563)

สำหรับโอกาสการเติบโตของธุรกิจนี้มีแนวทางคือ ธุรกิจจำหน่ายอุปกรณ์แคมป์ปิ้งจะมีโอกาสเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ (Mordor Intelligence, 2563) เนื่องจากแหล่งท่องเที่ยวต่างๆมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และการคำนึงถึงความต้องการของลูกค้าก็เป็นเรื่องจำเป็น เพราะความต้องการของลูกค้าเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนมาก ดังนั้นเราจะต้องสำรวจตลาดให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า(องค์การท่องเที่ยวโลก, 2564) การศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้ออุปกรณ์การตั้งแคมป์ในประเทศไทย จะทำให้ผู้ที่ศึกษานำความรู้ต่างๆ เช่น ปัจจัยส่วนบุคคลแบบใด ที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้ออุปกรณ์การตั้งแคมป์ ผู้บริโภคที่ใช้งานอุปกรณ์การตั้งแคมป์มีพฤติกรรมการซื้อสินค้าอย่างไร ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านใดบ้าง ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าอุปกรณ์การตั้งแคมป์

## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดประชากรของงานวิจัยเป็นกลุ่มคนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สำหรับงานวิจัยเรื่องนี้ คณะผู้วิจัยให้ความสนใจกับตัวแปรได้แก่

ปัจจัยลักษณะทางประชากรศาสตร์ประกอบด้วย อายุ เพศ ขนาดครอบครัว สถานภาพครอบครัว รายได้ อาชีพ การศึกษา เหล่านี้เป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ในการแบ่งส่วนการตลาด ลักษณะประชากรศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและสถิติที่วัดได้ของประชากรที่ช่วยกำหนดขนาดเป้าหมาย รวมทั้งง่ายต่อการวัดมากกว่าตัวแปรอื่น (ปัญจพงษ์ และเทียนส่ง, 2521)

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (Marketing mix) หรือ 7P's (Kotler, 2000) ซึ่งประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์หรือการบริการ ราคา ช่องทางการจำหน่าย การส่งเสริม การตลาด บุคคลหรือพนักงาน ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าดังนี้

2.1) ผลิตภัณฑ์ (Product) เป็นสิ่งที่เสนอขายโดยธุรกิจเพื่อสนองความต้องการของลูกค้าให้ เกิดความพึงพอใจ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เสนอขายนั้นอาจจะมีตัวตนหรือไม่มีตัวตนก็ได้ ผลิตภัณฑ์จึงประกอบไปด้วย สินค้า บริการ ความคิด สถานที่ องค์กรหรือบุคคล ผลิตภัณฑ์ต้องมีอรรถประโยชน์ (Utility) มีคุณค่า (Value) ในสายตาของลูกค้าจึงจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถขายได้ (Kotler, 2000)

2.2) ราคา (Price) คือคุณค่าของผลิตภัณฑ์ในรูปตัวเงิน ราคาเป็นต้นทุนของลูกค้า ซึ่งผู้บริโภคนั้นจะเปรียบเทียบระหว่างคุณค่าของสินค้าหรือบริการกับราคาของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ถ้าคุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับสูงกว่าราคาก็จะมีการตัดสินใจซื้อที่มากกว่า (อินเต๊ะ, 2551)

2.3) ช่องทางการจำหน่าย (Place) หมายถึงที่ตั้งของผู้ให้บริการและความยากง่ายในการเข้าถึง ซึ่งเป็นอีกปัจจัยสำคัญต่อการบริการ ทั้งนี้ความยากง่ายในการเข้าถึงบริการนั้นมิใช่แต่เฉพาะทางกายภาพเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการติดต่อสื่อสาร (สุขเจริญ, 2555) ดังนั้นประเภทของสถานที่ให้บริการควรจะต้องครอบคลุมเพราะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเข้าถึงสินค้าและบริการซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (วงษ์มณฑา, 2542)

2.4) การส่งเสริมการตลาด (Promotion) เป็นการติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับข้อมูลระหว่างผู้ขายกับผู้ซื้อเพื่อสร้างทัศนคติและพฤติกรรมการซื้อ การติดต่อสื่อสารอาจใช้พนักงานขายหรือการติดต่อสื่อสารโดยไม่ใช้คน เช่น การ

โฆษณาการขายโดยใช้พนักงานขาย การให้ข่าวและการประชาสัมพันธ์ เป็นต้น การส่งเสริมการตลาดที่มีประสิทธิภาพจะสามารถเพิ่มจำนวนลูกค้าและยอดขายได้โดยตรง (Kotler, 2000)

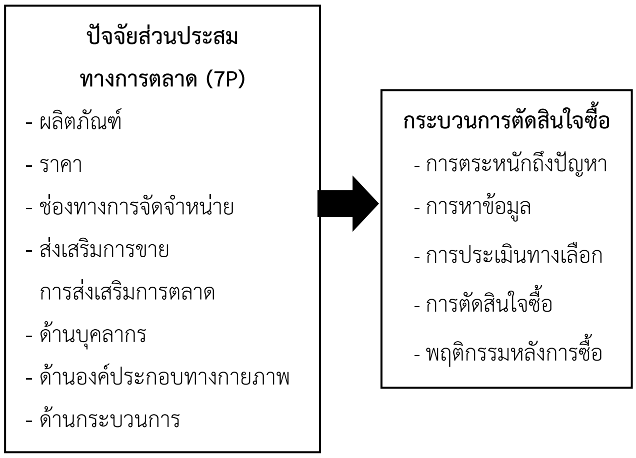
2.5) บุคคล (People) หรือพนักงาน (Employees) ซึ่งต้องอาศัยการคัดเลือก และการฝึกอบรมเพื่อให้สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้ การสร้างความแตกต่างทางด้านการบริการเหนือคู่แข่ง พนักงานต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหา และสามารถสร้างค่านิยมที่ดีให้กับบริษัทได้ พนักงานที่บริการลูกค้าดีส่งผลให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อหรือใช้บริการได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Kotler, 2000)

2.6) ลักษณะทางกายภาพ (Physical evidence) หมายถึงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อสร้างคุณค่า ให้กับลูกค้าไม่ว่าจะเป็นด้านความสะอาด ความเป็นระเบียบเรียบร้อย ความสะดวกสบาย หรือ ผลประโยชน์อื่นๆ เป็นต้น (อังคสกุลเกียรติ, 2556)

2.7) กระบวนการให้บริการ (Process) เป็นการส่งมอบคุณภาพในการให้บริการกับลูกค้าได้ อย่างรวดเร็วและประทับใจลูกค้า (Kotler, 2000)

ปัจจัยด้านกระบวนการตัดสินใจซื้อ Kotler (2000) ได้นำเสนอกระบวนการตัดสินใจแบบ 5 ขั้นตอน ขั้นแรกได้แก่ การตระหนักถึงปัญหาหรือความต้องการ (Problem recognition) ขั้นที่ 2 ได้แก่ การหาข้อมูล (Information search) ขั้นที่ 3 ได้แก่การประเมินทางเลือก (Evaluation of alternatives) ขั้นที่ 4 ได้แก่ การตัดสินใจซื้อ (Purchase decision) และขั้นที่ 5 ได้แก่ พฤติกรรมหลังการซื้อ (Post purchase behavior) กระบวนการตัดสินใจซื้อเป็นหนึ่งในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค ทั้งนี้ผู้บริโภคแต่ละคนล้วนมีพฤติกรรมการบริโภคที่แตกต่างกัน (สุขเจริญ, 2555)

จอห์น ฮอลเลนเดอร์ (2561) ได้ศึกษาเรื่องแรงจูงในในการออกไปตั้งแคมป์ ใช้วิธีสำรวจกลุ่มตัวอย่าง ได้กล่าวถึงอุปกรณ์การตั้งแคมป์ไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการท่องเที่ยวชมธรรมชาติ สำหรับการตัดสินใจซื้ออุปกรณ์เดินป่า นักท่องเที่ยว หรือลูกค้ามักจะเลือกผลิตภัณฑ์ที่คงทนแข็งแรงและร้านค้าที่น่าเชื่อถือเป็นสำคัญ จากการทบทวนวรรณกรรมมาทั้งหมดทำให้นักวิจัยสามารถสร้างกรอบแนวความคิดได้ดังรูปที่ 1




รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดงานวิจัย

3) วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Vanichabancha, 2001) บุคคลที่เลือกใช้บริการร้านอุปกรณ์แคมป์ปิ้งดังกล่าว ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ กลุ่มคนในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2564

การตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาของแบบสอบถามที่ตรงกับเรื่องที่ศึกษา เครื่องมือวิจัยได้ถูกตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อความครบถ้วน และความสอดคล้องของเนื้อหา (Validity) โดยการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องรายข้อ IOC (Index of Item Objective Congruence) (Vanichabancha, 2001) พบว่ามีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป จากนั้นทำการทดสอบแบบสอบถาม (Pilot Test) จำนวน 30 ชุด และคำนวณค่า Cronbach Alpha พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.71-0.93 ในทุกองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้รับข้อมูลการตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำถามข้อมูลพฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 6 ข้อ ได้แก่ ลักษณะคำถามเป็นแบบ 2 ตัวเลือก (Two-Way Question) และแบบหลายคำตอบให้

เลือก (Multiple Choice Question) โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องเลือก ตอบเพียงคำตอบเดียว

ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมการตลาด จำนวน 26 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบตัวเลือก 5 ระดับ โดยใช้มาตราส่วนแบบไลเคิร์ท (Likert's Scale) ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องเลือกตอบเพียงคำตอบเดียวการให้คะแนนเรียงตามความคิดเห็นของผู้ตอบ

ส่วนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับกระบวนการตัดสินใจซื้อ ได้แก่ คำถามกระบวนการตัดสินใจ จำนวน 5 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบตัวเลือก 5 ระดับ เช่นเดียวกับคำถามในส่วนที่ การให้คะแนนเรียงตามความคิดเห็นของผู้ตอบ

ส่วนที่ 4 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ และรายได้

4) ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยประกอบด้วยข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบค่าเฉลี่ยที่มีตัวแปรมากกว่า 2 ตัว ในกลุ่มสถิติ One-way ANOVA สำหรับการทดสอบสมมติฐานด้านปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพยากรณ์ Multiple Regression Analysis และทำการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต้นที่มีผลต่อตัวแปรตามโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ได้ผลการวิจัยดังนี้

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

| ปัจจัยส่วนบุคคล | คุณลักษณะ | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|---|
| เพศ | ชาย | 154 | 38.5 |
| | หญิง | 220 | 55.0 |
| | LGBTQ+ | 26 | 6.5 |
| รวม | | 400 | 100.0 |
| อายุ | ต่ำกว่า 20 ปี | 6 | 1.5 |
| | 21-30 ปี | 188 | 47.0 |
| | 31-40 ปี | 131 | 32.8 |
| | 41-50 ปี | 61 | 15.3 |
| | 51-60 ปี | 11 | 2.8 |
| | มากกว่า 60 ปีขึ้นไป | 3 | 0.6 |
| รวม | | 400 | 100.0 |
| รายได้ | 10,000 บาทหรือต่ำกว่า | 101 | 25.2 |
| | 10,001-20,000 บาท | 71 | 17.8 |
| | 20,001-30,000 บาท | 101 | 25.2 |
| | 30,001-40,000 บาท | 44 | 11.0 |
| | 40,001-50,000 บาท | 34 | 8.5 |
| | 50,001 บาทขึ้นไป | 49 | 12.3 |
| **รวม** | | **400** | **100.0** |

ผู้ตอบแบบสอบถาม ในเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 55 เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 38.5 และเป็น LGBTQ+ คิดเป็นร้อยละ 6.5 อายุของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 21-30 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47 รองลงมามีอายุ 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.8 ลำดับถัดมามีอายุ 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 15.3 และ 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.8 ส่วนมีอายุต่ำกว่า 20 และมากกว่า 61 ปีขึ้นไปมีจำนวนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 2.1 ส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามนั้นส่วนใหญ่มีรายได้เป็นจำนวนเงิน 20,001-30,000 บาท และ 10,000 บาท หรือต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 25.2 เท่ากัน ลำดับถัดมารายได้ 10,001-20,000 บาท ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 17.8 ไปรองลงมามีรายได้ 50,001 บาทหรือมากกว่า คิดเป็นร้อยละ 12.3 ลำดับถัดมารายได้ 30,001-40,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 11 และผู้มีรายได้ 40,001-50,000 บาท นั้นมีเพียงร้อยละ 8.5

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร

| รายการ | ร้อยละ |
|---|---|
| **ประเภทของอุปกรณ์ที่กลุ่มตัวอย่างเลือกซื้อ** | |
| เต็นท์และทาร์ป | 23.9 |
| อุปกรณ์การนอน | 20.7 |
| อุปกรณ์ประกอบอาหาร | 17.2 |
| ภาชนะใส่อาหารและเครื่องดื่ม | 11.6 |
| เฟอร์นิเจอร์สำหรับตั้งแคมป์ | 14.1 |
| มีดพกและเครื่องมือเอนกประสงค์ | 8.5 |
| อื่นๆ | 4.0 |
| **ทำเลที่ตั้งร้านอุปกรณ์แคมป์ปิ้งกลุ่มตัวอย่างคิดว่าเหมาะสม** | |
| ห้างสรรพสินค้า | 32.0 |
| ภายในตัวเมือง | 25.2 |
| รอบนอกตัวเมือง | 20.0 |
| ก่อนถึงสถานที่ตั้งแคมป์ | 22.8 |
| **ความถี่ในการเข้าร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ของกลุ่มตัวอย่าง** | |

| | |
|---|---|
| 1 ครั้ง/เดือน | 69.3 |
| 2 ครั้ง/เดือน | 17.8 |
| 3 ครั้ง/เดือน | 7.7 |
| มากกว่า 3 ครั้ง/เดือน | 5.1 |
| **จำนวนเงินโดยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเมื่อเข้าร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในแต่ละครั้ง** | |
| น้อยกว่า 3,000 บาท | 39.0 |
| 3,000-4,999 บาท | 34.5 |
| 5,000-6,999 บาท | 10.8 |
| 7,000-8,999 บาท | 5.3 |
| 9,000-11,999 บาท | 3.5 |
| มากกว่า 12,000 บาท | 6.8 |
| **แบรนด์ที่กลุ่มตัวอย่างเลือกใช้** | |
| Coleman | 33.2 |
| MSR | 7.4 |
| Nordisk | 7.7 |
| Naturehike | 16.0 |
| DoD | 17.7 |
| Blckdeer | 11.2 |
| Logos | 6.9 |

จากตารางที่ 2 เกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลเชิงพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ ประเภทของอุปกรณ์แคมป์ปิ้งที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 400 คนเลือกซื้อ พบว่าร้อยละ 23.9 เลือกซื้อสินค้าประเภทเต็นท์และทาร์ป รองลงคืออุปกรณ์การนอนคิดเป็นเป็นร้อยละ 20.7 อันดับต่อไปคืออุปกรณ์ประกอบอาหารร้อยละ 17.2

ด้านทำเลที่ตั้งร้านอุปกรณ์แคมป์ปิ้ง จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่าห้างสรรพสินค้าเป็นทำเลที่เหมาะสมร้อยละ 32 รองลงมาเป็นทำเลภายในตัวเมือง ที่ร้อยละ 25.2 อันดับต่อไปคือ ทำเลที่ตั้งก่อนถึงสถานที่ตั้งแคมป์ในจังหวัดต่าง ๆ ร้อยละ 22.8 คิดว่าเหมาะสม

กลุ่มตัวอย่างเข้าร้านอุปกรณ์แคมป์ปิ้งเดือนละครั้ง นับเป็นร้อยละ 69.3 รองลงมาคือ 2 ครั้ง/เดือน นับเป็นร้อยละ 17.8 และจำนวนเงินที่กลุ่มตัวอย่างใช้จ่ายต่อการไปที่ร้านมีการใช้จ่ายน้อยกว่า 3,000 บาท/ครั้ง นับเป็นร้อยละ 39.0 รองลงมาคือใช้จ่ายครั้งละ 3,000 – 4,999 บาท/ครั้ง นับเป็นร้อยละ 34.5 และด้านการเลือกใช้อุปกรณ์การตั้งแคมป์ แบรนด์มีชื่อเสียงอย่าง Coleman ร้อยละ 33.2 รองลงมาคือแบรนด์ DoD คิดเป็นร้อยละ17.7

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและการแปรผลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร

| ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด | จำนวน | ค่าเฉลี่ย | การแปรผล |
|---|---|---|---|
| ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ | 400 | 4.24 | มากที่สุด |
| ปัจจัยด้านราคา | 400 | 4.29 | มากที่สุด |
| ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย | 400 | 4.32 | มากที่สุด |
| ปัจจัยด้านส่งเสริมการขาย | 400 | 4.12 | มาก |
| ปัจจัยด้านบุคลากร | 400 | 4.25 | มากที่สุด |
| ปัจจัยด้านองค์ประกอบทางกายภาพ | 400 | 4.28 | มากที่สุด |
| ปัจจัยด้านกระบวนการ | 400 | 4.30 | มากที่สุด |

ผู้ตอบแบบสอบถามเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ทั้งหมด 400 คน เมื่อนำมาเฉลี่ยและวัดผลพบว่าปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 รองลงมาคือด้านกระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และด้านราคาเป็นอันดับที่สามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างนั้นเน้นเรื่องช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านกระบวนการและด้านราคาเป็นหลัก

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยการตัดสินใจซื้อจำแนกตามเพศ อายุ และรายได้

| คุณลักษณะ | | Mean | S.D. | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| เพศ | ชาย | 4.0195 | 0.13416 | |
| | หญิง | 4.0455 | 0.50864 | |
| | LGBTQ+ | 3.972 | 0.26759 | |
| | **รวม** | **4.0307** | **0.56602** | **0.784** |
| อายุ | น้อยกว่า 20 ปี | 3.6061 | 0.54747 | |
| | อายุ 20 - 30 ปี | 4.0377 | 0.60007 | |
| | อายุ 31 - 40 ปี | 4.0229 | 0.53204 | |
| | อายุ 41 - 50 ปี | 4.0939 | 0.4932 | |
| | อายุ 51 – 60 ปี | 3.8512 | 0.68063 | |
| | มากกว่า 60 ปี ขึ้นไป | 4.1515 | 0.78379 | |
| | **รวม** | **4.0307** | **0.56602** | **0.366** |
| รายได้ | มากกว่า 10,000 บาท | 3.9649 | 0.58295 | |
| | 10,001-20,000 บาท | 4.0294 | 0.62904 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20,001-30,000 บาท | 4.0288 | 0.55847 | |
| | 30,001-40,000 บาท | 4.1157 | 0.52512 | |
| | 40,001-50,000 บาท | 4.0508 | 0.46955 | |
| | มากกว่า 50,000 บาท | 4.0816 | 0.55770 | |
| | **รวม** | **4.0307** | **0.56602** | **0.733** |

จากตางรางที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐานทดสอบค่าเฉลี่ย (ANOVA) พบว่ามีค่า Sig. เท่ากับ 0.784, 0.366 และ 0.733 (Sig.>0.05) จึงปฏิเสธ $H_1$ และยอมรับ $H_0$ [1] สรุปได้ว่าเพศ อายุ และระดับรายได้ที่แตกต่างกันมีระดับกระบวนการตัดสินใจซื้อไม่แตกต่างกันกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุของปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร

| ตัวแปร | ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (b) unstandardized | t | Sig. |
|---|---|---|---|
| ค่าคงที่ | 2.047 | 12.429 | .000* |
| Product | 0.188 | 4.047 | .000* |
| People | 0.278 | 6.886 | .000* |
| $R^2$ = 0.535 | | | |

ระดับนัยสำคัญ $\alpha$ = 0.05*

ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์เชิงพหุคูณ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลโดยใช้คำสั่ง Stepwise และเลือกตัวแบบโมเดลที่มีค่า $R^2$ สูงที่สุดมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม (Vanichabancha, 2001) ตัวแปรต้นสามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม (กระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์) ได้ร้อยละ 53.3 ($R^2$ = 0.535) ซึ่งปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวน 2 ตัวแปร คือตัวแปรด้านผลิตภัณฑ์ (Sig. = 0.000) และตัวแปรบุคลากร (Sig. = 0.000) อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

โดยตัวแปรอันดับที่หนึ่งคือ ปัจจัยด้านบุคลากรส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านขายอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร (ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเท่ากับ 0.278 ค่าสถิติ T-test เท่ากับ 6.886) และอันดับที่สองคือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเท่ากับ 0.188 ค่าสถิติ T-test เท่ากับ 4.047)

จากตารางที่ 5 จะแสดงให้เห็นตัวแปรที่ไม่มีผลต่อการตัดสินใจต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าอุปกรณ์ตั้งแคมป์ หรือไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha$ = 0.05) ได้แก่ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการขายและการส่งเสริมการตลาด ด้านองค์ประกอบทางกายภาพ และด้านกระบวนการ (การคัดเลือกตัวแปรเข้าในสมการถดถอย ผู้วิจัยใช้ Stepwise Method ตัวโปรแกรมได้ทำการเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอัตโนมัติและให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุด) (Vanichabancha, 2001)

ดังนั้นจากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ ผู้วิจัยสามารถเขียนสมการเชิงเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยผลิตภัณฑ์ ปัจจัยบุคลากร และปัจจัยการตัดสินใจซื้อ ได้ดังนี้

$$Y = 2.047+0.188(Product)+0.278(People)+\varepsilon \qquad (1)$$

5) สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษางานวิจัยเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1) ปัจจัยส่วนบุคคล สรุปได้ว่า ตัวแปรเพศ อายุ และรายได้ของผู้บริโภคที่แตกต่างกันส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานครไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญพัสส์ เกตุประดิษฐ์ (2554) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผู้หญิงในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยด้านอายุที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้หญิงในเขตกรุงเทพมหานคร และยังไม่สอดคล้องกับพนิตานันท์ อังคสกุลเกียรติ (2556) ศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวของเครื่องใช้ของผู้หญิงจากร้านค้าเฉพาะเจาะจง พบว่าปัจจัยด้านรายได้ที่แตกต่างกันส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้จ่ายที่แตกต่างกัน ในด้านราคาเฉลี่ยต่อชิ้นและด้านมูลค่าเฉลี่ยต่อครั้งในการซื้อ ผู้วิจัยได้ข้อสังเกตว่าสินค้าอุปกรณ์ตั้งแคมป์ค่อนข้างเป็นสินค้าพิเศษ ผู้ใช้ไม่ได้ใช้

ทุกวันจะใช้เฉพาะเวลาไปเที่ยวเท่านั้น เพราะฉนั้นเวลาตัดสินใจซื้อก็จะไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นเพศ อายุ และรายได้ต่างกันก็จะตัดสินใจซื้อคล้าย ๆ กัน

5.2) ปัจจัยส่วนประสมการตลาด สรุปได้ว่า ปัจจัยด้านบุคลากรและด้านผลิตภัณฑ์ มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานคร สอดคล้องกับงานวิจัยของณิชา ทองเจริญ (2557) ได้ศึกษาส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อผู้บริโภคเจนเนอเรชั่นวายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ในการซื้อสินค้าโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อ มูลจากกลุ่มผู้บริโภคที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมาและเป็นกลุ่มคนเจนเนอเรชั่นวาย (Generation Y) โดยเกิดระหว่างปีพ.ศ. 2520 –2537 ที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ ปัจจัยส่วนประสมการตลาดในแต่ละด้านมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมากและเมื่อวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัยพบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อในระดับสูงสุดของคือ การบริการจากพนักงานในร้าน (ทองเจริญ, 2557)

5.3) ปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออุปกรณ์ตั้งแคมป์อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการขายและการส่งเสริมการตลาด ด้านองค์ประกอบทางกายภาพ และด้านกระบวนการ ผลงานวิจัยไม่สอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาความพึงพอใจในการตั้งแคมป์ (คุณเลิศ และ ธรรมจินดำ, 2557) โดยเฉพาะด้านราคา กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยให้ความสำคัญกับราคาของอุปกรณ์ตั้งแคมป์อย่างมาก ซึ่งต่างจากผลการวิจัยของผู้วิจัย ทั้งนี้อาจจะเกิดจากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยมีรายได้ค่อนข้างสูง กลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้มากกว่า 20,001 บาทขึ้นไปมีมากถึง 57% จึงทำให้การคำนึงถึงด้านราคาลดน้อยลง แต่สนใจกับคุณค่าผลิตภัณฑ์และการบริการโดยพนักงานมากขึ้น

## 6) ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้ นำเสนอในมุมมองของผู้ประกอบการธุรกิจจัดจำหน่ายสินค้า ควรมุ่งเน้นกลุ่มผู้บริโภคโดยคำนึงถึงเพศ อายุ และรายได้ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการในการซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์ในเขตกรุงเทพมหานครทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการธุรกิจผลการวิจัยดังกล่าวสามารถออกแบบกลยุทธ์ทางการตลาดโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1) ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์โดยให้ความสำคัญให้เหมาะสมกับเพศ อายุ และรายได้ (พิตรปรีชา, 2553) เพื่อให้ตรงความต้องการและตรงกลุ่มเป้าหมาย ทั้งนี้ความมุ่งทำตลาดกับกลุ่มเป้าหมาย ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการต้องการจะจำหน่ายที่ร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์เพราะปัจจัยด้านเพศ อายุ และรายได้ส่งผลต่อการตัดสินใจในการซื้อสินค้าที่แตกต่างกัน

6.2) ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้าจากร้านอุปกรณ์การตั้งแคมป์

6.2.1) บุคลากร (People) เป็นปัจจัยส่งผลต่อกับกระบวนการตัดสินใจซื้อเป็นอย่างมากที่สุด โดยข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับการมีพนักงานที่มีความสุภาพเรียบร้อย มนุษย์สัมพันธ์ดี เต็มใจพร้อมให้บริการ และสามารถให้ข้อมูลได้อย่างชัดเจน แนะนำสินค้าให้ลูกค้าได้เหมาะสม (พิตรปรีชา, 2553)

6.2.2) ผลิตภัณฑ์ (Product) เป็นปัจจัยส่งผลต่อกับกระบวนการตัดสินใจซื้อเป็นอย่างมากเป็นอันดับสอง ผู้ประกอบการหาสินค้าที่จะจัดจำหน่ายเป็นสินค้าที่มีคุณภาพเป็นมาตรฐาน มีภาพลักษณ์ของสินค้าที่ดี และมีให้เลือกหลากหลาย (อินต๊ะ, 2551)

6.3) ปัจจัยราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการขายและการส่งเสริมการตลาด ด้านองค์ประกอบทางกายภาพและด้านกระบวนการ เป็นปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อกับกระบวนการตัดสินใจซื้อ หากผู้ประกอบการมีงบประมาณในการบริหารกิจการที่จำกัด ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับการลดราคา การส่งเสริมการขาย ช่องทางการจัดจำหน่าย องค์ประกอบทางกายภาพ และกระบวนการน้อยลง เช่น การจัดตกแต่งร้านควรเน้นให้หาสินค้าได้ง่ายแต่ไม่ต้องมีความหรูหรา ไม่เน้น Promotion แต่เน้นการให้บริการจากพนักงานที่ดูแลเอาใจใส่ เชี่ยวชาญในด้านผลิตภัณฑ์ และตอบคำถามลูกค้าได้ดี

6.4) งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและประเด็นที่มากขึ้น คณะผู้วิจัยใคร่ขอเสนอให้มีการทำวิจัยเชิงคุณภาพร่วมด้วย และควรเพิ่มขอบเขต ตัวแปรที่น่าสนใจอื่น ๆ และขนาดของงานวิจัยให้มากขึ้น กลุ่มตัวอย่าง

ที่ใหญ่ขึ้นจะได้ข้อมูลที่คลอบคลุมและน่าเชื่อถือมากกว่าเดิม (Vanichabancha, 2001)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์อัชญา กล้าเวช ประธานหลักสูตรการตลาดเชิงสร้างสรรค์และดิจิทัล ผศ. ดร. ปัณณทัต จอมจักร อาจารย์ ดร. มิรา เสงี่ยมงาม และอาจารย์พงศ์ศรัณย์ วงศ์ชนเดช สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้กรุณาช่วยเก็บข้อมูล และสละเวลาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัย ส่งผลให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

REFERENCES

ชัยวัฒน์ ปัญจพงษ์ และณรงค์ เทียนส่ง. (2521). *ประชากรศาสตร์และประชากรศึกษา.* กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ชิลไปไหน. (22 พฤศจิกายน 2563). 10 จุดกางเต็นท์ สำหรับมือใหม่หัดแคมป์ปิ้ง!. สืบค้น จาก :https://www.chillpainai.com/scoop/10308

ณิชา ทองเจริญ. (2557). ส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อผู้บริโภคเจนเนอเรชั่นวายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ในการซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธัญญพัสส์ เกตุประดิษฐ์. (2554) .ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าทางอินเตอร์เน็ตของผู้หญิงในเขตกรุงเทพมหานคร” *การเงิน การลงทุน การตลาด และการบริหารธุรกิจ 1* : 21-39 :เม.ย-มิ.ย.

น้ำทิพย์ คุณเลิศ และโรจนำ ธรรมจินดำ. (2563). ความพึงพอใจของลูกค้าหมีขาวตั้งแคมป์ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. ฉบับที่ 3.

พนิตานันท์ อังคสกุลเกียรติ. (2556). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อเสื้อผ้าของผู้หญิงจากร้านค้าในสังคมออนไลน์เฟซบุ๊ค. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

รุ่งนภา พิตรปรีชา. (2553). *ตัวชี้วัดชื่อเสียงของธุรกิจเอกชนในประเทศไทย.*จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2546). *การบริหารการตลาดยุคใหม่.* กรุงเทพฯ : ธรรมสาร.

สุรสิฐ อินต๊ะ. (2551). ความสัมพันธ์ของการสื่อสารทางการตลาดกับพฤติกรรมการท่องเที่ยว ในอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. ปริญญานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (สาขา บริหารธุรกิจ), วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

เสรี วงษ์มณฑา. (2542). *กลยุทธ์การตลาด.* กรุงเทพมหานคร, บริษัทธีระฟิล์มและไซเท็กซ์จำกัด.

วุฒิ สุขเจริญ. (2555). *พฤติกรรมผู้บริโภค.* กรุงเทพฯ: จี.พี.ไซเบอร์พรินท์.

องค์การท่องเที่ยวโลก. (2 กุมภาพันธ์ 2564). *ความหมายการท่องเที่ยว.* สืบค้นจาก : https://tourismatbuu.wordpress.com

Burke, J. R., Martin, G., & Cooper, L.C. (2011) .*Corporate Reputation: Managing Opportunities and Threats*. *Surrey*, England,Gower Publishing.

Vanichabancha, K. (2001). *SPSS best for windowa in data analysis version 7-10 (In Thai), Third Edition*. CK&S, Bangkok.

CBRE. (2563). Campground Industry Trends Report 2019. สืบค้น จาก :https://www.nps.gov/subjects/policy/upload/CBRE_Campground_Trends_Report_3- 16-20.pdf

Independent News Network. (2563). Traveler Expo 2020. สืบค้น จาก :www.innnews.co.th/economy/news_787167/

John W. Hollender. (2564). Motivational Dimensions of the Camping Experience. สืบค้นจาก : https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222216.1977.11970319

Mordor Intelligence. (2563). CAMPING EQUIPMENT MARKET - GROWTH, TRENDS, AND FORECASTS (2020 - 2025). สืบค้นจาก: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/camping-equipment-market

# ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ปริญดา ทองกิ่งแก้ว*[1] วุฒิ สุขเจริญ[2]

*[1*]บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : th.parinda_st@tni.ac.th

**_บทคัดย่อ_**

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารแบบทั่วไปและแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ศึกษาระดับอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลตัดสินใจซื้อ ศึกษากลุ่มเป้าหมายและแนวทางการทำธุรกิจบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างที่คนไทยที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป 418 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารแบบทั่วไปและแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารได้แก่ 1) คุณภาพ 2) ราคา 3) ภาพลักษณ์ และ 4) ลักษณะภายนอก กลุ่มตัวอย่างให้การยอมรับปัจจัยด้านลักษณะภายนอกของบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไปมากกว่าบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยอมรับปัจจัยด้านราคาและภาพลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไป โดยด้านคุณภาพ ภาพลักษณ์ และลักษณะภายนอกมีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในทิศทางบวกทั้งหมด อธิบายการตัดสินใจซื้อได้ร้อยละ 41.6 ผลจากการศึกษาพบว่าเพศและกลุ่มอาชีพมีค่าเฉลี่ยในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน เพศชายตัดสินใจซื้อน้อยกว่าเพศหญิง ผู้ที่เป็นข้าราชการและผู้ที่ประกอบธุรกิจส่วนตัวตัดสินใจซื้อมากกว่าพนักงานบริษัทอย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 76.5 ตัดสินใจเลือกซื้อร้านที่ใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยินดีจ่ายเงินเพิ่มเพื่อเปลี่ยนมาใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมร้อยละ 64.6 ยินยอมจ่ายเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 17.66 จากราคาเดิม

**_คำสำคัญ_** : บรรจุภัณฑ์อาหาร, สิ่งแวดล้อม, ยอมรับ, ราคา, ภาพลักษณ์, คุณภาพ, ลักษณะภายนอก

# Factors Affecting The Acceptance Of Eco-Friendly Food Packaging

Parinda Thongkingkaew[1]* Wut Sookcharoen[2]

[1*]*Master of Business Administration, Thai – Nichi Institute of technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: th.parinda_st@tni.ac.th

### *Abstract*

This study aims to compare the acceptance of conventional and eco-friendly food packaging. Study the level of influence of factors affecting purchasing decisions. Study the target group and approaches to a eco-friendly food packaging business. The survey was conducted with a sample of 418 Thai adults over the age of 20. The method of data collection was by creating a questionnaire to collect data. The statistics used in this research consist of both descriptive statistics and inferential statistics.

Factors influencing the acceptance of conventional and eco-friendly food packaging are 1) quality, 2) price, 3) image, and 4) appearance. The sample group accepted the external appearance of conventional food packaging more than eco-friendly food packaging, and the price and image factor of eco-friendly food packaging were more acceptable than conventional food packaging. All quality, image, and appearance factors influence the purchase of eco-friendly food packaging in a positive direction. This can explain the purchase decision by 41.6%. The average decision to purchase eco-friendly food packaging was made differently by gender and occupational group. Males make fewer purchasing decisions than females. Government officials and self-employed people make significantly more purchasing decisions than corporate employees. 76.5 percent of the sample group decided to buy a store that uses eco-friendly food packaging. While 64.6% are willing to pay more to switch from conventional to Eco-friendly food packaging, they are willing to pay 17.66% more than the original price.

***Keywords***: Eco-friendly food packaging, Acceptance, Price, Quality, Image, Appearance

## 1) บทนำ

การสั่งซื้ออาหารผ่านแอปพลิเคชั่นจัดส่งอาหาร กำลังได้รับความนิยมหรือเพิ่มขึ้นกว่า 3 เท่าตัว เมื่อเทียบจากปี 2562 เนื่องด้วยสถานการณ์การระบาดของ COVID-19


รูปที่ 1: มูลค่าธุรกิจ Food Delivery ปี 2564

*แหล่งที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกร, 2564*

ส่งผลให้ธุรกิจร้านอาหารต้องปรับรูปแบบการให้บริการมีการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งส่วนใหญ่ใช้แล้วทิ้งกลายเป็นขยะก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นร้อยละ15 จากเฉลี่ยวันละ 5,500 ตัน/วัน เป็น 6,300 ตัน/วัน (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2563) ผู้ประกอบการจึงต้องพัฒนาสินค้าและบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมมากขึ้น โดยเริ่มจากค้นหาความต้องการของผู้บริโภค ผู้บริโภคจะยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารจากปัจจัยด้านใดบ้างและแต่ละปัจจัยมากน้อยเพียงใด เพื่อสร้างแนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารแบบทั่วไปและแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
2. เพื่อศึกษาระดับอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อศึกษากลุ่มเป้าหมายของผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
4. เพื่อกำหนดแนวทางการทำธุรกิจบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## 3) วิธีดำเนินการวิจัย

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากรในครั้งนี้ คือ กลุ่มประชากรไทยที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป โดยกำหนดขนาดของจำนวนกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย Bailey (1994) ระบุว่าการคำนวณทางสถิติต้องมีตัวอย่างขั้นต่ำ 30 ตัวอย่าง อย่างไรก็ดีจำนวนตัวอย่างไม่ควรน้อยกว่า 100 ตัวอย่างจึงจะเหมาะสม Roscoe (1975) ระบุว่าจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 30-500 ตัวอย่างและหากมีการแยกเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างย่อย แต่ละกลุ่มต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 30 ตัวอย่าง การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 400 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บได้จริงจำนวน 418 ตัวอย่าง

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามออนไลน์โดยศึกษาจากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะศึกษาเพื่อนำมาสร้างกรอบ แนวคิดของการวิจัย จากนั้นกำหนดตัวแปรในการศึกษาและสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้ และดำเนินการสร้างแบบสอบถามจากกรอบแนวคิดที่ได้ โดยแบ่งคำถามออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารของผู้บริโภคจำนวน 30 ข้อ และ ส่วนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นเกี่ยวกับการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไปและบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจำนวน 3 ข้อ

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น โดยการเลือกตัวอย่างสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) ผู้วิจัยได้ทำการระบุวัตถุประสงค์ของการวิจัย และรายละเอียดเกี่ยวกับแบบสอบถามในแต่ละตอน เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเข้าใจเป็นอย่างดีก่อนตอบแบบสอบถาม

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

สถิติที่ใช้และเกณฑ์การแปลผล การอธิบายลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล และการอธิบายภาพรวมของการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหาร ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติเชิงพรรณนา

(Descriptive statistics) เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inference statistics) เพื่อวิเคราะห์และประเมิน คือ วิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่ออธิบายอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค

## 4) ผลการวิจัย

### *4.1) ผลเปรียบเทียบการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไปและแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม*

ทำการศึกษา 4 ปัจจัยของบรรจุภัณฑ์อาหารได้แก่ ลักษณะภายนอก, คุณภาพ, ภาพลักษณ์และราคา (Interval Scale) พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้การยอมรับปัจจัยด้านราคาและภาพลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าปัจจัยเดียวกันของบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไป และให้การยอมรับปัจจัยด้านลักษณะภายนอกของบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไปมากกว่าปัจจัยเดียวกันของบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมกับบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไป

| Pair | Paired Differences | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eco-friendly food packaging & Regular food packaging | *T* | Sig. (2 tailed) | Mean Difference | Std. Error Mean |
| 1. คุณภาพ | -1.431 | .153 | -.04386 | .03065 |
| 2. ราคา | 5.578 | .000 | .16667 | .02988 |
| 3. ภาพลักษณ์ | 2.745 | .006 | .07974 | .02905 |
| 4. ลักษณะภายนอก | -2.273 | .024 | .06506 | .02863 |

### *4.2) ผลอิทธิพลของปัจจัยด้านต่างๆของบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม*

$$\text{Acceptance} = 0.190 + 0.465A + 0.218Q + 0.231I \quad (1)$$

ลักษณะภายนอกมีผลนัยยะสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดรองลงมาคือคุณภาพและภาพลักษณ์ตามลำดับ ซึ่งเป็นทิศทางบวกทั้งหมดและมีอำนาจการทายผล (Adjusted R Square) เท่ากับ 0.416 หากบรรจุภัณฑ์อาหารมีความสวยงาม มีคุณภาพดี สะท้อนถึงการเอาใจใส่ผู้บริโภคและการดูแลสังคมได้เพิ่มขึ้นจะทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย ส่วนราคาไม่มีผลนัยยะสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์แบบเพียรสันต์ระหว่างตัวแปร

| ตัวแปร (n = 418) | Y | X1 | X2 | X3 | X4 |
|---|---|---|---|---|---|
| การตัดสินใจ (Y) | 1 | .574** | .412** | .445** | .356** |
| ลักษณะภายนอก (X1) | | | .283** | .407** | .505** |
| คุณภาพ (X2) | | | | .392** | .242** |
| ภาพลักษณ์ (X3) | | | | | .427** |
| ราคา (X4) | | | | | 1 |

** $p < .05$

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

| ตัวแปร | B | t - test | Tolerance | VIF |
|---|---|---|---|---|
| ค่าคงที่ | .190 | .850 | | |
| ลักษณะภายนอก | .465 | 10.527*** | .815 | 1.227 |
| คุณภาพ | .218 | 5.200*** | .826 | .1.211 |
| ภาพลักษณ์ | .231 | 4.196*** | .751 | 1.332 |

R = .649, $R^2$ = .421, Adjusted $R^2$ = .416, SEE. = .536, F = 17.61
ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่า $p$ – value, ***$p < .01$

### *4.3) ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตามลักษณะประชากร*

ช่วงอายุ, ระดับการศึกษาและระดับรายได้ (Ordinal Scale) ไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อในขณะที่ เพศและกลุ่มอาชีพ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมดังนี้

*4.3.1)* ใช้การวิเคราะห์ Independent Sample Test ศึกษาเพศ (Nominal Scale) ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่างพบว่าเพศชายตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเพศหญิง จากข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิงพบว่าให้ความใส่ใจกับบรรจุภัณฑ์อาหาร คำนึงถึงผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อมมากกกว่า ในขณะที่เพศชายคิดว่าปัจจุบันบรรจุภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ยังคงเป็นพลาสติกคล้ายคลึงกัน

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมระหว่างชายและหญิง

| การตัดสินใจซื้อ | Levene's Test Sig. | *T* | Sig. (2-tailed) |
|---|---|---|---|
| ความแปรปรวนเท่ากัน | .924 | -2.69 | .007 |
| ความแปรปรวนไม่เท่ากัน | | -2.67 | .010 |

*4.3.2)* ใช้การวิเคราะห์ ANOVA และ LSD ศึกษาอาชีพ (Nominal Scale) ต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่างพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นข้าราชการหรือผู้ที่ประกอบธุรกิจส่วนตัวตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มพนักงานบริษัท เนื่องจากบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสะท้อนถึงภาพลักษณ์ที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับอาชีพข้าราชการหรือผู้ที่ประกอบธุรกิจส่วนตัวที่ต้องการความน่าเชื่อถือ

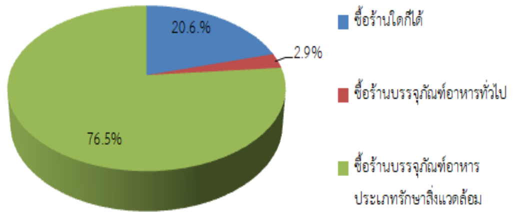
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มอาชีพต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

| การตัดสินใจซื้อ | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| ระหว่างกลุ่ม | 9.893 | 1.979 | 4.140 | .001 |
| ภายในกลุ่ม | 194.530 | .478 | | |
| ทั้งหมด | 204.423 | | | |

ตารางที่ 6 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของกลุ่มอาชีพต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

| (I) อาชีพ | (J) อาชีพ | Mean Difference (I-J) | Sig. |
|---|---|---|---|
| ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | นักเรียน/นักศึกษา | .19048 | .167 |
| | พ่อบ้าน/แม่บ้าน | .21429 | .469 |
| | พนักงานบริษัท | .41672 | .000 |
| | ประกอบธุรกิจส่วนตัวอื่นๆ | .20040 | .094 |
| ประกอบธุรกิจส่วนตัวอื่นๆ | นักเรียน/นักศึกษา | -.00992 | .941 |
| | พ่อบ้าน/แม่บ้าน | .01389 | .962 |
| | ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | -.20040 | .094 |
| | พนักงานบริษัท | .21633 | .023 |

*4.4) ผลพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม*




รูปที่ 2: สัดส่วนการตัดสินใจการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารของกลุ่มตัวอย่าง

พฤติกรรมการตัดสินใจการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารพบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 20.6 ซื้อร้านใดก็ได้ ร้อยละ 2.9 ซื้อร้านที่ใช้บรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไป และร้อยละ 76.5 ซื้อร้านที่ใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยินดีจ่ายเงินเพิ่มเพื่อเปลี่ยนมาใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมร้อยละ 64.6 โดยยินยอมจ่ายเพิ่มอยู่ระหว่างร้อยละ 2-60 จากราคาเดิม มีค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 17.66

## 5) สรุปและอภิปรายผล

ผลการเปรียบเทียบการยอมรับบรรจุภัณฑ์อาหารแบบทั่วไปและแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดย พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านราคา ภาพลักษณ์ ลักษณะภายนอกของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภทแตกต่างกัน ผลการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านต่างๆของบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะภายนอก ด้านคุณภาพและด้านภาพลักษณ์ในทิศทางบวกทั้งหมดและมีความสามารถในการพยากรณ์ (Adjusted R Square) เท่ากับ 0.416

ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่างพบว่าเพศชายตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเพศหญิงและกลุ่มตัวอย่างที่เป็นข้าราชการและผู้ที่ประกอบธุรกิจส่วนตัวอื่นๆตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่ากลุ่มผู้ที่เป็นพนักงานบริษัท โดยพบว่าเพศหญิงยินดีจ่ายเพิ่ม 5 - 10บาท ผู้ที่เป็นข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจยินดีจ่ายเพิ่ม 5 - 20 บาทและผู้ที่ประกอบธุรกิจส่วนตัวอื่นๆ ยินดีจ่ายเพิ่ม 5 - 10 บาทกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่แสดงความคิดว่าบรรจุภัณฑ์

อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีราคาค่อนข้างสูงและมีโอกาสใช้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์อาหารทั่วไป แต่มีข้อดีที่สามารถย่อยสลายได้โดยไม่เป็นอันตรายหรือไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม แสดงถึงความใส่ใจผู้บริโภคและส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีต่อแบรนด์สินค้า

6) ข้อเสนอแนะ

ผู้ประกอบการธุรกิจบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควรใช้จุดเด่นด้านภาพลักษณ์มาสร้างคุณค่าทางใจ เช่น เป็นแบรนด์ที่มองการณ์ไกล มีความรับผิดชอบต่อสังคม คิดถึงความยั่งยืน และสามารถใช้เป็นกลยุทธ์ทางการตลาดช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าและช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับแบรนด์ได้ อีกทั้งควรพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีสีสวยงาม หลากหลายน่าสนใจ จัดการต้นทุนวัตถุดิบให้เหมาะสม เพื่อทำให้ราคาถูกลงและมีความสามารถในการแข่งขันเพิ่มมากขึ้น สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต คือ ควรสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ทราบถึงแรงจูงใจในการซื้อและทัศนคติที่มีต่อบรรจุภัณฑ์อาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิ สุขเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ ติดต่อประสานงาน อำนวยความสะดวกให้มีความราบรื่นด้วยดีอีกทั้งผู้ร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่าง ในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

REFERENCES

Bailey, K.D. (1994). *Methods of Social Research* (4th ed.). New York: Free Press.

Chulikon Thepburi,, Thanthicha Srikham., & Wathanyu rasamithat. (2019). Factors influencing the decision of environment packaging of small enterprise. *Humanities and Social Sciences Journal of Southeast Asia University,* (In Thai), 3(1), 50-58.

ชุลีกร เทพบุรี, ธัญญ์ธิชา ศรีคำ, และวทัญญู รัศมิทัต. (2562). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์,* 3(1), 50-58.

KASIKORN Research Center. (2021). *Food delivery business growth.* (In Thai). Retrieved from https://kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Food-Delivery-FB-24-08-21.aspx

ศูนย์วิจัยกสิกร. (2564). *Food Delivery ดันธุรกิจโตต่อ* ค้นจาก https://kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Food-Delivery-FB-24-08-21.aspx

Parami Phatthanakul and Wirocn Jesadalak**.** (2016). Factors Affecting Purchase Intention Of Eco-Products Among Consumers In Pak Kret Area, Nonthaburi Province. *Humanities, Social Sciences and Arts Journal of Silpakorn University,* (In Thai), 9(2), 857-872.

ปารมี พัฒนดุล, และวิโรจน์ เจษฎาลักษณ์. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อการตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี. *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปกรรม,* 9(2), 857-872.

Roscoe, J.T. (1975). *Fundamental Research Statistics for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). New York: Holt Rinehart and Winston lnc.

Schiffman, L.G., & Kanuk, L.L. (2007). *Consumer behavior* (9th ed.). New Jersey: Prentice – Hall.

Thailand Environment Institute. (2020). *Following COVID-19, there is a problem with plastic waste.* (In Thai). Retrieved from http://www.tei.or.th/th/highlight_detail.php?event_id=974

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2563). *เกาะติดปัญหาขยะพลาสติกหลังโควิด-19 ระลอกใหม่.* ค้นจาก http://www.tei.or.th/th/highlight_detail.php?event_id=974

# การจำแนกสายพันธุ์อะโวคาโดด้วยการเรียนรู้เชิงลึก
# The Classification of Avocado with Deep Learning

เอมี่ สูงสิริ
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
Bangkok, Thailand
su.amy_st@tni.ac.th

ศรายุทธ นนท์ศิริ
*AIoT Research Laboratory*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
Bangkok, Thailand
sarayut.n@tni.ac.th

ศุภาวีร์ มากดี
*คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์*
*มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*
Ubon Ratchathani, Thailand
supawee.m@ubru.ac.th

อรรณพ หมั่นสกุล
*คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี*
*สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ วิทยาเขตอีอีซี*
Chonburi, Thailand
annopmon@pim.ac.th

***บทคัดย่อ* — งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Network) เพื่อใช้จำแนกพันธุ์อะโวกาโด โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันจำนวน 6 โครงสร้าง ประกอบด้วย InceptionResNetV2, InceptionV3, DenseNet121, DenseNet169, VGG19 และ VGG16 มาทำการทดลองเปรียบเทียบการจำแนกภาพ ซึ่งฝึกสอนให้สามารถจำแนกพันธุ์อะโวกาโด จำนวน 7 พันธุ์ คือ พันธุ์บูซ7, พันธุ์บูซ8, พันธุ์แฮส, พันธุ์พริ้งเคอร์ตัน, พันธุ์บัคคาเนีย, พันธุ์ปีเตอร์สัน และ พันธุ์เอ.034 จากผลการเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก พบว่าโครงสร้างแบบ DenseNet121 ให้ค่าความถูกต้อง 98.33% ซึ่งมีค่ามากที่สุด จึงสรุปได้ว่าหากต้องการสร้างโมเดลเพื่อนำไปจำแนกพันธุ์อะโวกาโดควรจะใช้โครงสร้างแบบ DenseNet121**

***คำสำคัญ* — *การรู้จำอะโวกาโด, การเรียนรู้เชิงลึก, โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก***

***ABSTRACT* — This paper examines a deep convolutional neural network for avocado recognition environment. The primary objective was to compare 6 CNN architectures including InceptionResNetV2, InceptionV3, DenseNet121, DenseNet169, VGG16 and VGG19 which aims to classify avocado of the following categories A034, Booth7, Booth8, Hass, Pinkerton, Peterson and Buccania. The comparison of deep CNN DenseNet121 yields highest accuracy at 98.33%. we can create a model from the deep CNN using DenseNet121 architecture,**

***Keywords* — *Avocado Recognition, Deep Learning, Deep Convolutional Neural Network***

## I. บทนำ

ในปัจจุบันอะโวกาโดได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นและมีหลากหลายสายพันธุ์ให้เลือกรับประทาน [1] ในประเทศไทยได้นำอะโวกาโดเข้ามา โดยนำเข้ามามีทั้งต้นพันธุ์และต้นเพาะเมล็ด และเนื่องจากประเทศไทยมีชาวต่างประเทศจากยุโรปและอเมริกาอาศัยอยู่มาก จึงทำให้มีความต้องการผลอะโวกาโดมากยิ่งขึ้น จนในบางฤดูผลอะโวกาโดในประเทศมีไม่เพียงพอจึงได้มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยมีการปลูกอะโวกาโดกันมากขึ้น โดยปัจจุบันมีอะโวกาโดมีประมาณ 500 สายพันธุ์ทั่วโลก ซึ่งแต่ละสายพันธุ์สามารถจำแนกได้จากรูปทรง ลักษณะของผิว และสีผิว อย่างไรก็ตามการจำแนกสายพันธุ์มีความซับซ้อนสูง ทำให้ผู้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญหรือไม่มีประสบการณ์ จะไม่สามารถจำแนกเนื่องจากมีบางสายพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายกันจึงทำให้ต้องใช้เวลาในการพิจารณาและจำแนกว่าเป็นสายพันธุ์ประเภทใด อีกทั้งในปัจจุบันเริ่มมีการปลูกและจำหน่ายอะโวกาโดกันมากยิ่งขึ้น ทำให้มีการจำหน่ายอะโวกาโดไม่ตรงสายพันธุ์ในท้องตลาด

ในปัจจุบันเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ได้รับความสนใจและมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก [2] โดยเฉพาะการใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) โดยการใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันจะเป็นการเลียนแบบการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อย ๆ จากนั้นนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ นั้นมาผสานกัน ซึ่งมีจุดเด่นที่สามารถสกัดคุณลักษณะเด่นที่สำคัญ (Feature Extraction) แล้วจึงนำคุณลักษณะนั้นมาสร้างโมเดล

โดยงานวิจัยนี้จะนำความรู้ทางด้านการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) มาเพื่อช่วยแก้ปัญหาในการจำแนกสายพันธุ์อะโวกาโดจำนวน 7 สายพันธุ์

คือ พันธุ์บูช 7,พันธุ์บูช 8, พันธุ์แฮส, พันธุ์บัคคาเนีย, พันธุ์ปีเตอร์สัน, พันธุ์พิงค์เคอร์ตัน, และพันธุ์เอ .034 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบมากในท้องตลาดในประเทศไทย

## II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกอะโวกาโดด้วยเทคนิกการเรียนรู้เชิงลึกพบว่า

Mohammed N et al. [3] ได้นำเสนอการจำแนกอะโวกาโดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ใช้ภาพอะโวกาโดทั้งหมด 1,234 ภาพ ในการทดลองได้ปรับรูปภาพให้มีขนาด 100x100 พิกเซล เพื่อการคำนวณที่เร็วขึ้น โดยในการทดลองชุดข้อมูลภาพอะโวกาโดมีทั้งแบบสีและแบบขาวดำ โดยผลจากการทดสอบให้ความแม่นยำ 99.84% อย่างไรก็ตามงานวิจัยชิ้นนี้มีข้อจำกัดไม่ได้จำแนกสายพันธุ์อะโวกาโด

Lim MG et al. [4] ได้นำเสนอการจำแนกพันธุ์ทุเรียนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ประกอบด้วยชุดข้อมูล 2 ชุด ชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วยภาพของพันธุ์ทุเรียน 3 พันธุ์ ใช้ภาพทั้งหมด 600 ภาพ และชุดข้อมูลที่ 2 ประกอบด้วยภาพของพันธุ์ทุเรียน 3 พันธุ์ และภาพที่ไม่ใช่ทุเรียน ใช้ภาพทั้งหมด 800 ภาพ โดยผลจากการทดสอบโมเดลที่ใช้ชุดข้อมูลที่ 1 ให้ความแม่นยำ 82.50% ซึ่งมากกว่าโมเดลที่ใช้ชุดข้อมูลที่ 2 ที่มีการเพิ่มภาพที่ไม่ใช่ทุเรียนซึ่งให้ความแม่นยำ 81.25%

Neda et al. [5] ได้ดำเนินการศึกษาการถ่ายโอนการเรียนรู้สำหรับการจำแนกประเภทดอกไม้ ซึ่งในการทดสอบใช้ชุดข้อมูล Oxford 102 Flower ที่มีจำนวนดอกไม้ 102 สายพันธุ์ ประกอบด้วยรูปภาพดอกไม้ทั้งสิ้น 8,228 ภาพ ทำการถ่ายโอนการเรียนรู้กับการเรียนรู้เชิงลึกที่มีโครงสร้างแบบ DenseNet121 จากการทดลองให้ความแม่นยำ 98.6%

Farabee et al. [6] ได้ดำเนินการศึกษาการจำลองการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อตรวจหาโรคมันฝรั่งจากภาพใบมันฝรั่ง ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันแบบถ่ายโอนการเรียนรู้ โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันแบบถ่ายโอนการเรียนรู้ทำการเปรียบเทียบกับโครงสร้าง จำนวน 7 โครงสร้าง ประกอบด้วย VGG-16, VGG-19, Inception-ResNet-V2, MobileNet, Inception-V3, Resnet-50 และXception โดยผลจากการทดสอบการใช้เทคนิกถ่ายโอนการเรียนรู้ VGG16 ให้ความแม่นยำ 99.43% ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบอื่นๆ

Prakhar et al. [7] ได้ดำเนินการศึกษาการจำลองการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อตรวจหาโรคใบแอปเปิล ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่พัฒนาขึ้นเองและโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่มีความแตกต่างกันจำนวน 3 โครงสร้าง ประกอบด้วย DenseNet121, EfficientNetB7 และNoisyStudent ซึ่งในการทดลองมีการนำเทคนิคในการเพิ่มข้อมูลในการเรียนรู้ ด้วยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ประกอบด้วย การหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ (Canny Edge Detection), การพลิก (Flipping), การคอนโวลูชัน (Convolution) และการทำให้มัว (Blurring) โดยผลจากการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่พัฒนาขึ้นเอง ให้ความแม่นยำ 96.25% ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบอื่นๆ

Srinidhi et al. [8] ได้ดำเนินการศึกษาการจำลองการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อตรวจหาโรคพืช เพื่อแยกคุณลักษณะและการจัดประเภทโดยใช้แบบจำลองชุดข้อมูลเป็นภาพใบของต้นแอปเปิล จำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ สุขภาพดี, ตกสะเก็ด, สนิมและหลายโรค ในการทดลองมีการนำเทคนิคในการเพิ่มข้อมูลในการเรียนรู้ ด้วยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ประกอบด้วย การหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ (Canny Edge Detection), การพลิก (Flipping) และการทำให้มัว (Blurring) ซึ่งทำการทดลองกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ที่โครงสร้างต่างกันคือ EfficientNetB7 และ DenseNet โดยผลจากการทดสอบ EfficientNetB7 และ DenseNet ให้ความแม่นยำใกล้เคียงกันคือ 99.8% และ 99.75% ตามลำดับ

## III. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### *III.I ลักษณะประจำพันธุ์ของผลอะโวกาโด*

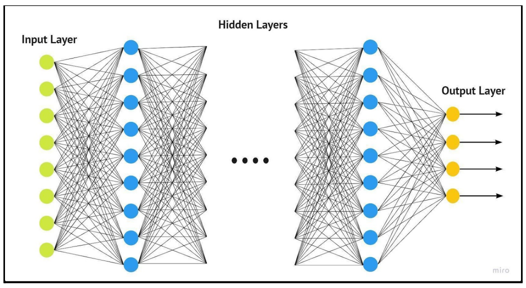
จากการศึกษาคุณลักษณะสายพันธุ์ของอะโวกาโด 7 พันธุ์ คือ พันธุ์บูช7, พันธุ์บูช8, พันธุ์แฮส, พันธุ์พริ้งเคอร์ตัน, พันธุ์บัคคาเนีย, พันธุ์ปีเตอร์สัน และ พันธุ์เอ.034 [9] [10] ได้ข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของผลอะโวกาโด ดังตารางที่ 1.

ตารางที่ I. คุณลักษณะสายพันธุ์ของอะโวกาโด

| พันธุ์ | รูปร่างผล | ลักษณะผิว | สีผิว |
|---|---|---|---|
| บัคคาเนีย | รูปไข่ | ขรุขระปานกลาง | เขียว |
| แฮส | รูปไข่ | ขรุขระ | ม่วง |
| พิ้งเคอร์ตัน | รูปชมพู่ | ขรุขระ | เขียว |
| ปีเตอร์สัน | ค่อนข้างกลม | เรียบ | เขียวอมเหลือง |
| บูช 7 | ค่อนข้างกลม | ขรุขระเล็กน้อย | เขียว |
| บูช 8 | รูปไข่ | ขรุขระเล็กน้อย | เขียว |
| เอ.034 | รูปทรงยาว | ขรุขระเล็กน้อย | เขียว |

### *III.II การเรียนรู้เชิงลึก*

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [11] ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในหลายสาขาและในด้านการวิจัย เช่น ทางการแพทย์ การจดจำภาพ การวิเคราะห์ข้อความ เป็นต้น ซึ่งหลักการเรียนรู้เชิงลึกเกิดจากโครงข่ายประสาทเทียม ที่ประกอบด้วยเลเยอร์ที่ซ่อนอยู่หลาย ๆ ชั้น(Hidden Layer) รวมถึงชั้นนำเข้า (Input Layer) และชั้นนำออก (Output Layer) ดังรูปที่ 1 และใช้การประมวลผลแบบขนานให้สามารถประมวลผลลัพธ์ออกมาได้

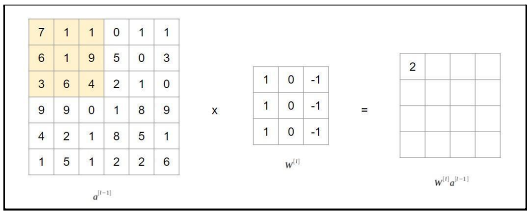



รูปที่ I. โครงสร้างการเรียนรู้เชิงลึก

*III.III โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน*

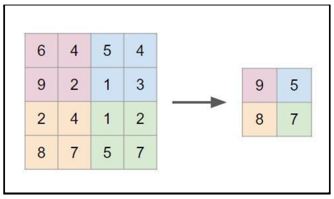
โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) [11] ถูกนำมาใช้ในรูปแบบโมเดลที่สามารถเรียนรู้และสกัดคุณลักษณะเด่น (Feature extraction) ของรูปภาพได้ด้วยตัวเองซึ่งข้อดีของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันคือโมเดลจะสามารถเรียนรู้และเลือกลักษณะเด่นของภาพได้ดีกว่ามนุษย์ จึงทำให้ผลจากการประมวลผลมีความแม่นยำมากกว่า ซึ่งรูปภาพที่เข้า CNN จะถูกแปลงมาเป็นเมทริกซ์ โดยโครงสร้างของ CNN จะประกอบไปด้วยการทำงานหลัก ๆ 2 ประเภท คือ ชั้นคอนโวลูชั่น (Convolutional layer) และชั้นพูลิ่ง (Pooling layer)

ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional layer) [12] ทำหน้าที่สกัดเอาส่วนต่างๆ ของภาพออกมาโดยหาจำนวนผลลัพธ์ของนิวรอล (Neuron) ที่เชื่อมต่อจากพื้นที่ส่วนย่อย ๆ ของภาพด้วยวิธีการคอนโวลูชัน (Convolution) เพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้ลักษณะของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ ดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2. การคำนวนด้วยวิธีการคอนโวลูชัน

ชั้นพูลลิ่ง (Pooling layer) [12] เป็นการสกัดเอาส่วนที่สำคัญที่สุดของข้อมูล โดยจะนำค่าสูงสุดของช่องเก็บไว้ในส่วนนำออก (Output) เรียกว่าค่าสูงสุดพูลลิ่ง (Max Pooling) ดังรูปที่ 3.

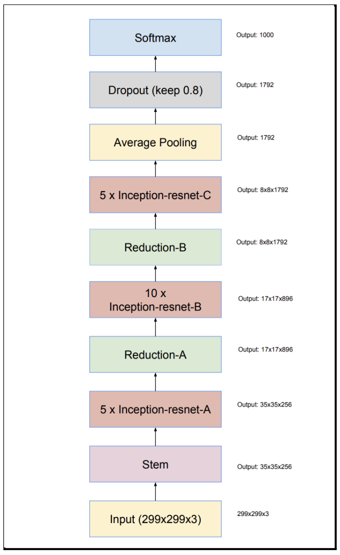


รูปที่ 3. การหาค่าสูงสุดพูลลิ่ง

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอการจำแนกอะโวกาโดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและทำการศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้ลักษณะของโครงสร้างที่ต่างกัน 6 โครงสร้าง ประกอบด้วย InceptionResNetV2, InceptionV3, DenseNet121, DenseNet169, VGG16 และ VGG19

*III.III.I InceptionResNetV2*

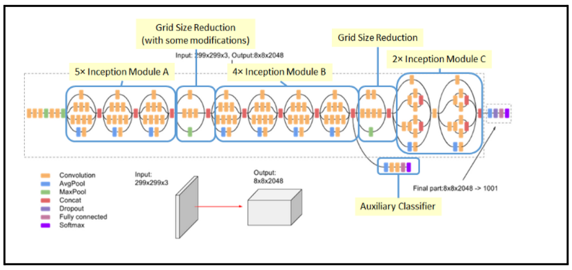
InceptionResNetV2 [13] เป็นสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ดังรูปที่ 4. ถูกพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานระหว่างโครงสร้าง Inception และ Residual ซึ่งใน Inception-Resnet block มี convolutional filters หลายขนาดเชื่อมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการคำนวณ




รูปที่ 4. โครงสร้าง InceptionResNetV2 [13]

*III.III.II InceptionV3*

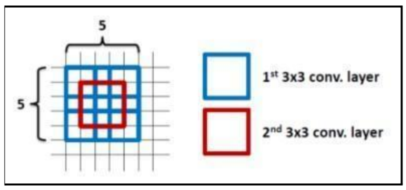
InceptionV3 [14] เป็นสถาปัตยกรรมที่ได้รับการพัฒนาโดย Google ซึ่งพัฒนาต่อยอดจาก InceptionV1 และ InceptionV2 โดยมีการลดโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 5. จึงทำให้ InceptionV3 มีพารามิเตอร์ลดลงจากเดิมแต่ยังคงมีประสิทธิภาพที่สูงโดยการปรับปรุงลด convolutions และ maxpooling จากเดิมที่เป็น 5x5 และ 3x3 เป็น convolutions 3x3 และ maxpooling 2x2




รูปที่ 5. โครงสร้าง InceptionV3 [14]

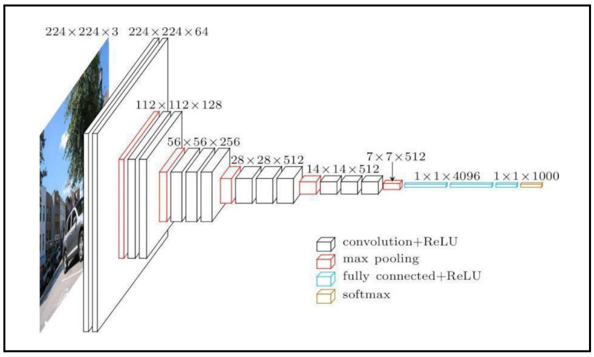
*III.III.III VGG*

VGG (Visual Geometry Group) [15] เป็นสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้ฟิลเตอร์ 3x3 แทนการใช้ฟิลเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้ฟิลเตอร์ 3x3 2 ชั้น จะสามารถครอบคลุมพื้นที่ 5x5 แสดงดังรูปที่ 6.



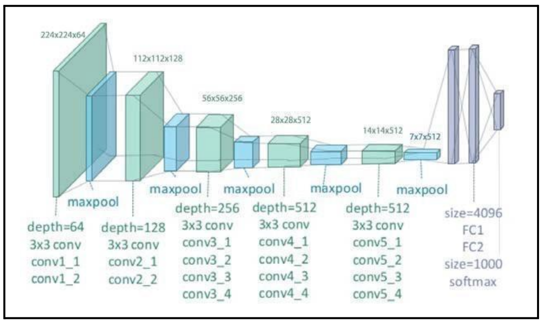

รูปที่ 6. ฟิลเตอร์ 3×3 2 ชั้นครอบคลุมพื้นที่ 5×5

โดยหากใช้ฟิลเตอร์ 3x3 3 ชั้น จะสามารถครอบคลุมพื้นที่ 7x7 ดังนั้นจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ฟิลเตอร์ขนาดใหญ่และจะสามารถช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์ให้น้อยลงได้ ซึ่ง VGG16 หมายถึง มีชั้นน้ำหนักลึก 16 ชั้น แสดงดังรูปที่ 7.




รูปที่ 7. โครงสร้าง VGG16 [15] [16]

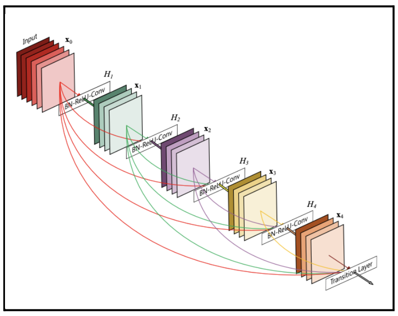
VGG19 เป็นสถาปัตยกรรมที่พัฒนามาจาก VGG16 ซึ่งมีชั้นน้ำหนักลึก 19 ชั้น แสดงดังรูปที่ 8.




รูปที่ 8. โครงสร้าง VGG19 [15] [17]

*III.III.IV DenseNet*

DenseNet(Dense Convolutional Network) [18] มีแนวคิดมาจาก ResNet ซึ่งมี Dense block ที่มีความซับซ้อนมากกว่า Residual block ของ ResNet โดยที่ DenseNet มีจำนวนพารามิเตอร์น้อยกว่า ResNetและยังให้ความแม่นยำที่ดีกว่า โดยเชื่อมต่อกับชั้นอื่นๆแบบ Feed forward ดังรูปที่ 9. ซึ่ง DenseNet มีหลายโครงสร้าง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้ DenseNet121 และ DenseNet169 ที่ถูกออกแบบให้มีจำนวนชั้น 121 และ 169 ตามลำดับ



รูปที่ 9. การเชื่อมกันของแต่ละชั้นของ DenseNet [18]

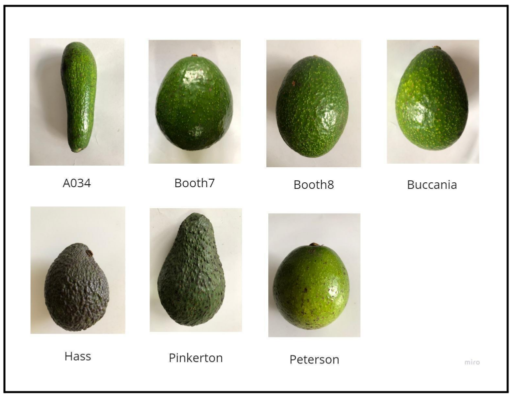
*III.IV การถ่ายโอนการเรียนรู้*

การถ่ายโอนข้อมูล (Transfer Learning) [19] เป็นเทคนิคที่เป็นที่นิยมมากเนื่องจากช่วยให้สามารถฝึกอบรมโครงข่ายประสาทเทียม ที่มีข้อมูลขนาดเล็กอีกทั้งช่วยลดเวลาในการเรียนรู้ของโมเดล โดยจะนำบางส่วนของโมเดลที่ผ่านการเรียนรู้ชุดข้อมูลมาแล้ว (Pre-trained Model) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลใหม่ที่จะสร้าง เพื่อนำมาเป็นโมเดลตั้งต้น (Base Model) และแทนที่ชั้นสุดท้ายของแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลใหม่

## IV. วิธีดำเนินการวิจัย

*IV.I การเก็บรวบรวมข้อมูล*

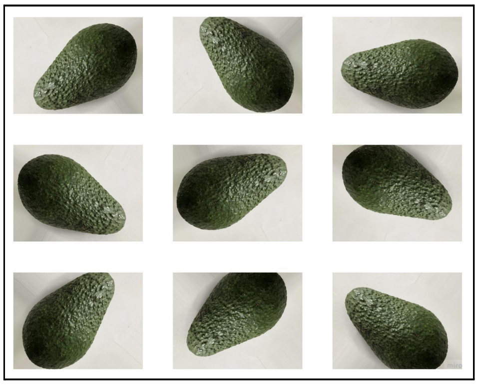
ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายอะโวกาโด จำนวน 7 พันธุ์ คือ พันธุ์บูช7, พันธุ์บูช8, พันธุ์แฮส, พันธุ์พิ้งเคอร์ตัน, พันธุ์บัคคาเนีย, พันธุ์ปีเตอร์สัน และ พันธุ์เอ.034 ดังรูปที่ 10. พันธุ์ละ 1,200 ภาพ ทั้งหมดจำนวน 8,400 ภาพ




รูปที่ 10. ตัวอย่างภาพถ่ายอะโวกาโด จำนวน 6 พันธุ์

*IV.II การเตรียมภาพถ่ายอะโวกาโด*

การเตรียมภาพถ่ายอะโวกาโด ใช้เทคนิคในการเพิ่มข้อมูลในการเรียนรู้ (Augmented Data) ด้วยวิธีในการประมวลผลภาพ (Image Processing) ประกอบด้วย การหมุนภาพ การพลิกแนวนอนและการพลิกแนวตั้ง ดังรูปที่ 11. เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณภาพอีกทั้งอ่านและปรับขนาดภาพเป็น 224*224 พิกเซล สำหรับนำไปใช้ในการสร้างโมเดล



รูปที่ 11. การเตรียมภาพถ่ายอะโวกาโด

*IV.III การแบ่งชุดข้อมูล*

หลังจากเตรียมภาพถ่ายอะโวกาโด ทำการแบ่งชุดข้อมูลภาพถ่ายเป็น 3 ส่วน คือ ชุดข้อมูลฝึกสอน ชุดข้อมูลตรวจสอบและชุดข้อมูลทดสอบ โดยแบ่ง ชุดข้อมูลฝึกสอน 64% ชุดข้อมูลทดสอบ 20% และชุดข้อมูลตรวจสอบ 16% ดังตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. การแจกแจงชุดข้อมูล

| **พันธุ์** | **ข้อมูลฝึกสอน (ภาพ)** | **ข้อมูลทดสอบ (ภาพ)** | **ข้อมูลตรวจสอบ (ภาพ)** | **จำนวนทั้งหมด (ภาพ)** |
|---|---|---|---|---|
| บัคคาเนีย | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| แฮส | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| พิ้งเคอร์ตัน | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| ปีเตอร์สัน | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| บูซ 7 | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| บูซ 8 | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| เอ.034 | 768 | 240 | 192 | 1,200 |
| รวม | 5,376 | 1,680 | 1,344 | 8,400 |

*IV.IV ฝึกสอนโมเดล*

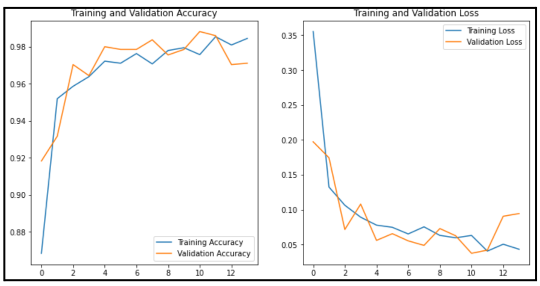
ในส่วนของการฝึกสอนโมเดลเริ่มจากการสร้างโมเดล CNN 2 ชั้น โดยใช้ Adam (Adaptive Moment Estimation) เป็น optimizer เมื่อทำการสร้างโมเดลแล้ว จะทำการถ่ายโอนการเรียนรู้โดยใช้แอพพลิเคชัน Keras เป็นโมเดลที่ผ่านการเรียนรู้ชุดข้อมูลมาแล้ว ซึ่งจะตัดส่วนท้ายของโมเดลและใส่โมเดลที่เราได้สร้างเข้าไปแทนที่ โดยจะใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันจำนวน 6 โครงสร้างประกอบด้วย InceptionResNetV2, InceptionV3, DenseNet121, DenseNet169, VGG16 และ VGG19 โดยกำหนดพารามิเตอร์ฝึกสอนโมเดล ดังตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. แสดงพารามิเตอร์ฝึกสอนโมเดล

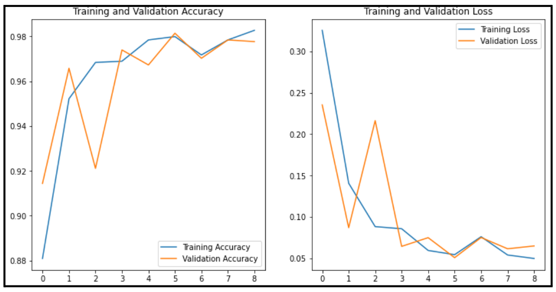
| **Parameters** | **Value** |
|---|---|
| Optimizer | Adam |
| No of Classes | 7 |
| Color | RGB |
| Input Image Size | 224×224 |
| Batch sizes | 32 |
| Learning rate | 0.0001 |
| Training set size | 4,608 |
| Validation set size | 1,152 |
| Test set size | 1,440 |

*IV.V การทดสอบและการประเมินโมเดล*

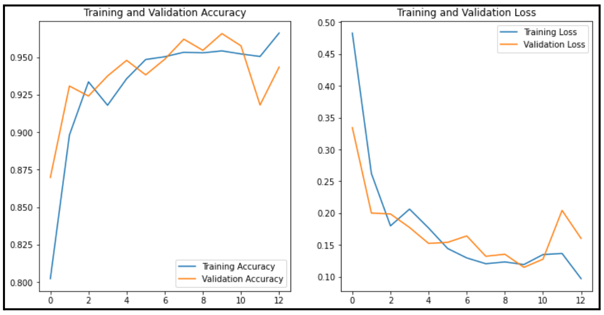
หลังจากฝึกสอนโมเดลจะทำการทดสอบโมเดลโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบและหาค่าความถูกต้อง ใช้ไลบารี่ Sklearn เพื่อคำนวณ Confusion Metrix , Precision , Recall , F1-Score และค่าความถูกต้องของแต่ละโมเดล ดังรูปที่ 12. - 17. สำหรับทำการเปรียบเทียบโมเดลแต่ละโครงสร้าง



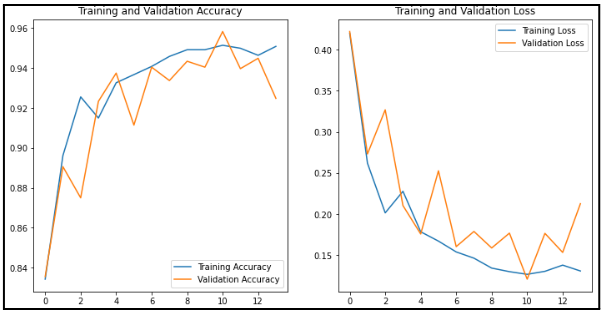

รูปที่ 12. กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ DenseNet121



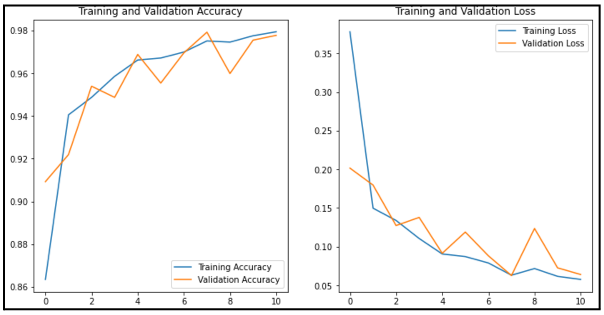

รูปที่ 13. กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ DenseNet169



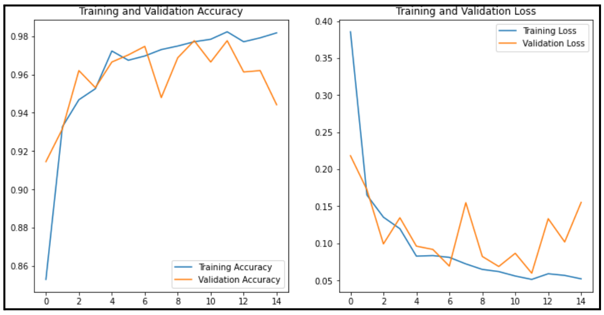

รูปที่ 14. กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ InceptionResNetV2




รูปที่ 15. กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ InceptionV3




รูปที่ 16. กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ VGG16



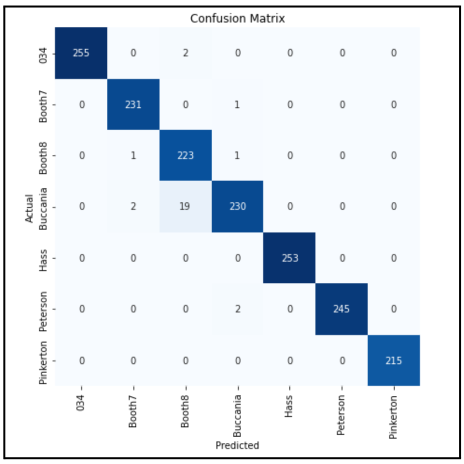

รูปที่ 17. กราฟแสดง Accuracy และ Loss ของ VGG19

## V. ผลการวิจัย

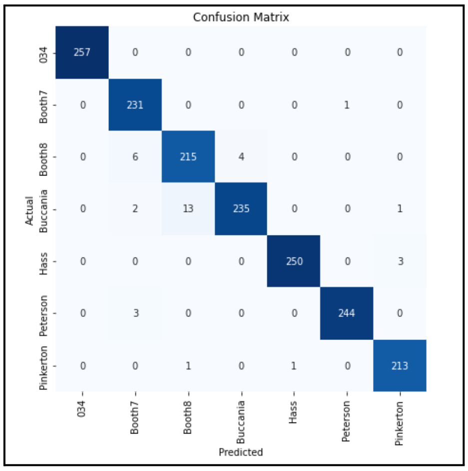
จากการวิจัยหลังจากที่ฝึกสอนโมเดลและทำการประเมินโมเดล โดยการหาเมทริกซ์ Precision, F1 Score, Recall, Confusion Metrix และค่าความแม่นยำ ซึ่งผลจากการทดสอบ เป็นดังตารางที่ 4. DenseNet121 มีค่าความแม่นยำมากที่สุดคือ 98.33% แต่ค่า Precision, F1 Scoreและ Recall ของ VGG19 มีค่าเท่ากับ DenseNet121 เช่นกัน ดังนั้น DenseNet121 มีค่าความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาคือ VGG19 มีค่าความแม่นยำคือ 97.92% ดังรูปที่ 18. และรูปที่ 19. ที่แสดง Confusion Matrix ของ DenseNet121 และ VGG19 ตามลำดับ

ตารางที่ 4. แสดงผลการเปรียบเทียบโมเดล

| Model | Accuracy (%) | Precision | Recall | F1 Score |
|---|---|---|---|---|
| DenseNet121 | 98.33 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| DenseNet169 | 97.32 | 0.98 | 0.97 | 0.97 |
| InceptionResNetV2 | 96.61 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| InceptionV3 | 94.46 | 0.95 | 0.94 | 0.94 |
| VGG16 | 97.26 | 0.97 | 0.97 | 0.97 |
| VGG19 | 97.92 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |




รูปที่ 18. Confusion Matrix (DenseNet121)




รูปที่ 19. Confusion Matrix (VGG19)

## VI. สรุป

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างแบบ InceptionResNetV2, InceptionV3, DenseNet121, DenseNet169, VGG16 และVGG19 สำหรับจำแนกอะโวกาโด จำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์บูธ7, พันธุ์บูธ8, พันธุ์แฮส, พันธุ์พิ้งเคอร์ตัน, พันธุ์บัคคาเนีย, พันธุ์ปีเตอร์สัน และ พันธุ์เอ.034 จากผลการทดลองพบว่าโครงสร้างแบบ DenseNet121 มีค่าความแม่นยำมากที่สุดคือ 98.33% รองลงมาคือ VGG19 มีค่าความแม่นยำคือ 97.92% ดังนั้นโครงสร้างแบบ DenseNet121 เหมาะสำหรับนำไปใช้เพื่อจำแนกอะโวกาโด เนื่องจากมีค่าความถูกต้องที่สูงและยังช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้

## เอกสารอ้างอิง


[1] เรืองศักดิ์ กมขุนทด และพิมพ์นิภา เพ็งช่าง, “อะโวคาโด,” 1991.

[2] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016.

[3] Mohammed N. Abu Alqumboz and Samy S. Abu-Naser, “Avocado Classification Using Deep Learning,” *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER),* vol. 3, no.12, pp. 30-34, December 2019.

[4] Lim MG, Chuah JH. “Durian Types Recognition Using Deep Learning Techniques.” *2018 9th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, 2018.

[5] N. Alipour, O. Tarkhaneh, M. Awrangjeb, and H. Tian, “Flower Image Classification Using Deep Convolutional Neural Network.” *2021 7th International Conference on Web Research (ICWR) IEEE*, 2021.

[6] F. Islam, M. N. Hoq, and C. M. Rahman, “Application of Transfer Learning to Detect Potato Disease from Leaf Image.” *2019 IEEE International Conference on Robotics, Automation, Artificial-intelligence and Internet-of-Things (RAAICON)*, 2019.

[7] P. Bansal, R. Kumar, and S. Kumar, “Disease Detection in Apple Leaves Using Deep Convolutional Neural Network.” *Agriculture*, vol. 11, no. 7, pp. 617, 2021.

[8] V. V. Srinidhi, A. Sahay, and K. Deeba, “Plant Pathology Disease Detection in Apple Leaves Using Deep Convolutional Neural

Networks : Apple Leaves Disease Detection using EfficientNet and DenseNet.” *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC) IEEE*, 2021.

[9] K. Phengchang, P. Suvittawat,K. Komkhuntod, and R. Komkhuntod, “A Study on Characteristics of Avocado Cultivars for Breeding Utilization,” *Agricultural Science Journal 50*, pp.225-228, 2019.

[10] ขวัญหทัย ทนงจิตร, รักเกียรติ ชอบเกื้อ และ องอาจ หาญชาญเลิศ, “พันธุ์อะโวคาโดในสถานวิจัยปากช่อง,” *นิทรรศการงานวิจัย บนเส้นทางงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 2011.

[11] I. H. Sarker, “Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions.” 2021, doi: 10.20944/preprints202108.0060.v1.

[12] S. Albawi, T. A. Mohammed, and S. Al-Zawi, “Understanding of a convolutional neural network.” *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET) IEEE*, 2017.

[13] C. Szegedy, S. Ioffe, V. Vanhoucke, and A. Alemi, “Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning”. *AAAI*, pp. 4278-4284, 2017.

[14] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, and Z. Wojna, “Rethinking the inception architecture for computer vision,” *arXiv preprint arXiv arXiv:1512.00567*, 2015.

[15] Simonyan K and Zisserman, “A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” *arXiv preprint arXiv arXiv:1409.1556*, 2014.

[16] A. Garcia-Garcia, S. Orts-Escolano, S. Oprea, V. Villena-Martinez, and J. Garcia-Rodriguez, “A Review on Deep Learning Techniques Applied to Semantic Segmentation,” *arXiv preprint arXiv:1704.06857*, 2017.

[17] Y. Zheng, C. Yang, and A. Merkulov, “Breast Cancer Screening Using Convolutional Neural Network and Follow-up Digital Mammography,” *Computational Imaging III*, May 2018.

[18] G. Huang, Z. Liu, L. Van Der Maaten, and K. Q. Weinberger, “Densely Connected Convolutional Networks.” *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017.

[19] K. Weiss, T. M. Khoshgoftaar, and D. Wang, “A survey of transfer learning.” *Journal of Big Data*, vol. 3, no. 1, 2016.

# การออกแบบเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง

# Web Design for Thai Digital Content Business in Character Industry, Intellectual Property Owner


ธีรภัทร ร่มรื่นสุขารมย์
Thiraphat Romruensukharom
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น*
*Faculty of Information Technology*
*Thai – Nichi Institute of Technology*
Bangkok, Thailand
ro.thiraphat_st@tni.ac.th

นิติรัตน์ ตัณฑเวช
Nitirat Tanthavech
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น*
*Faculty of Information Technology*
*Thai – Nichi Institute of Technology*
Bangkok, Thailand
nitirat@tni.ac.th



***บทคัดย่อ* — เว็บไซต์เป็นช่องทางการสื่อสารสำคัญที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการประชาสัมพันธ์และสร้างการเติบโตให้กับธุรกิจคาแรคเตอร์ โดยที่เจ้าของธุรกิจสามารถนำเสนอเนื้อหาที่ต้องการได้อย่างอิสระ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบเว็บไซต์ สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง โดยยึดผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางเพื่อสร้างประสบการณ์ในการใช้งานที่ดีอันจะนำไปสู่การประชาสัมพันธ์และการทำการตลาดที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดำเนินการวิจัยการออกแบบโดยการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 30 คน และเว็บไซต์คู่แข่งในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง**

***ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการนำเสนอคาแรคเตอร์กับข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความกระชับเข้าใจง่าย และขั้นตอนการสั่งซื้อสินค้าที่ไม่ซับซ้อน เมื่อทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ที่ออกแบบ ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจและใช้งานเว็บไซต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อเว็บไซต์ที่ออกแบบ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งาน ด้านการนำเสนอเนื้อหา ด้านความน่าเชื่อถือ และด้านความน่าสนใจ ในภาพรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 4 ด้าน***



***คำสำคัญ — ดิจิทัลคอนเทนต์, คาแรคเตอร์ไทย, ทรัพย์สินทางปัญญา, การออกแบบเว็บไซต์, ประสบการณ์ผู้ใช้งาน***



***ABSTRACT — Website is the key communication channel that reduces expenses in public relations and supports Thai character business growth without the limitation of content creation. This research presents the design of website for Thai digital content business in character industry, intellectual property owner, based on creating a good user experience that will lead to more effective public relations and marketing. Analysis of user requirements from purposive sampling of 30 key informants and business competitor websites was used in this design research.***

***The results showed that most users focus on concise character presentation, creator information and uncomplicated shopping process. Usability test of the prototype revealed that the users could access the website efficiently. The assessment of user satisfaction in 4 areas : usability, content, reliability and interesting appeared that the users had the highest level of satisfaction in all areas.***



***Keywords — Digital Content, Thai Character, Intellectual Property, Web Design, User Experience***


## I. บทนำ

ดิจิทัลคอนเทนต์ (Digital Content) เป็นหนึ่งในแนวคิดเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Creative Economy) ซึ่งถือเป็น Soft Power ที่มีบทบาทต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างมากในปัจจุบัน จากข้อมูลผลการสำรวจอุตสาหกรรมดิจิทัล ระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2563 ของสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล [1,2,3] พบว่าผู้ผลิตดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์มีแนวโน้มเติบโตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การแข่งขันสูงขึ้นตามไปด้วย การนำเสนอคาแรคเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลต่อภาพลักษณ์และการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย โดยธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์นั้นมีปัจจัยลบด้านค่าใช้จ่ายในการประชาสัมพันธ์และการทำการตลาดภายในประเทศ ซึ่งเกิดจากความนิยมคาแรคเตอร์และการพึ่งพาแพลตฟอร์มที่มาจากต่างประเทศ ส่งผลให้การบริโภคที่เกิดขึ้นเป็นการจ่ายเงินออกนอกประเทศ ทำให้ผู้ประกอบการไทยเสียโอกาสในการขยายตลาด เธียรทศ [4] กล่าวว่าในการสื่อสารการตลาดผ่าน “การ์ตูน” ที่เหมาะสมกับประเทศไทยนั้นควรเพิ่มช่องทางการสื่อสารตัวการ์ตูนผ่านเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ถี่และหลากหลาย รุยาภรณ์ [5] กล่าวถึง แนวทางสำหรับการใช้และพัฒนาทรัพยากร Soft Power ว่าควรใช้ประโยชน์จากสื่อสังคมออนไลน์ในการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ประเทศไทยในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการจัดทำเว็บไซต์และช่องทางสื่อสังคมที่ผู้ชมทั่วโลกสามารถเข้าถึงและมีปฏิสัมพันธ์ได้ทันที จากข้อมูลผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย

ปี พ.ศ. 2563 [6] พบว่า คนไทยใช้อินเทอร์เน็ตเฉลี่ยวันละ 11 ชั่วโมง 25 นาที เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 ถึง 1 ชั่วโมง 3 นาที ซึ่งเว็บไซต์ถือเป็นหนึ่งในสินทรัพย์ดิจิทัล (Digital Assets) ที่สามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ตและสร้างความประทับใจให้กับผู้ใช้งานได้ตั้งแต่ครั้งแรก การศึกษาของ Lindgaard *et al.* [7] สรุปได้ว่าคนใช้เวลาเพียง 0.05 วินาที ในการตัดสินใจว่าเว็บไซต์นั้นดีหรือไม่ โดยสิ่งที่คนรับรู้ได้ในช่วงเสี้ยววินาทีแรกนั้นล้วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบ การนำเสนอคาแรคเตอร์ผ่านเว็บไซต์ที่มีการออกแบบที่ดีจึงเป็นโอกาสในการสร้างความน่าเชื่อถือและการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การมีเว็บไซต์เป็นของตนเองนั้นยังทำให้ผู้ประกอบการสามารถนำเสนอเนื้อหา (Content) ต่าง ๆ ได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายในการจ้างทำประชาสัมพันธ์และเพิ่มโอกาสให้ลูกค้าสามารถเข้าถึงธุรกิจจากโปรแกรมค้นหา (Search Engine) ได้มากกว่าสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานเว็บไซต์ดิจิทัลคอนเทนต์ไทยเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง (IP Owner) หรือผู้ประกอบการที่เป็นผู้สร้างคาแรคเตอร์ของตนเองเพื่อการประชาสัมพันธ์และการทำการตลาดที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## II. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เว็บไซต์เป็นสิ่งที่ธุรกิจควรให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น เนื่องจากเป็นสินทรัพย์ดิจิทัลที่เจ้าของธุรกิจสามารถควบคุมทุกอย่างได้ ปัจจุบันการออกแบบเว็บไซต์กลายเป็นมากกว่ารูปลักษณ์ เพราะทุกองค์ประกอบล้วนส่งผลต่อความรู้สึกและความประทับใจแรก (First Impression) ของผู้ใช้งาน แม้ว่าการออกแบบและองค์ประกอบจะมีความสำคัญ แต่เนื้อหาก็เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้คนเข้าชมเว็บไซต์ตั้งแต่แรก จึงทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบเว็บไซต์ด้วยแนวทางเนื้อหาเป็นอันดับแรก (Content – First Approach) ทุกเนื้อหาภายในเว็บไซต์ต้องได้รับการจัดระเบียบและลำดับให้อยู่ในตำแหน่งที่มีความเหมาะสมและพร้อมต่อการใช้งานผ่านกระบวนการออกแบบด้วยการวิเคราะห์ความต้องการและการทดสอบโดยผู้ใช้งานจริงตามแนวคิดกระบวนการในการพัฒนาเว็บไซต์ของ ธวัชชัย [8] โดยประสบการณ์ผู้ใช้ คือ ผลลัพธ์จากการรับรู้ อารมณ์ความรู้สึก ทัศนคติและการตอบสนองของบุคคลเมื่อเกิดการปฏิสัมพันธ์ สุวิมล [9] กล่าวว่า การวิจัยประสบการณ์ผู้ใช้ เป็นการศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจสาเหตุ อารมณ์ พฤติกรรม ความต้องการ แรงจูงใจในการใช้งาน ทำให้ได้ข้อมูลที่ถ่ายทอดมาจากประสบการณ์ตรงที่ผู้ใช้งานเคยมีหรือประสบในระหว่างการใช้งานจึงทำให้ได้ข้อมูลที่มีความลึกซึ้งกว่าวิธีอื่น โดยสามารถทำการเก็บรวบรวมข้อมูลได้หลากหลายวิธีการ เช่น การสัมภาษณ์ การสังเกต การสนทนากลุ่ม หรือการศึกษาจากเอกสารส่วนตัวจากนั้นทำการสรุปสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยประสบการณ์ผู้ใช้งานมาปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนเอง ซึ่งประสบการณ์ของผู้ใช้งานถือเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของส่วนประสมทางการตลาดแบบใหม่ (4E) ที่ได้พัฒนามาจากส่วนประสมทางการตลาดแบบเดิม (4P) ประกอบด้วย การมอบประสบการณ์ (Experience) การสร้างคุณค่า (Exchange) ช่องทางการจัดจำหน่าย (Everywhere) และการเผยแพร่ (Evangelism) รุ่งนภา และประพล [10] กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาดแบบใหม่มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความพึงพอใจในการใช้งานบริการแอพพลิเคชั่นทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม ผ่านการรับรู้ตราสินค้า ดังนั้นผู้พัฒนาควรคำนึงถึงการมอบประสบการณ์ที่ดี การสร้างคุณค่าเพิ่มช่องทางในการจัดจำหน่ายและการเผยแพร่ให้เหมาะสม รวมถึงการสร้างการรับรู้ตราสินค้าเพื่อให้ผู้ใช้บริการจดจำสินค้าได้อันนำไปสู่ความพึงพอใจในแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้บริการที่เกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน โดยเฉพาะ ความน่าเชื่อถือ (Credibility) สุพิทย์ [11] กล่าวว่า การประชาสัมพันธ์องค์กรหรือส่วนบุคคลโดยนำเสนอเผยแพร่ผ่านเครือข่ายสื่อออนไลน์เป็นไปอย่างแพร่หลายและรวดเร็วโดยพบว่าปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ประกอบด้วย ความรู้สึกอยู่ในโลกของความเป็นจริง (Real – world feel) ใช้งานง่าย (Ease of use) เป็นผู้ชำนาญการ (Expertise) ความไว้เนื้อเชื่อใจ (Trustworthiness) เอาใจใส่ต่อผู้เยี่ยมชมแต่ละราย (Tailoring) และปัจจัยที่ทำให้ความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ลดลงประกอบด้วย การมีลักษณะเพื่อการค้า (Commercial implications) ความเป็นมือสมัครเล่น (Amateurism)

## III. วิธีการดำเนินการวิจัย

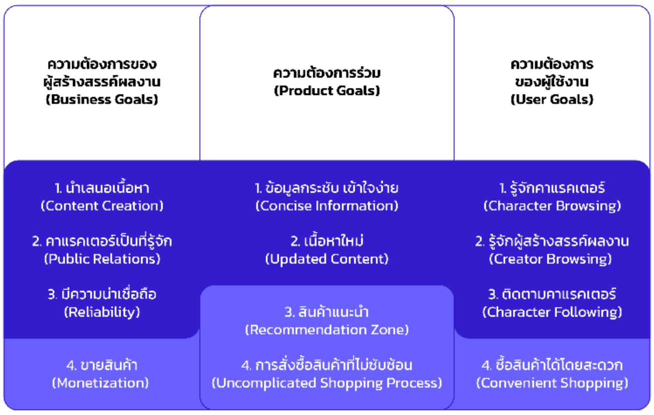
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยการออกแบบ (Design Research) อาศัยหลักการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) โดยยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User – Centered Design) คัดเลือกผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informant) โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้งานเว็บไซต์ดิจิทัลคอนเทนต์ไทย และเต็มใจในการให้ข้อมูล แบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 20 คน แบ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้งานเว็บไซต์ดิจิทัลคอนเทนต์ไทย 17 คน และผู้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความสนใจในการสร้างเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง 3 คน การศึกษาความต้องการพื้นฐานใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In – depth Interview) แล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic Analysis) ตามวิธีของ Braun & Clarke [12] จากนั้นนำแก่นสาระที่ได้มาสร้างเป็นเนื้อหาขั้นพื้นฐาน แล้วนำมาศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมโดยการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการด้วยวิธีการเรียงไพ่ (Card Sorting) เพื่อจัดเรียงและจัดลำดับเนื้อหาที่จะใช้ในการนำเสนอบนเว็บไซต์ร่วมกับการศึกษาวิเคราะห์การใช้งาน จุดเด่น จุดด้อย ของเว็บไซต์คู่แข่ง (Competitive Analysis) ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาปรับปรุงการออกแบบเว็บไซต์ หลังจากนั้นวิเคราะห์รูปแบบโครงร่างเว็บไซต์ด้วยการออกแบบแผนผังเว็บไซต์ (Site Map) พร้อมกับเส้นทางการทำงาน (Task Flow) และเส้นทางของผู้ใช้งาน (User Flow) โดยกำหนดเป้าหมายการทำงานหลักของเว็บไซต์ 2 เป้าหมาย ได้แก่ 1. นำเสนอเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับคาแรคเตอร์ 2. จำหน่ายสินค้าภายใต้แบรนด์คาแรคเตอร์ เพื่อสร้างเป็นโครงร่างของเว็บไซต์ (Mid – Fidelity Wireframe) แล้วนำโครงร่างดังกล่าวไปทดสอบการใช้งาน (Usability Test) ตามเป้าหมายการทำงานที่ได้กำหนดไว้เพื่อตรวจสอบหาข้อผิดพลาดในการใช้งาน ในขั้นตอนสุดท้าย นำข้อผิดพลาดจากการทดสอบการใช้งานโครงร่างเว็บไซต์มาปรับปรุงการออกแบบเพื่อพัฒนาเป็นเว็บไซต์ต้นแบบ (Prototype) จากนั้นนำเว็บไซต์ต้นแบบที่ได้ไปทำการทดสอบการใช้งานอีกครั้งหนึ่งพร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผ่านการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

โดยมีค่าความเที่ยงตรงมากกว่า 0.66 ในทุกข้อคำถาม กับผู้ใช้งาน 30 คน ใช้รูปแบบคำถามวัดความคิดเห็นเป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Scale) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้ค่าคะแนนเฉลี่ยในการแปลความหมาย ดังนี้

| **คะแนนเฉลี่ย** | **ความหมาย** |
|---|---|
| 4.21 – 5.00 | เห็นด้วยมากที่สุด |
| 3.41 – 4.20 | เห็นด้วยมาก |
| 2.61 – 3.40 | เห็นด้วยปานกลาง |
| 1.81 – 2.60 | เห็นด้วยน้อย |
| 1.00 – 1.80 | เห็นด้วยน้อยที่สุด |

## IV. ผลการดำเนินงาน

การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการขั้นพื้นฐานและความต้องการร่วมของผู้ใช้งานและผู้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความสนใจในการสร้างเว็บไซต์ พบว่า ผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับการทำความรู้จักคาแรคเตอร์ ผู้สร้างสรรค์ผลงาน การติดตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและความสะดวกสบายในการซื้อสินค้า ในขณะที่ผู้สร้างสรรค์ผลงานมุ่งเน้นการนำเสนอคาแรคเตอร์ของตนเองให้เป็นที่รู้จัก มีความน่าเชื่อถือ เพื่อนำไปสู่การสร้างรายได้ผ่านการขายสินค้า เกิดเป็นความต้องการร่วมของผู้ใช้งานและผู้สร้างสรรค์ผลงาน ได้แก่ 1. การนำเสนอที่กระชับเข้าใจง่าย 2. เนื้อหาใหม่ 3. สินค้าแนะนำ 4. การสั่งซื้อสินค้าที่ไม่ซับซ้อน (รูปที่ I)




รูปที่ I. ความต้องการร่วมของผู้ใช้งานและผู้สร้างสรรค์ผลงาน

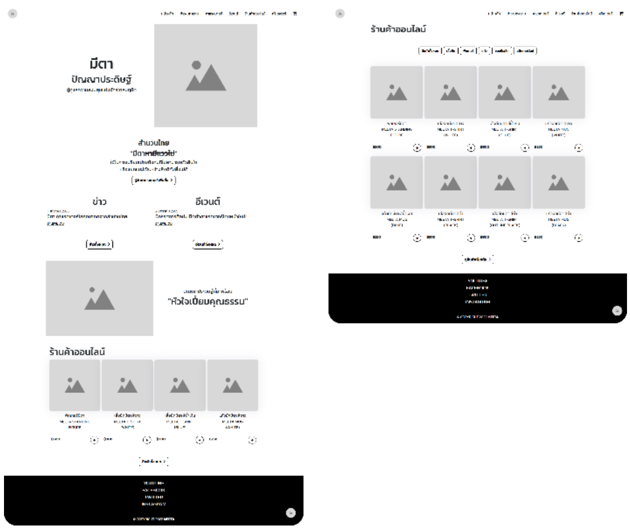
เมื่อสร้างเนื้อหาขั้นพื้นฐานตามแก่นสาระที่วิเคราะห์ได้มาศึกษาข้อมูลความต้องการเพิ่มเติมผ่านการประชุมเชิงปฏิบัติการ สามารถจัดเรียงลำดับเนื้อหาที่จะนำมาแสดงในแต่ละหน้าบนเว็บไซต์ได้ตามตารางที่ I

ตารางที่ I. ผลวิเคราะห์การจัดเรียงลำดับเนื้อหาที่นำมาแสดงบนเว็บไซต์

| ลำดับ | ระบบนำทาง (Navigation Bar) | เนื้อหาที่นำเสนอ (Content) |
|---|---|---|
| 1 | หน้าหลัก (Home) | เนื้อหาทั้งหมดของเว็บไซต์ในภาพรวม |
| 2 | ข่าว / บทความ (News) | ข่าวและบทความที่เกี่ยวข้องกับคาแรคเตอร์ |
| 3 | คาแรคเตอร์ (Character) | เนื้อเรื่อง การออกแบบและภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับคาแรคเตอร์ |
| 4 | ร้านค้าออนไลน์ (Online Shop) | เสนอขายสินค้าภายใต้แบรนด์คาแรคเตอร์ |
| 5 | อีเวนต์ (Event) | ประชาสัมพันธ์การจัดแสดงงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคาแรคเตอร์ |
| 6 | ครีเอเตอร์ (Creator) | ข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงาน |

การวิเคราะห์เว็บไซต์คู่แข่งในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า เว็บไซต์ส่วนใหญ่มีจุดเด่น คือ มีรูปแบบเว็บไซต์ที่เรียบง่ายส่งผลให้คาแรคเตอร์มีความโดดเด่น มีเส้นทางการทำงานที่ชัดเจนโดยมุ่งเน้นไปที่การขายสินค้าพร้อมทั้งมีการนำเสนอข้อมูลรายละเอียดของสินค้าที่ครบถ้วน แต่มีจุดด้อย คือ มีลักษณะการเป็นเว็บไซต์เชิงพาณิชย์มากเกินไปและต้องค้นหาเว็บไซต์อย่างเป็นทางการ (Official website) เพื่อเข้าถึงข้อมูลส่วนที่เป็นเนื้อเรื่อง (Story) ของคาแรคเตอร์

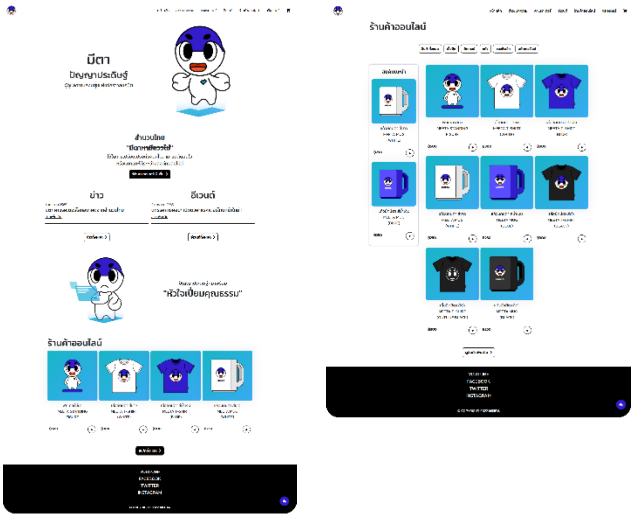
โครงร่างเว็บไซต์ (รูปที่ II) ที่ได้ทำการออกแบบจากการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานและการวิเคราะห์เว็บไซต์คู่แข่งในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องโดยยึดหลัก Minimum Variable Product (MVP) และ Responsive Web Design เมื่อนำมาทดสอบการใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานบางท่านยังมีความสับสนในการเข้าถึงหน้าเว็บเพจตามเป้าหมาย เนื่องจากรูปแบบของปุ่มที่มีลักษณะเหมือนกันทั้งหมดทำให้ขาดจุดนำสายตาในการใช้งาน




รูปที่ II. ตัวอย่างโครงร่างเว็บไซต์ที่ออกแบบจากการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานและเว็บไซต์คู่แข่งในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงการออกแบบใหม่ โดยใช้แนวทางตามงานวิจัยของ Flavian *et al.* [13] ในด้านภาพรวมของเว็บไซต์ ออกแบบหน้าเว็บเพจข่าวและบทความโดยอ้างอิงรูปแบบเว็บบล็อก ออกแบบพื้นที่ในการแนะนำสินค้าโดยอ้างอิงงานวิจัยของ Sulikowski & Zdziebko [14] ออกแบบหน้าเว็บเพจอีเวนต์โดยอ้างอิงรูปแบบอินโฟกราฟิกลำดับเวลา (Timeline) เพื่อพัฒนาเป็นเว็บไซต์ต้นแบบ (รูปที่ III) ที่ตอบโจทย์ต่อความต้องการร่วมของ

ทั้งผู้ใช้งานและผู้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความสนใจในการสร้างเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเองมากยิ่งขึ้น



รูปที่ III. ตัวอย่างเว็บไซต์ต้นแบบ

ผลการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ต้นแบบ พบว่า ผู้ใช้งานใช้ระยะเวลาในการเข้าถึงหน้าเว็บเพจที่มีการนำเสนอข้อมูลของคาแรคเตอร์ (เป้าหมายที่ 1) เฉลี่ย 14.38 วินาที และใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อสินค้าที่กำหนดจนจบกระบวนการ (เป้าหมายที่ 2) เฉลี่ย 98.38 วินาที (ตารางที่ II)

ตารางที่ II. ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเข้าถึงหน้าเว็บเพจตามเป้าหมาย เมื่อทำการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ต้นแบบ

| **เป้าหมายการทดสอบ** | **ค่าเฉลี่ย (วินาที)** |
|---|---|
| เป้าหมายที่ 1 | 14.38 |
| เป้าหมายที่ 2 | 98.38 |

การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานด้านต่าง ๆ ของเว็บไซต์ต้นแบบ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในด้านการใช้งาน (Usability) ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ 4.63 อันเป็นผลมาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ร่วมกันทั้งความชัดเจนของข้อความ เครื่องหมายและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ความเหมาะสมของรูปแบบ ขนาดของตัวอักษรและความหนาแน่นของตัวอักษร โดยเฉพาะการจัดวางรูปแบบที่เป็นระเบียบ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม พร้อมต่อการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.60) และการเชื่อมโยงหน้าเว็บไซต์ที่มีความสะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ (ค่าเฉลี่ย 4.60) ซึ่งส่งผลให้เกิดความเหมาะสมของระยะเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (ค่าเฉลี่ย 4.47) และลำดับขั้นตอนในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า (ค่าเฉลี่ย 4.43) โดยการมีปฏิสัมพันธ์และการเปลี่ยนผ่านขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์เป็นสิ่งที่เข้ามาส่งเสริมความต่อเนื่องในการใช้งานเว็บไซต์ (ตารางที่ III)

ตารางที่ III. ความพึงพอใจด้านการใช้งานของเว็บไซต์ต้นแบบ

| **รายการ** | **ค่าเฉลี่ย** | **S.D.** | **เห็นด้วย** |
|---|---|---|---|
| **ด้านการใช้งาน (Usability)** | | | |
| ข้อความ เครื่องหมายและสัญลักษณ์ต่าง ๆ สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน | 4.40 | 0.62 | มากที่สุด |
| การจัดวางรูปแบบเว็บไซต์เป็นระเบียบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและพร้อมต่อการใช้งาน | 4.60 | 0.56 | มากที่สุด |
| รูปแบบและขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม | 4.30 | 0.75 | มากที่สุด |
| ความหนาแน่นของตัวอักษรมีความเหมาะสม | 4.27 | 0.58 | มากที่สุด |
| การเชื่อมโยงหน้าเว็บไซต์สะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ | 4.60 | 0.56 | มากที่สุด |
| ลำดับขั้นตอนในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้ามีความเหมาะสม | 4.43 | 0.63 | มากที่สุด |
| ความเหมาะสมของระยะเวลาในการเข้าถึงข้อมูล | 4.47 | 0.63 | มากที่สุด |
| การมีปฏิสัมพันธ์และการเปลี่ยนผ่านขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ส่งผลต่อความต่อเนื่องในการใช้งาน | 4.30 | 0.53 | มากที่สุด |
| ความง่ายต่อการใช้งาน | 4.63 | 0.49 | มากที่สุด |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **4.44** | **0.59** | **มากที่สุด** |

ในด้านการนำเสนอเนื้อหา (Content) ในภาพรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะเนื้อเรื่องของคาแรคเตอร์มีความกระชับเข้าใจง่ายและภาพประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ 4.60 ทั้งสองประเด็น รองลงมา คือ ข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงานมีความครบถ้วน การลำดับเนื้อหามีความเหมาะสมและเนื้อหาในแต่ละหน้าเว็บเพจมีความครบถ้วนสมบูรณ์ ตามลำดับ (ตารางที่ IV)

ตารางที่ IV. ความพึงพอใจด้านการนำเสนอเนื้อหาของเว็บไซต์ต้นแบบ

| **รายการ** | **ค่าเฉลี่ย** | **S.D.** | **เห็นด้วย** |
|---|---|---|---|
| **ด้านการนำเสนอเนื้อหา (Content)** | | | |
| เนื้อหาในแต่ละหน้าเว็บเพจมีความครบถ้วน สมบูรณ์ | 4.13 | 0.57 | มาก |
| การลำดับเนื้อหามีความเหมาะสม | 4.33 | 0.61 | มากที่สุด |
| เนื้อเรื่องของคาแรคเตอร์มีความกระชับเข้าใจง่าย | 4.60 | 0.56 | มากที่สุด |
| ภาพประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา | 4.60 | 0.62 | มากที่สุด |
| ข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงานมีความครบถ้วน | 4.40 | 0.62 | มากที่สุด |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **4.41** | **0.60** | **มากที่สุด** |

ด้านความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของเว็บไซต์ ผู้ใช้ก็มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ 4.57 อันเป็นผลมาจากข้อมูลของคาแรคเตอร์ (ค่าเฉลี่ย 4.33) และข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงาน (ค่าเฉลี่ย 4.40) ที่ส่งเสริมให้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น (ตารางที่ V)

ตารางที่ V. ความพึงพอใจด้านความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ต้นแบบ

| รายการ | ค่าเฉลี่ย | S.D. | เห็นด้วย |
|---|---|---|---|
| **ด้านความน่าเชื่อถือ (Reliability)** | | | |
| ข้อมูลของคาแรคเตอร์ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ | 4.33 | 0.66 | มากที่สุด |
| ข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงานส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ | 4.40 | 0.67 | มากที่สุด |
| ความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า | 4.57 | 0.63 | มากที่สุด |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **4.43** | **0.65** | **มากที่สุด** |

นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังมีความพึงพอใจในด้านความน่าสนใจ (Interesting) ของเว็บไซต์ในระดับมากที่สุดด้วย โดยเฉพาะการเปลี่ยนผ่าน (Transition) ขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ช่วยเพิ่มความน่าสนใจและน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ 4.63 รองลงมา คือ การมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ต่อผู้ใช้งานช่วยเพิ่มความน่าสนใจและน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น (ค่าเฉลี่ย 4.57) และคาแรคเตอร์มีความโดดเด่น น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.30) ตามลำดับ (ตารางที่ VI)

ตารางที่ VI. ความพึงพอใจด้านความน่าสนใจของเว็บไซต์ต้นแบบ

| รายการ | ค่าเฉลี่ย | S.D. | เห็นด้วย |
|---|---|---|---|
| **ด้านความน่าสนใจ (Interesting)** | | | |
| คาแรคเตอร์มีความโดดเด่นน่าสนใจ | 4.30 | 0.70 | มากที่สุด |
| การมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ต่อผู้ใช้งานช่วยเพิ่มความน่าสนใจและน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น | 4.57 | 0.50 | มากที่สุด |
| การเปลี่ยนผ่าน (Transition) ขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ช่วยเพิ่มความน่าสนใจและน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น | 4.63 | 0.56 | มากที่สุด |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **4.50** | **0.59** | **มากที่สุด** |

## V. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่ต้องการศึกษาข้อมูลเชิงลึกจากกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการใช้งานเว็บไซต์ดิจิทัลคอนเทนต์ไทยซึ่งมีพฤติกรรมใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิดความอิ่มตัวของข้อมูลทางทฤษฎี [15] ที่สัมภาษณ์เพียง 10 – 20 ราย ผลการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการนำเสนอคาแรคเตอร์และข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความกระชับเข้าใจง่าย การอัพเดทข่าวสารภายในเว็บไซต์ การนำเสนอสินค้าที่มีความโดดเด่นและขั้นตอนการสั่งซื้อสินค้าที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งจากการศึกษาวิจัยของ Bucko & Kakalejcik [16] ได้จัดประเทศไทยไว้ในกลุ่มที่ 3 ที่เน้นว่าควรให้ความสำคัญกับการใช้งานของผู้ใช้งานเว็บไซต์ในกลุ่มนี้ เนื่องจากมีความเป็นไปได้สูงที่ผู้ใช้งานจะออกจากเว็บไซต์จากประสบการณ์ในการใช้งานที่ไม่ดีที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการซื้อสินค้าออนไลน์

การทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ต้นแบบสำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจถึงการใช้งานเว็บไซต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดความเหมาะสมของระยะเวลาในการทดสอบการใช้งานตามเป้าหมายที่กำหนด

การประเมินความพึงพอใจเว็บไซต์ ในภาพรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการใช้งาน ความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ร่วมกันจะนำไปสู่ความง่ายต่อการใช้งาน โดยเฉพาะการจัดวางรูปแบบที่เป็นระเบียบ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม พร้อมต่อการใช้งานและการเชื่อมโยงหน้าเว็บไซต์ที่มีความสะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการจะส่งผลให้เกิดความเหมาะสมของระยะเวลาในการเข้าถึงข้อมูลลำดับขั้นตอนในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ มิลตรา และปวีณา [17] ที่รายงานว่า ผู้ประกอบการในธุรกิจออนไลน์ควรเน้นการปรับปรุงเว็บไซต์ในด้านการเชื่อมโยง โดยออกแบบช่องทางในการค้นหาข้อมูลภายในเว็บไซต์หรือแอพพลิเคชั่นให้มีความสะดวกสบายและง่ายต่อการใช้งานของผู้บริโภคอันจะนำไปสู่การตัดสินใจซื้อสินค้าในเวลาต่อมา และจากการศึกษาของ อาภาภรณ์ [18] พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับรูปแบบของเว็บไซต์ที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ขายมีความสะดวกในการค้นหาสินค้าหรือข้อมูล รายละเอียดของสินค้าที่ครบถ้วนรวมทั้งระบบการสั่งซื้อสินค้าของเว็บไซต์ที่ไม่ยุ่งยาก 2. ด้านการนำเสนอเนื้อหา เนื้อหาในแต่ละหน้าเว็บเพจมีความครบถ้วนสมบูรณ์ โดยเฉพาะเนื้อเรื่องของคาแรคเตอร์ที่มีความกระชับ เข้าใจง่าย ทั้งการลำดับเนื้อหาที่มีความเหมาะสมและภาพประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา ซึ่งงานวิจัยของ มิลตรา และปวีณา [17] ก็สรุปว่า ผู้ประกอบการในธุรกิจออนไลน์ควรเน้นการปรับปรุงเว็บไซต์ในด้านเนื้อหาด้วย โดยมีรายละเอียดที่ถูกต้อง ครบถ้วน 3. ด้านความน่าเชื่อถือ ความเหมาะสมของข้อมูลของคาแรคเตอร์และข้อมูลของผู้สร้างสรรค์ผลงานนำไปสู่ความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า สอดคล้องกับการศึกษาของ สุภัสสร และภิเษก [19] ซึ่งกล่าวว่า ควรให้ความสำคัญเรื่องความน่าเชื่อถือ โดยการจัดให้เว็บไซต์มีเบอร์ติดต่อ มีที่อยู่ที่ชัดเจนและมีคำอธิบายสินค้าอย่างละเอียดมากขึ้นรวมถึงการจัดให้มีช่องทางการส่งมอบสินค้าที่น่าเชื่อถือและไว้ใจได้ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจจนเกิดความเชื่อมั่นในการซื้อสินค้าและเกิดความภักดีต่อสินค้า 4. ด้านความน่าสนใจ การมีปฏิสัมพันธ์และการเปลี่ยนผ่านขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ช่วยเพิ่มความน่าสนใจและน่าใช้งานให้กับเว็บไซต์มากยิ่งขึ้น ทำให้คาแรคเตอร์มีความโดดเด่น น่าสนใจมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย

การออกแบบเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง จึงควรออกแบบให้ใช้งานง่าย (Experience) ผ่านการนำสายตา (Call to Action) ด้วยรูปแบบปุ่มที่มีความแตกต่างจากปุ่มอื่น ๆ ภายในเว็บไซต์เดียวกัน เช่น การใช้สี การใส่แอนิเมชั่น เพื่อให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน โดยมุ่งเน้นการนำเสนอคาแรคเตอร์ให้มีความโดดเด่น ระบบการสั่งซื้อสินค้ามีกระบวนการไม่ซับซ้อน สรุปใจความสำคัญในเนื้อเรื่องของคาแรคเตอร์ให้มีความกระชับ เข้าใจง่าย (Exchange) และขั้นตอนในการสั่งซื้อสินค้าไม่ควรเกิน 5 ขั้นตอน เนื่องจากกระบวนการซื้อสินค้าเป็นส่วนสำคัญที่จะส่งผลต่อความสำเร็จของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ [13] ทั้งยังมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภคที่จะส่งผลให้ผู้บริโภคมีความ

ต้องการที่จะกลับมาซื้อสินค้าหรือใช้บริการอีกครั้ง [18] โดยเนื้อหาด้านข่าวสารและอีเวนต์เป็นประเด็นรองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเคลื่อนไหวของธุรกิจและเกิดความแนบเนียน (Evangelism) ในการขายสินค้าซึ่งจะส่งผลให้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นทั้งยังไม่ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกขาดความเชื่อถือ [11] จากลักษณะของการเป็นเว็บไซต์เชิงพาณิชย์มากเกินไปทำให้เว็บไซต์ (Everywhere) มุ่งเน้นไปที่การสร้างคุณค่าและส่งมอบประสบการณ์อันดีที่จะตอบโจทย์ต่อความต้องการร่วมของทั้งผู้ใช้งานและผู้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความสนใจในการสร้างเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเอง

จากผลการวิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบเว็บไซต์สำหรับธุรกิจดิจิทัลคอนเทนต์ไทย สาขาคาแรคเตอร์ ประเภทผู้ผลิตที่มีทรัพย์สินทางปัญญาเป็นของตนเองสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยรูปแบบที่มีองค์ประกอบรองรับส่วนประสมทางการตลาดรูปแบบใหม่ (4E) ซึ่งจะช่วยนำไปสู่การพัฒนาเว็บไซต์ที่เข้าใกล้ความสอดคล้องของตลาดและสินค้า (Product Market Fit) มากยิ่งขึ้น โดยผู้สร้างสรรค์ผลงาน (Creators) หรือผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบเว็บไซต์สำหรับคาแรคเตอร์ของตนเองหรือการประชาสัมพันธ์จังหวัดด้วยคาแรคเตอร์ดังเช่นตัวอย่างคาแรคเตอร์ คุมะมงของจังหวัดคุมะโมโตะ ประเทศญี่ปุ่น [20] หรืออาจนำไปปรับใช้กับโครงการประกวดแข่งขันคาแรคเตอร์ต่าง ๆ ของไทยในการจัดทำกลยุทธ์ทางการตลาดโดยใช้สื่ออย่างสร้างสรรค์ [21] เพื่อเป็นการเปิดโอกาสที่จะก่อให้เกิดการนำมาซึ่งการสร้างรายได้สู่ประเทศทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ส่งเสริมทรัพยากร Soft Power ของไทยต่อไป

## เอกสารอ้างอิง


[1] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2562). ผลการสำรวจข้อมูลและประเมินสถานภาพอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ ปี 2560. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.depa.or.th/th/article-view/digital-content-2560

[2] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2563). ผลการสำรวจข้อมูลและประเมินสถานภาพอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ ปี 2561 – 2562. [ออนไลน์] แหล่งที่มา :https://www.depa.or.th/storage/app/media/file/PressConferenceDepaIMC-DC-BD-20201109.pdf

[3] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2564). ผลการสำรวจข้อมูลและประเมินสถานภาพอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ ปี 2563. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.depa.or.th/storage/app/media/file/depa_Digital-Content-2021_Preess-Con.pdf

[4] เธียรทศ ประพฤติชอบ, "การ์ตูน สื่อที่จับตา มาพร้อมมูลค่าที่จับใจ", *วารสารการสื่อสารและการจัดการ นิด้า*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า 1 – 13, มกราคม - เมษายน, 2558.

[5] รุยาภรณ์ สุคนธทรัพย์, "การบริหารจัดการทรัพยากร Soft Power ของไทย", *วารสารรัฏฐาภิรักษ์*, ปีที่ 60, ฉบับที่ 3, หน้า 48 – 55, กันยายน – ธันวาคม, 2561.

[6] สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2564). รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในประเทศไทยปี 2563. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.etda.or.th/th/Useful-Resource/publications/Thailand-Internet-User-Behavior-2020_Slides.aspx

[7] G. Lindgaard, G. Fernandes, C. Dudek and J. Brown, "Attention web designers : You have 50 milliseconds to make a good first impression!", *Behaviour & Information Technology*, vol. 25, no. 2, pp. 115 – 126, March – April 2006, doi: 10.1080/01449290500330448.

[8] ธวัชชัย ศรีสุเทพ. *คัมภีร์ Web Design คู่มือออกแบบเว็บไซต์ฉบับมืออาชีพ*. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2544, 302 หน้า.

[9] สุวิมล ว่องวาณิชย์, "บรรยากาศโรงเรียน : การพัฒนาเครื่องมือวัดในมุมมองของครู โดยใช้การวิจัยประสบการณ์ผู้ใช้", *วารสารวิธีการวิจัย*, ปีที่ 31 ฉบับที่ 2, หน้า 171 – 202, พฤษภาคม – สิงหาคม, 2561.

[10] รุ่งนภา สมสกุล และ ประพล เปรมทองสุข, "อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของส่วนประสมทางการตลาดแบบใหม่ที่มีต่อความพึงพอใจในการใช้บริการแอปพลิเคชั่นซื้อสินค้าออนไลน์", *วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 19 - 31, กรกฎาคม - ธันวาคม, 2562.

[11] สุพิทย์ กาญจนพันธุ์, *ความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์*, กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีการศึกษาและการพัฒนาสังคม, 2550.

[12] V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology", *Qualitative Research in Psychology*, vol. 3, no. 2, pp. 77 - 101, January 2006, doi: 10.1191/1478088706qp063oa.

[13] C. Flavian, R. Gurrea and C. Orus, "Web design : A key factor for the website success", *Journal of Systems and Information Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 168 – 184, May 2009, doi: 10.1108/13287260910955129.

[14] P. Sulikowski and T. Zdziebko, "Horizontal vs. vertical recommendation zones evaluation using behavior tracking", *Applied Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 56 - 65, December 2020, doi: 10.3390/app11010056.

[15] Boddy, C. R., "Sample size for qualitative research", *Qualitative Market Research : An International Journal*, vol. 19, no. 4, pp. 426 – 432, 2016.

[16] J. Bucko and L. Kakalejcik, "Website usability and user experience during shopping online from abroad", *Journal of Applied Economic Sciences*, vol. 13, no.5, pp. 1237 – 1245, October 2018, doi: 10.15240/tul/001/2018-3-013.

[17] มิลตรา สมบัติ และ ปวีณา คำพุกกะ, "อิทธิพลขององค์ประกอบเว็บไซต์ (7C's) ที่มีต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านอินเทอร์เน็ต", *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 3, หน้า 61 – 72, กันยายาน – ธันวาคม, 2561.

[18] อาภาภรณ์ วัธนกุล, "ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านทางเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมของประเทศไทย", สารนิพนธ์ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการตลาด, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.

[19] สุภัสสร ศรีมนตรี และ ภิเษก ชัยนิรันดร์, "ปัจจัยที่ส่งผลต่อความภักดีของลูกค้าในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์", *วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2, หน้า 151 – 166, กรกฎาคม - ธันวาคม 2558.

[20] กะรัตเพชร บุญชูวิทย์ และ วรัชญ์ ครุจิต, "การศึกษาการสื่อสารแบรนด์ของคุมะมงผ่านสื่อออนไลน์", *วารสารการสื่อสารและการจัดการ นิด้า*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 43 – 61, มกราคม – เมษายน, 2561.

[21] U. Boonsinsook, "Character licensing and the digital path to monetization, case studies from Thai creators", *Executive Journal*, vol. 39, no. 1, pp.12 – 23, January – June 2562.

# ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-BOOK)ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

# FACTORS INFLUENCING THE BUYING DECISION ON ELECTRONIC BOOKS(E-BOOK)IN APPLICATION MEB OF CONSUMERS, BANGKOK METROPOLITAN REGION

1st รุจิรดา หงวนไธสง
Rujirada gunthaisong
*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*
Ng.rujirada_st@tni.ac.th

2nd อัจฉริยา สุขเกษม
Atchariya Sukasam
*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*
Su.atchariya_st@tni.ac.th

3rd อัชญา กล้าเวช
Achaya Klavaech
*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*
achaya@tni.ac.th

4th ประสิทธิ์ พงศ์ดำรง
Prasit Pongdamrong
*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*
prasit@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การศึกษาวิจัยเรื่อง “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ใน Application Meb ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล”วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคปัจจัยทางด้านการตลาด7p และลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออีบุ๊กในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ คณะผู้วิจัยได้จัดเก็บข้อมูลตัวอย่างจำนวน 463 คน

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านลักษณะทางประชากรศาสตร์ทั้งส่งผลต่อผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้ออีบุ๊กที่แตกต่างกันในส่วนของปัจจัยลักษณะส่วนประสมทางการตลาด7p ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ ได้แก่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ในการสามารถอ่านตัวอย่าง e-book ได้หลายตอนส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ ปัจจัยด้านราคาที่ราคาไม่สูงช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ปัจจัยด้านการใช้งานและการจัดเก็บที่อีบุ๊กจะช่วยปัญหาด้านการจัดเก็บ ปัจจัยด้านกระบวนการที่มีความสะดวกรวดเร็วง่ายต่อใช้งาน ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายที่มีความเข้าถึงได้ง่ายและรวดเร็วปัจจัยด้านบุคลากรและความคาดหวังที่จะไม่เกิดปัญหาใดๆที่ไม่พึงประสงค์จากการเลือกตัดสินใจเลือกซื้ออีบุ๊กแทนหนังสือด้วยการได้รับการดูแลตอบสนองจากบุคลากรได้ดีและ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดปัจจัยด้าน

นักเขียนและสำนักพิมพ์ปัจจัยด้านเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานได้สะดวกและปัจจัยด้านรูปแบบและความน่าสนใจพบว่าไม่ส่งผลการตัดสินใจซื้ออีบุ๊กในแอปพลิเคชั่นMEB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

***คำสำคัญ*** แอพพลิเคชั่นMEB ,การตัดสินใจซื้อ, อีบุ๊ก, ปัจจัยด้านลักษณะประชากรศาสตร์, ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 7P

## *ABSTRACT*

**The Research studied "Factors Affecting Consumer's Decision to Buy Electronic Books on Application MEB in Bangkok Metropolitan Region" The objective was to study Consumer's Marketing Mix(7P). The samples are anyone living in Bangkok Metropolitan Region who uses MEB application. The simple selection method is sampling on 463 people by questionnaire. The result shows that the factors of marketing mix are effect to consumer's decision buying e-books ; A reasonable price, easily access and store the books, Samples preview for any books, simple using and distribution. Factors affecting the group of people who read e-books in the MEB application tend to use the same direction. Therefore, the purchasing decisions are not very different. And there are factors in various fields Which had a statistically significant effect on consumer decision to buy e-books in MEB application.**

***Keywords*—**Marketing Mix Factor 7P, MEB Applications, Purchasing decisions, e-books, demographic factors

## 1) บทนำ

เนื่องจากภาครัฐต้องการสนับสนุนให้สังคมไทยกลายเป็นสังคมดิจิทัล ได้มีการจัดทำแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พ.ศ. 2559 โดยมุ่งเน้นให้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้นในการทำงานของทั้งเอกชนและภาครัฐ จึงได้มีการกำหนดกรอบยุทธศาสตร์การพัฒนา 6 ด้าน คือ 1. พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลประสิทธิภาพสูงให้ครอบคลุมทั่วประเทศ 2. ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล 3. สร้างสังคมคุณภาพด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล 4. ปรับเปลี่ยนภาครัฐสู่การเป็นรัฐบาลดิจิทัล 5. พัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจ และสังคมดิจิทัล 6. สร้างความเชื่อมั่นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อมุ่งหวังให้เกิดพัฒนาทางเศรษฐกิจและสร้างโอกาสทางสังคมอย่างเท่าเทียมด้วยข้อมูลข่าวสารการบริการต่างๆผ่านสื่อดิจิทัลเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในประเทศ

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ หรือ อีบุ๊ก (Electronic book : e-book) คือ หนังสือที่ได้ถูกสร้างขึ้น จากคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมมีลักษณะเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยเป็นไฟล์ข้อมูลที่สามารถอ่าน ผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น e-reader iPad Tablet Smartphone เครื่องคอมพิวเตอร์ (PC Notebook) หรือ เครื่องอ่านหนังสือ อิเล็กทรอนิกส์ (e-book reader) เป็นต้น ความหมายตามศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถานว่าอีบุ๊กเป็น “สิ่งพิมพ์ซึ่งเก็บอยู่ ในรูปแบบที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำไปใช้งานได้” ประโยชน์ของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์คือ ผู้ใช้จะสามารถเข้าไปอ่านได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องเดินทางไปซื้อหนังสือจากร้าน หรือห้องสมุด การอ่านอีบุ๊กอาจต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในบางกรณี ปัจจุบันได้มีเผยแพร่ในรูปแบบของอีบุ๊กเป็นที่นิยมมากขึ้นกับสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ทั้งอีบุ๊กที่ไม่เคยมีฉบับพิมพ์มาก่อนยังได้รับการผลิต (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2554)

ในยุคปัจจุบันซึ่งเป็นยุคที่เข้าสู่ดิจิทัลจะพบว่าการอ่านหนังสือเป็นเล่มนั้นพบเห็นได้น้อยลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ก็ไม่ได้หมายความคนสมัยนี้จะอ่านหนังสือน้อยลงแต่ผู้คนนั้นปรับตัวให้ทันยุคสมัยส่งผลให้จากที่อ่านหนังสือเป็นเล่มกระดาษก็อ่านหนังสือผ่านทางโทรศัพท์สมาร์ทโฟนไม่ว่าจะเป็นนิตยาสารบทความต่างๆทางสื่อโซเชียลมีเดียหรือกระทั่งอีบุ๊กซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของ Application Meb ได้แก่ กลุ่มผู้บริโภคเพศหญิงมีอาชีพส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษาส่วนใหญ่รายรับต่อเดือนอยู่ระหว่าง 12,001-19,000 บาทซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้Application Mebเป็นแอปพลิเคชั่นอันดับ 1 สำหรับซื้อและขายอีบุ๊คมีหนังสือในระบบราว 70,000 เล่มผู้ใช้บริการกว่า 1.5 ล้านคนยอดขายปี 350 ล้านบาทลูกค้า 2 ล้านคนในส่วนของแนวโน้มตลาดอีบุ๊กของประเทศไทยมีรายงานคาดการณ์ว่าหนังสือแบบรูปเล่มก็ยังมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีแต่ลดลง 1.3% เช่นเดียวกับส่วนแบ่งการตลาดของอีบุ๊กที่จะเพิ่มเป็น

14.1% ในปี 2565 (SALIKA,2562) MEB เป็นช่องทางการสร้างรายได้จากการขายหนังสือบนอุปกรณ์เพราะนอกจากอีบุ๊กจะไม่ได้ส่งผลกระทบต่อธุรกิจหนังสือยังอาจช่วยในการส่งเสริมธุรกิจเป็นช่องทางสำหรับอนาคตของผู้ผลิต (ผู้เขียน) ตัวแทนและผู้จัดจำหน่าย (เว็บไซต์ขายอีบุ๊กออนไลน์/สำนักพิมพ์) อีบุ๊กยังเข้าถึงได้ง่ายสะดวกรวดเร็วเป็นการสร้างสังคมการอ่านผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการอ่านและช่วยเพิ่มโอกาสให้คนไทยอ่านหนังสือมากยิ่งขึ้น

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

*2.1) เพื่อสำรวจพฤติกรรมการตัดสิ้นใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ในApplication Meb* ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

*2.2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านประชากรศาสตร์กับการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์*ในApplication Meb ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

*2.3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) กับการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์*ใน Application Meb ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3) วิธีดำเนินงานวิจัย

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากร (Population) เป็นกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยครั้งนี้ คือ ประชากรที่เคยอ่านและซื้ออีบุ๊กใน application MEB ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยเลือกเก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มประชากรเป้าหมายแบบไม่ใช้หลักความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) ใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) และใช้การกำหนดขนาดของตัวอย่างโดยใช้รูปแบบกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร ภายใต้สมมติฐานข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) โดยกำหนดระดับความแปรปรวนสูงสุด คือ p = 50% หรือ 0.5 และ q =50% หรือ 0.5 กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ที่ 5% หรือ 0.05 คำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมใช้สูตรของคอแครน (Cochran) เท่ากับ 385 คน อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดจากการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยจึงจัดทำแบบสอบถามเพิ่มอีก 5% รวมขนาดตัวอย่างเท่ากับ 405 ตัวอย่าง เก็บได้จริง 463 ตัวอย่าง

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย*

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) เรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book) ใน application MEB ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เป็น เครื่องมือในการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยแบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำถามคัดกรอง และข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) ให้เลือกเพียง 1 คำตอบ

ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) และระดับการตัดสินใจ ซื้ออีบุ๊ก ได้แก่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ปัจจัยด้านช่อง ทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านบุคคล หรือพนักงานขององค์กร ปัจจัยด้านการสร้างและนำเสนอ ลักษณะทางกายภาพ และปัจจัยด้านกระบวนการในการจัดการสินค้าและบริการ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ อายุ เพศ อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และระดับการศึกษา ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบ ตรวจสอบรายการ ให้เลือกเพียง 1 คำตอบหรือระบุคำตอบอื่นๆ

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

โดยการใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างทำโดยตรง และดำเนินการส่งแบบสอบถามออนไลน์ผ่านแบบสอบถามผ่านทาง Social Network ได้แก่ Line Facebook twitter และ e-mail

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book) แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ เพศ รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา และอาชีพ โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่า ร้อยละ (Percentage)

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และการ ตัดสินใจซื้ออีบุ๊ก โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

4) ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การวิจัยเชิงปริมาณเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 463 คนเพื่อที่นำมาใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ค่าสถิติตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยโดยแบ่งผลของการวิเคราะห์ออกเป็นส่วนต่างๆจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่างโดยงานวิจัยครั้งนี้ได้ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาพิจารณาได้แก่อายุเพศระดับการศึกษาอาชีพรายได้เฉลี่ยต่อเดือนสามารถสรุปข้อมูลทางประชากรศาสตร์ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรสาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

| ลักษณะทางประชากรศาสตร์ | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 1. เพศ | | |
| หญิง | 232 | 50.1 |
| ชาย | 164 | 35.4 |
| เพศทางเลือก | 67 | 14.5 |
| | 463 | 100.0 |
| 2. อายุ | | |
| 15 - 25 ปี | 267 | 57.7 |
| 26 - 35 ปี | 115 | 24.8 |
| 36 - 45 ปี | 69 | 14.9 |
| 46 ปีขึ้นไป | 12 | 2.6 |
| | 463 | 100.0 |
| 3. ระดับการศึกษา | | |
| ต่ำกว่าปริญญาตรี | 195 | 42.1 |
| ปริญญาตรี | 227 | 49.0 |
| ปริญญาโท | 39 | 8.4 |
| ปริญญาเอก | 2 | 0.4 |
| | 463 | 100.0 |
| 4. อาชีพ | | |
| ลูกจ้าง/พนักงาน | 145 | 31.3 |
| บริษัทเอกชน | 41 | 8.9 |
| ข้าราชการ/พนักงาน | 24 | 5.2 |
| ราชการ | 68 | 14.7 |
| พนักงานรัฐวิสาหกิจ | 185 | 40.0 |
| /นักเรียน/นักศึกษา | | |
| | 463 | 100.0 |
| 5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน | | |
| ไม่เกิน 12,000 บาท | 135 | 29.2 |
| 12,001-19,000 บาท | 156 | 33.7 |
| 19,001-26,000 บาท | 98 | 21.2 |
| 26,001-33,000 บาท | 54 | 11.7 |
| 33,000 บาท ขึ้นไป | 20 | 4.3 |
| | 463 | 100.0 |

จากตารางที่ 1 พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างสามารถแบ่งได้เป็นเพศหญิงร้อยละ 50.1 เพศชายร้อยละ 35.4และเพศทางเลือกร้อยละ 14.5 โดยส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 15 - 25 ปีคิดเป็นร้อยละ 57.7 ระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 49 อาชีพส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 40 รายรับต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ 12,001-19,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 33.7

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัววัด

| ปัจจัย | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตฐาน | การแปลค่า |
|---|---|---|---|
| **1. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product)** | | | |
| 1.1 ท่านสามารถอ่านตัวอย่าง e-book ได้หลายตอนส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ | 4.99 | 0.464 | มากที่สุด |
| 1.2 ท่านคิดว่า e-book มีให้เลือกซื้อหลากหลายประเภทตามต้องการ | 4.30 | 0.846 | มากที่สุด |
| 1.3 ท่านคิดว่า e-book มีคำแนะนำเรื่องย่อคำนิยามมีการใช้ถ้อยคำสละสลวย | 4.16 | 0.883 | มาก |
| 1.4 ท่านคิดว่า e-book มีความพกพาสะดวกสามารถอ่านได้ทุกที่ทุกเวลา | 4.21 | 0.843 | มากที่สุด |
| 1.5 ท่านคิดว่าการเขียนมีความรู้ความสามารถส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ e-book | 4.13 | 0.866 | มาก |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **2. ปัจจัยด้านราคา (Price)** | | | |
| 2.1 ท่านคิดว่า e-book มีราคาถูกกว่าหนังสือเล่มกระดาษ | 4.10 | 0.863 | มาก |
| 2.2 ท่าคิดว่าราคาของ e-book มีความเหมาะสมกับคุณภาพของไฟล์ | 4.33 | 0.742 | มากที่สุด |
| 2.3 ท่านคิดว่าการซื้อ e-book ทำให้เกิดความประหยัดกว่าการไปร้านหนังสือ | 4.07 | 0.922 | มาก |
| **3.ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place)** | | | |
| 3.1 ท่านคิดว่าช่องทางการสั่งซื้อ e-book ใช้ง่าย | 4.12 | 0.870 | มาก |
| 3.2 ท่านคิดว่าช่องทางการสั่งซื้อ e-book รวดเร็วทันที | 4.37 | 0.785 | มากที่สุด |
| 3.3 e-book เป็นช่องทางที่เสถียรปลอดภัย | 4.14 | 0.861 | มาก |
| **4. ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion)** | | | |
| 4.1 ท่านคิดว่า Application มีโปรโมชั่นส่งเสริมการขายให้เลือกมากมาย | 4.03 | 0.836 | มาก |
| 4.2 ท่านคิดว่าช่องทางการติดต่อสื่อสารสำหรับนักอ่านและผู้แต่งสามารถติดต่อได้จริง | 4.30 | 0.849 | มากที่สุด |
| 4.3 ท่านคิดว่า Application mebมีการโฆษณาแนะนำ e-book ผ่านช่องทางออนไลน์ที่หลากหลาย | 4.10 | 0.880 | มาก |
| **5. ปัจจัยด้านบุคลากร (People)** | | | |
| 5.1 ท่านคิดว่าตอบคำถาม Application meb ตอบคำถาม และแก้ไขข้อข้องใจของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและเข้าใจง่าย | 4.05 | 0.851 | มาก |
| 5.2 พนักงาน Application meb มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของระบบสามารถตอบข้อซักถามต่างๆได้ดี | 4.34 | 0.827 | มากที่สุด |
| 5.3 พนักงานสามารถให้บริการได้อย่างมืออาชีพ | 4.07 | 0.851 | มาก |
| **6. ด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence)** | | | |
| 6.1 Application mebมีการจัดหมวดหมู่และจัดวางหนังสือที่ง่ายต่อการค้นหา | 4.20 | 0.794 | มาก |
| 6.2 Application mebมีรูปแบบสวยงาม น่าใช้บริการ | 4.33 | 0.814 | มากที่สุด |
| **7. ด้านกระบวนการ (Process)** | | | |
| 7.1การซื้อ e-book ไม่ต้องรอนานสามารถรับไฟล์รวดเร็วหลังการชำระเงิน | 4.06 | 0.847 | มาก |
| 7.2 ขั้นตอนการค้นหา การซื้อขาย ชำระเงินทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็วไม่มีปัญหาขัดข้อง | 4.26 | 0.838 | มากที่สุด |
| 7.3 e-book สามารถเชื่อมั่นสร้างความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัวได้ | 4.15 | 0.879 | มาก |
| **8. ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อ** | | | |
| 8.1 ถ้าท่านตัดสินใจอีกครั้งท่านจะเลือกซื้อe-book จาก Application meb | 4.10 | 0.846 | มาก |
| **8.2** การตัดสินใจใช้ Application mebเป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง | 4.30 | 0.816 | มากที่สุด |
| **8.3** ท่านจะแนะนำ Application mebแก่ผู้อื่น | 4.20 | 0.803 | มาก |

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาในแต่ละปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด สามารถสรุปผล การศึกษาของแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในการสามารถอ่านตัวอย่าง e-book ได้หลายตอนส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.99 : เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น ว่า e-book มีให้เลือกซื้อหลากหลายประเภทตามต้องการ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.30 : เห็นด้วยมากที่สุด)

ปัจจัยด้านราคา พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องราคาของ e-book มีความเหมาะสมกับคุณภาพของไฟล์ มาก (ค่าเฉลี่ย 4.33 : เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น e-book มีราคาถูกกว่าหนังสือเล่มกระดาษ (ค่าเฉลี่ย 4.10 : เห็นด้วยมาก)

ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องช่องทางการสั่งซื้อ e-book

รวดเร็วทันที มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.37: เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น ช่องทางการสั่งซื้อ e-book ใช้ง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.12: เห็นด้วยมาก)

ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องช่องทางการติดต่อสื่อสารสำหรับนักอ่านและผู้แต่งสามารถติดต่อได้จริง มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.30: เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น Application meb มีการโฆษณาแนะนำ e-book ผ่านช่องทางออนไลน์ที่หลากหลาย (ค่าเฉลี่ย 4.10: เห็นด้วยมาก)

ปัจจัยด้านบุคคล พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่อง2 พนักงาน Application meb มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของระบบสามารถตอบข้อซักถามต่างๆได้ดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.34 : เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น พนักงานสามารถให้บริการได้อย่างมืออาชีพ (ค่าเฉลี่ย 4.07 : เห็นด้วยมาก)

ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่อง2 Application meb มีรูปแบบสวยงาม น่าใช้บริการ (ค่าเฉลี่ย 4.33: เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น Application meb มีการจัดหมวดหมู่และจัดวางหนังสือที่ง่ายต่อการค้นหา (ค่าเฉลี่ย 4.20: เห็นด้วยมากที่สุด)

ปัจจัยด้านกระบวนการ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องขั้นตอนการค้นหา การซื้อขาย ชำระเงินทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็วไม่มีปัญหาขัดข้อง มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.26 : เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น e-book สามารถเชื่อมั่นสร้างความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัวได้ (ค่าเฉลี่ย 4.15: เห็นด้วยมาก)

ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยการตัดสินใจใช้ Application mebเป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.30 : เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น e-book ท่านจะแนะนำ Application mebแก่ผู้อื่น (ค่าเฉลี่ย 4.20 : เห็นด้วยมาก)

ตารางที่3ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม

| ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อ | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | การแปลค่า |
|---|---|---|---|
| 1. ถ้าท่านตัดสินใจอีกครั้ง ท่านจะเลือกซื้อe-book จาก Application meb | 4.10 | 0.84 | มาก |
| 2. การตัดสินใจใช้ Application mebเป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง | 4.30 | 0.82 | มากที่สุด |
| 3. ท่านจะแนะนำ Application mebแก่ผู้อื่น | 4.20 | 0.80 | มาก |

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องในการตัดสินใจใช้Application Meb ครั้งต่อไป การตัดสินใจใช้ Application meb เป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.30: เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมาเป็น ท่านจะแนะนำ Application meb แก่ผู้อื่น (ค่าเฉลี่ย 4.20 : เห็นด้วยมาก)

## 5) สรุปและอภิปรายผล

*5.1) ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามจากการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง*พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน232คนคิดเป็นร้อยละ50.1มีการอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง15-25ปีจำนวน267คนคิดเป็นร้อยละ57.7มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรีมีอาชีพส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษาจำนวน 185 คิดเป็นร้อยละ40.0 และส่วนใหญ่รายรับต่อเดือนอยู่ระหว่าง 12,001-19,000บาท จำนวน156คน คิดเป็นร้อยละ 33.7

*5.2) ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อและการอ่านอีบุ๊กใน Application Mebจากการวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อและการอ่านอีบุ๊กในApplication Meb* พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการอ่านอีบุ๊กเพื่อความบันเทิงคิดเป็นร้อยละ77.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านอีบุ๊กคือSmartphone คิดเป็นร้อยละ 40.8ประเภทของอีบุ๊กที่สนใจซื้อเป็นหนังสือการ์ตูนคิดเป็นร้อยละ 24.4เหตุผลที่เลือกอ่านอีบุ๊กเพราะสามารถอ่านได้ทันทีคิดเป็นร้อยละ 87รองลงมาเพราะประหยัดพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านคิดเป็นร้อยละ 60.3ค่าใช้จ่ายซื้ออีบุ๊กโดยเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง351 - 600บาทคิดเป็นร้อยละ35.4และจำนวนอีบุ๊กที่ซื้อโดยเฉลี่ยต่อปีส่วนใหญ่น้อยกว่า5เล่มต่อปี

*5.3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในApplication Mebปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ* ได้แก่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์

(Product) ที่สามารถอ่านตัวอย่างebookได้หลายตอนe-book มีให้เลือกซื้อหลากหลายประเภทมีคำแนะนำเรื่องย่อคำนิยามมีการใช้ถ้อยคำสละสลวยมีความพกพาสะดวกสามารถอ่านได้ทุกที่ทุกเวลาและงานเขียนมีความรู้ความสามารถส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออีบุ๊กปัจจัยด้านราคา (Price) อีบุ๊กมีราคาถูกกว่าหนังสือเล่มกระดาษราคามีความเหมาะสมกับคุณภาพของไฟล์การซื้ออีบุ๊กทำให้เกิดความประหยัดกว่าการไปร้านหนังสือปัจจัยด้านช่องทางจัดจำหน่าย (Place) ที่มีวิธีการสั่งซื้ออีบุ๊กที่ใช้ง่ายรวดเร็วเป็นช่องทางที่เสถียรปลอดภัยปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด(Promotion) Application meb มีโปรโมชั่นให้เลือกมากมายมีช่องทางการติดต่อสื่อสารสำหรับนักอ่านและผู้แต่งสามารถติดต่อได้จริงApplication meb มีการโฆษณาแนะนำอีบุ๊กผ่านช่องทางออนไลน์ที่หลากหลายปัจจัยด้านบุคลากร (People) Application mebสามารถตอบคำถามและแก้ไขข้อข้องใจของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและเข้าใจง่ายดพนักงานสามารถให้บริการได้อย่างมืออาชีพปัจจัยด้านการสร้างและนำเสนอลักษณะทางกายภาพ(Physical Evidence) Application meb มีการจัดหมวดหมู่และจัดวางหนังสือที่ง่ายต่อการค้นหาและมีรูปแบบสวยงามน่าใช้บริการปัจจัยด้านกระบวนการ (Process) การซื้ออีบุ๊กไม่ต้องรอนานสามารถรับไฟล์รวดเร็วหลังการชำระเงินขั้นตอนการค้นหาการซื้อขายชำระเงินทำได้ง่ายสะดวกรวดเร็วและสามารถสร้างเชื่อมั่นในความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัวได้

## 6) ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ใน Application Meb ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สามารถนำข้อเสนอแนะไปใช้ได้ดังนี้

*6.1) การพัฒนาไฟล์อีบุ๊ก*

ผู้เกี่ยวข้องในการผลิตและจัดจำหน่ายอีบุ๊กควรให้ความสำคัญกับการแก้ไขและพัฒนาข้อบกพร่อง ต่างๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด ซึ่งได้แก่ พัฒนาฟอนต์ให้ขนาดมีความยืดหยุ่น สามารถใช้งานได้กับทุกประเภทของอุปกรณ์การอ่าน เพิ่ม ความสบายตา เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายต่อผู้บริโภค และพัฒนาไฟล์ให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย เช่น บนหน้าไฟล์อีบุ๊กให้สามารถเขียนได้เหมือนการใช้ปากกาไฮไลท์ ทำให้เด็กนักเรียนและนักศึกษา สามารถโหลดข้อสอบ เขียนข้อความหรือทดเลข ลงไปไฟล์ได้

*6.2) ด้านการใช้งาน*

เนื่องจากมีผู้หญิงเป็นผู้ซื้อส่วนใหญ่ จึงควรพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดที่ตอบสนองความต้องการของ ผู้หญิง ที่มีซื้อค่อนข้างสูง เช่น จัดหมวดหมู่นิยายที่กำลังเป็นที่นิยมในขณะนั้นไว้หน้าแรก ให้ผู้หญิงเกิดความสนใจซึ่งนำไปสู่การตัดสินใจซื้อ เพื่อเป็นการเพิ่มยอดขายให้ได้มากที่สุด

*6.3) ด้านการส่งเสริมการขาย*

การจัดกิจกรรมส่งเสริมขายหรือโปรโมชั่น เช่น การลดราคา มีกิจกรรมแจกอีบุ๊กให้ร่วมสนุก และจัดโปรโมชั่นแถม เพื่อดึงดูดความสนใจละเพิ่มความพึงพอใจในการใช้งานให้แก่ผู้ซื้อ

## กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระ “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในApplication Mebของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล”สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยอาจารย์อัชญา กล้าเวชที่กรุณาให้คำปรึกษาคำชี้แนะและตรวจสอบข้อบกพร่องแก้ไขปัญให้ด้วยความอย่างเอาใจใส่เป็นอย่างดีเพื่อให้การศึกษาวิจัยได้มีความถูกต้องและครบถ้วนตลอดระยะเวลาที่ได้ทำการค้นคว้างานวิจัยในครั้งนี้ส่งผลให้งานวิจับเสร็จสมบูรณ์ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง
ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ได้ให้กำลังใจขอขอบพระคุณผู้ร่วมตอบแบบสอบถามอย่างยิ่งที่ท่านสละเวลาในการตอบแบบสอบถามจนทำให้การค้นคว้าอิสระสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

## REFERENCES

[1] Jaruwan Chunchong. (2017). *Factors affecting the decision to buy electronic books (e-book).* (In Thai). (Independent research, Master's degree, Thammasat University)

[2] Pimpumphaka bunthanapirat. (2017). *Marketing Mix Factors Affecting Decision to Use Food Delivery Service in Bangkok Metropolitan Region.* (In Thai). (Independent Research, Master's Degree, Thammasat University)

[3] Jutharat Kiatrasmee. (2015). *Factors Affecting Shopping via Online Application of Consumers in Bangkok Metropolitan Region*. (In Thai). (Independent Research, Master Degree,

Thammasat University)

[4] Office of the Learning Park. (2008). *Research Project on Attitudes and Reading Behavior of Thai People.* (In Thai). Retrieved from https://www.tkpark.or.th/stocks/extra

[5] Baker, C. (1992). *Attitudes and language*. Multilingual Matters.

[6] Kotler Phillip. (1997). *Marketing Management* (9th ed.). Englewood Cliffs, NJ: PrenticeHall.

[7] Kotler Phillip and Keller Lane. (2012). *Marketing Management.* (14th. Ed.). New Jersey: Pearson Education.

# ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งของธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานคร

# MARKETING FACTORS THAT AFFECT THE DECISION TO USE THE APPLICATION K PLUS OF KASIKORN BANK, BANGKOK

1st อธิวัชร เทียมเมือง
AtiwatThiemmuang

*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*

sa.phattraporn_st@tni.ac.th

2ndอัชญากล้าเวช
AchayaKlavaech

*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*

achaya@tni.ac.th

3rdประสิทธิ์พงศ์ดำรง
PrasitPongdamrong

*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย*
*Bangkok, Thailand*

prasit@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสที่ส่งผลต่อจำนวนผู้ใช้บริการและก่อให้เกิดความภักดีต่อแบรนด์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ คณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 401 คน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชายมีอายุน้อยกว่า 20 ปีกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีและมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาทประกอบอาชีพเป็นนักเรียนและนักศึกษาผลจากการทดสอบสมมุติฐานพบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ปัจจัยด้านราคาปัจจัยด้านการส่งเสริมการขายปัจจัยด้านกระบวนการปัจจัยด้านกายภาพปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่ายมีอิทธิพลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานคร

***คำสำคัญ*** แอพพลิเคชั่น, พฤติกรรม, การตัดสินใจใช้บริการ

*ABSTRACT*

**The Research studied "Marketing factors that affect the decision to use the application K Plus of KASIKORN Bank, Bangkok" The objective was to study Consumer’s behavior to make decision on brand loyalty by Marketing Mix(7P). The samples are anyone living in Bangkok Metropolitan region who uses application K Plus. The simple selection method is sampling on 401 people by questionnaire. As the result, the sample are mostly male with age under 20 years old, studying Bachelor’s degree and getting income lower than 10,000 THB. Also, it shows that the marketing mix affect to consumer’s decision using K Plus application are Price, Product, Promotion, Process, Physical and Place.**

***Keywords*—**behavior, service decision

1) บทนำ

ในยุคโลกาภิวัฒน์เป็นยุคที่การสื่อสารไร้พรหมแดนข้อมูลข่าวสารสามารถแพร่กระจายอย่างรวดเร็วและสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาสถานที่และช่องทางของการสื่อสารมากั้นกลางเนื่องจากการเติบโตของเทคโนโลยีและอินเทอร์เน็ตที่เข้ามามบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์และได้เข้ามาเป็นปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของคนในสังคมปัจจุบันโดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในครั้งนี้มากที่สุดคือ[2]อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบสมาร์ทโฟนซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตที่ผู้บริโภคต้องมีไว้สำหรับการติดต่อสื่อสารสมาร์ทโฟนเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์พกพาที่มีขนาดเล็กที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกและรวดเร็วที่มาพร้อมด้วยคุณสมบัติที่ช่วยตอบสนองความต้องการและรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้ใช้ในปัจจุบันเช่นใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารสนทนาแบบส่วนตัวหรือแบบกลุ่มผ่านแอพพลิเคชั่นยอดนิยมในการสนทนาเช่นLINE WhatsApp TangoTinder ใช้ถ่ายภาพซึ่งมีความละเอียดและคมชัดเทียบเท่ากับกล้องดิจิทัลใช้ในการทำงานหาข้อมูลในอินเทอร์เน็ตได้เทียบเท่าเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสามารถใช้ดูภาพยนตร์ออนไลน์ฟังเพลงเล่นเกมและอื่นๆซึ่งถือได้ว่าแค่มีโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนเครื่องเดียวก็สามารถทำกิจกรรมต่างๆได้ทั้งเรื่องส่วนตัวเรื่องงานหรือใช้เพื่อความบันเทิง

[8] จากข้อมูลThe Flight 19 Agency (2563) พบว่าปัจจุบันประชากรกว่า 7,750 ล้านคนทั่วโลกและเป็นคนที่อยู่ในเมือง 55 % มีคนใช้งานInternet กว่า 4,540 ล้านคนคิดเป็น 59 % ของจำนวนประชากรทั้งหมดและมี 3,800 ล้านบัญชีsocial media คิดเป็น 49% ของประชากรทั้งหมดอีกทั้งพบว่าตลาดสมาร์ทโฟนได้มีการเจริญเติบโตสูงในหลายๆประเทศทั่วโลกเมื่อนำปีที่ 2020 เปรียบเทียบกับปี 2019 โดยยอดการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากเดิม 2.4% คิดเป็น 124 ล้านคน

[1]ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าสมาร์ทโฟนได้กลายเป็นสื่อกลางเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารและเป็นช่องทางระหว่างตราสินค้ากับผู้บริโภคโดยสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ได้ทุกที่ทุกเวลาด้วยการเชื่อมต่อผ่านระบบแอพพลิเคชั่นและอินเทอร์เน็ตไร้สายและนอกจากนั้นสมาร์ทโฟนก็ได้กลายเป็นสื่อและช่องทางสำคัญสำหรับนักการตลาดในการสื่อสารข้อมูลไปหาผู้บริโภคในรูปแบบการตลาดผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

[7] ธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Banking) หมายถึงการประกอบธุรกิจการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับการให้บริการทำธุรกรรมทางการเงินต่างๆผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์คืออินเทอร์เน็ตซึ่งเรียกว่าอินเทอร์เน็ตแบงก์กิ้ง (Internet Banking) และผ่านอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือซึ่งเรียกว่าโมบายแบงก์กิ้ง (Mobile Banking) ซึ่งมีลักษณะการให้บริการเช่นการฝากเงินการถอนเงินการโอนเงินหรือการสอบถามยอดเงินเป็นต้นโดยในอนาคตการให้บริการของธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถพัฒนาลักษณะบริการที่หลากหลายเพื่อรองรับความต้องการในการใช้บริการของผู้ใช้บริการธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ทำให้เกิดความรวดเร็วและสะดวกสบายในการทำธุรกรรมมากขึ้นและประหยัดทรัพยากรโดยช่องทางที่มีความสำคัญและกำลังเป็นที่เติบโตในการทำธุรกรรมทางการเงินภายใต้รูปแบบธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Banking) คือ 2 ช่องทาง ได้แก่ช่องทางที่ 1อินเทอร์เน็ตแบงก์กิ้ง (Internet Banking) คือการให้บริการลูกค้าธนาคารในการทำธุรกรรมทางการเงินกับธนาคารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทางเครื่องคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องเดินทางมาทำธุรกรรมที่สาขาของธนาคารเช่นการฝากเงินการถอนเงินการโอนเงินหรือการสอบถามแจ้งยอดทางการเงิน ช่องทางที่ 2โมบายแบงก์กิ้ง (Mobile Banking) คือการทำธุรกรรมทางการเงินของธนาคารที่เปิดให้บริการผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องมีฟังก์ชั่นรองรับในการใช้งานโดยจะดำเนินการโหลดโมบายแอพพลิเคชั่น (Mobile Application) ของธนาคารติดตั้งลงบนมือถือเพื่อสามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปสู่บริการโมบายแบงก์กิ้งที่ธนาคารเปิดให้บริการโดยเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายของโทรศัพท์เครื่องที่ได้แก่ระบบGPRS EDGE3G และ 4G หรือผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย (Wireless LAN) เป็นต้น

[3]การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้งานแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสจึงเป็นประเด็นที่สามารถนำประโยชน์ไปใช้ในการวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมในการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านช่องทางใหม่คือโมบายแอพพลิเคชั่น (Mobile Application) และทำให้ทราบถึงความพึงพอใจจากการใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสว่ามีข้อดีข้อเสียอย่างไรเพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงให้สอดคล้องและรองรับความต้องการในการทำธุรกรรมทางการเงินรูปแบบใหม่นี้ที่กำลังจะเติบโตมากยิ่งขึ้นในอนาคต

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

*2.1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่น*เคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

*2.2) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจ*ใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

3) วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา [5] ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานครคณะผู้วิจัยศึกษาพฤติกรรมในเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้วิธีการเชิงสำรวจ (Survey) โดยใช้วิธีการแจกแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลประชากรกลุ่มเป้าหมายที่เคยใช้บริการทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ตุลาคม 2562 ถึงมีนาคม 2563 ซึ่งผู้จิวัยได้สร้างแบบสอบถามจากการทบทวนวรรณกรรมและนำเสนอแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้นต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความครบถ้วนและความสอดคล้องของเนื้อหาของแบบสอบถามซึ่งข้อคำถามมีค่า Cronbach’s Alpha เกิน 0.7 ทุกข้อคำถาม ผู้จัยเลือกเก็บข้อมูลเฉพาะคนที่เคยใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสสำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้หลักการคำนวณตารางสำเร็จของทาโรยามาเน่จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างกรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชากรและกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือ 398 ตัวอย่างซึ่งเมื่อทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยได้รับข้อมูลการตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 401 ตัวอย่างแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

4) ผลการวิจัย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ได้ใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานครโดยผ่านการสำรวจผ่านการตอบแบบสอบถามได้นำข้อมูลมาทำการประมวลผลและวิเคราะห์ค่าทางสถิติตามวัตถุประสงค์ของวิจัย

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรสาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

| **ลักษณะทางประชากรศาสตร์** | **จำนวน** | **ร้อยละ** |
|---|---|---|
| **1.เพศ** | | |
| ชาย | 188 | 46.9 |
| หญิง | 115 | 28.7 |
| LGBTQ+ | 98 | 24.4 |
| | 401 | 100 |
| **2.อายุ** | | |
| น้อยกว่า 20 ปี | 254 | 63.3 |
| 21 – 25 ปี | 119 | 29.7 |
| 26 – 30 ปี | 13 | 3.2 |
| 31 – 35 ปี | 5 | 1.2 |
| 36 – 40 ปี | 2 | 0.5 |
| มากกว่า 40 ปี | 8 | 2.0 |
| | 401 | 100.0 |
| **3.การศึกษา** | | |
| ต่ำกว่ามัธยมศึกษาศึกษาตอนปลาย/ปวช. | 69 | 17.2 |
| ปวส.หรือเทียบเท่า | 1 | 0.2 |
| ปริญญาตรี | 329 | 82.0 |
| ปริญญาโท | 2 | 0.5 |
| ปริญญาเอก | 0 | 0 |
| | 401 | 100.0 |
| **4.อาชีพ** | | |
| นักเรียน/นักศึกษา | 368 | 91.8 |
| พนักงานบริษัทเอกชน | 9 | 2.2 |
| รับราชการ | 14 | 3.5 |
| รัฐวิสาหกิจ | 1 | 0.2 |
| ประกอบธุรกิจส่วนตัว | 6 | 1.5 |
| อื่นๆ | 3 | 0.7 |
| | 401 | 100.0 |
| **5.รายได้** | | |
| ต่ำกว่า 10,000 บาท/เดือน | 355 | 88.5 |
| 10,000-20,000 บาท/เดือน | 16 | 4.0 |
| 20,001-30,000 บาท/เดือน | 10 | 2.5 |
| 30,001-40,000 บาท/เดือน | 9 | 2.2 |
| 40,000 บาทขึ้นไป/เดือน | 11 | 2.7 |
| | 401 | 100.0 |

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 46.9 โดยส่วนใหญ่มีอายุน้อยกว่า 20 ปีคิดเป็นร้อยละ63.3 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 82อาชีพส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างคือ

นักเรียนและนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 91.8 รายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท/เดือนคิดเป็นร้อยละ88.5

ตารางที่ 2 ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

| รูปแบบ | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.994 | 0.989 | 0.989 | 0.05554 |

จากตารางที่ 2 พบว่าค่า R Square หรือ ประสิทธิภาพในการทำนายเท่ากับ 0.989 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรทั้ง 7 ตัวนั้นสามารถอธิบายการตัดสินใจใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งของธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) ในเขต กรุงเทพมหานคร (ตัวแปรตาม) ได้ร้อยละ 0.989 โดยส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 0.011 นั้นเกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานคร

| **ปัจจัย** | Unstandardized Coefficients | | | T | Sig |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| **ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด** | | | | | |
| (Constant) | 0.030 | 0.028 | | 1.077 | 0.282 |
| ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) | -0.431 | 0.047 | -0.424 | -9.173 | 0.000 |
| ปัจจัยด้านราคา (Price) | 0.227 | 0.041 | 0.222 | 5.565 | 0.000 |
| ปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่าย (Place) | 0.120 | 0.043 | 0.115 | 2.770 | 0.006 |
| ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย (Promotion) | 0.510 | 0.025 | 0.530 | 20.232 | 0.000 |
| ปัจจัยด้านกระบวนการ (Process) | -0.368 | 0.075 | -0.363 | -4.888 | 0.000 |
| ปัจจัยด้านกายภาพ (Physical) | 0.837 | 0.134 | 0.828 | 6.255 | 0.000 |

ผู้วิจัยใช้การคัดเลือกตัวแปรโดยวิธี Stepwise เมื่อพิจารณาจากค่า Sig. สามารถสรุปได้ว่าตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีค่าP-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้นมีทั้งหมด 6 ปัจจัยในขณะที่ตัวแปรอิสระที่เหลือ 1 ปัจจัยมีค่าP-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยสามารถเรียงลำดับตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย ปัจจัยด้านกระบวนการ ปัจจัยด้านกายภาพปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่ายโดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานคร

## 5) สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยข้างต้นสอดคล้องกับ [4] ผลการวิจัยของทิพย์สุดา หมื่นหอม (2547) ที่พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายปัจจัยด้านบุคคลมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการธนาคารผ่านอินเตอร์เน็ตของผู้ใช้บริการในเขตกรุงเทพมหานคร/ นอกจากนี้ผลงานวิจัยยังสอดคล้องกับ [4] สุวิสาสุรังสิมันต์กุล (2551) ที่พบว่าด้านลักษณะทางกายภาพและปัจจัยด้านกระบวนการมีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการธนาคารทางอินเทอร์เน็ตของธนาคารไทยพาณิชย์จำกัด (มหาชน) ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่

## 6) ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลของงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดและการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) พร้อมระบุถึงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยว่ามีระดับความสำคัญมากน้อยเพียงใดซึ่งการวิจัยครั้งนี้พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ปัจจัยด้านราคาปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย

ปัจจัยด้านกระบวนการปัจจัยด้านกายภาพปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่ายส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสของธนาคารกสิกรไทยจำกัด (มหาชน) ในเขตกรุงเทพมหานครผลการวิจัยดังกล่าวสามารถนำข้อมูลที่วิเคราะห์ทางสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อเสนอแนะให้เป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการได้ดังนี้

จากผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดบริการโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดและให้ความสำคัญต่อปัจจัยย่อยในแต่ละด้านซึ่งสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้

ลำดับที่ 1 ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์โดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้านผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของธนาคารการพิจารณาถึงมาตรฐานของระบบการให้บริการธนาคารผ่านทางโทรศัพท์มือถือที่มีความถูกต้องแม่นยำพิจารณาถึงความหลากหลายของบริการธนาคารผ่านทางโทรศัพท์มือถือเช่นบริการสอบถามยอดคงเหลือในบัญชีบริการโอนเงินบริการชำระค่าสินค้าและบริการต่างๆบริการเติมเงินโทรศัพท์มือถือเป็นต้นการพิจารณาถึงความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัวของท่านเมื่อใช้บริการธนาคารผ่านทางโทรศัพท์มือถือการพิจารณาถึงความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการใช้งานแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัส

ลำดับที่ 2 ปัจจัยด้านราคากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านราคาโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้านผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงการให้บริการโดยไม่คิดค่าธรรมเนียมในการใช้บริการแอพพลิเคชั่นเคโมบายแบงก์กิ้งพลัสในการทำธุรกรรมบางรายการการพิจารณาถึงอัตราค่าธรรมเนียมการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือในการทำธุรกรรมบางรายการมีค่าธรรมเนียมถูกกว่าการไปใช้บริการหน้าเคาน์เตอร์การพิจารณาถึงการให้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือโดยไม่มีค่าธรรมเนียมรายปีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของอัตราค่าบริการเมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือ

ลำดับที่ 3 ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขายกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านการส่งเสริมการขายโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้านผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงเอกสารเผยแพร่ข้อมูลการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือที่ถูกต้องครบถ้วนและเข้าใจง่ายการพิจารณาถึงความหลากหลายของการโฆษณาประชาสัมพันธ์การใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือผ่านสื่อต่างๆการพิจารณาถึงการแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือจากพนักงานธนาคารประจำสาขาการพิจารณาถึงการจัดกิจกรรมต่างๆเพื่อแนะนำการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือจากพนักงานธนาคารประจำสาขาการพิจารณาถึงการให้ข้อมูลข่าวสารแก่ลูกค้าของธนาคารอย่างสม่ำเสมอผ่านทางSMS, MMS หรือE-mail ส่วนตัวของลูกค้าการพิจารณาถึงการมอบของที่ระลึกของสมนาคุณสำหรับลูกค้าในช่วงเทศกาลต่างๆเช่นวันปีใหม่วันเกิดหรือเมื่อมีการสมัครใช้บริการเป็นครั้งแรกเป็นต้น

ลำดับที่ 4 ปัจจัยด้านกระบวนการกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านกระบวนการโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้านผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงความถูกต้องความแม่นยำในการให้บริการด้านข้อมูลของพนักงานการพิจารณาถึงความรวดเร็วในการให้บริการของพนักงานการพิจารณาถึงความกระตือรือร้นในการให้คำปรึกษาหรือคำแนะนำของพนักงานการพิจารณาถึงน้ำเสียงที่มีความชัดเจนและแสดงถึงความเต็มใจในการให้ข้อมูลของพนักงาน

ลำดับที่ 5 ปัจจัยด้านกายภาพกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านกายภาพโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้านผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงขั้นตอนการใช้บริการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนการพิจารณาถึงขั้นตอนการสมัครใช้บริการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนการพิจารณาถึงความสะดวกในการติดต่อขอรับบริการการพิจารณาถึงความรวดเร็วของการประมวลผลในการให้บริการตรงตามความต้องของท่านการพิจารณาถึงความรวดเร็วในการเชื่อมต่อกับระบบการให้บริการของธนาคาร

ลำดับที่ 6 ปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่ายกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านสถานที่จัดจำหน่ายโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้าน

ผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงความหลากหลายของช่องทางในการสอบถามรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือเพิ่มเติมการพิจารณาถึงความสะดวกในการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือได้ตลอด 24 ชั่วโมงการพิจารณาถึงความสะดวกในการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือได้ทุกที่ที่มีสัญญาณโทรศัพท์ครอบคลุมการพิจารณาถึงความสะดวกในการสมัครใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือการพิจารณาถึงเครือข่ายโทรศัพท์มือถือที่รองรับการใช้บริการธนาคารผ่านโทรศัพท์มือถือได้ทุกเครือข่าย

ลำดับที่ 7 ปัจจัยด้านบุคคลกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดด้านบุคคลโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุดเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อยทางด้านผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในระดับมากที่สุดได้แก่การพิจารณาถึงความถูกต้องความแม่นยำในการให้บริการด้านข้อมูลของพนักงานการพิจารณาถึงความรวดเร็วในการให้บริการของพนักงานการพิจารณาถึงความกระตือรือร้นในการให้คำปรึกษาหรือคำแนะนำของพนักงานการพิจารณาถึงน้ำเสียงที่มีความชัดเจนและแสดงถึงความเต็มใจในการให้ข้อมูลของพนักงาน

## กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยลงได้ด้วยการได้รับคำแนะนำอย่างดียิ่งและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกันผู้ค้นคว้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์อัชญา กล้าเวชเป็นอย่างสูงที่ช่วยกรุณาถ่ายทอดข้อมูลและประสบการณ์ต่างๆซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าอิสระนี้ตลอดจนเอาใจใส่ให้คำปรึกษาช่วยแก้ไขปัญหาที่พบรวมถึงให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆตลอดระยะเวลาที่ทำการค้นคว้าการวิจัยในครั้งนี้ส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและทุกคนในครอบครัวที่ส่งเสริมและสนับสนุนในเรื่องการศึกษาเป็นกาลังใจอีกทั้งยังได้พร่าสอนให้ข้าพเจ้าตระหนักในคุณค่าของการศึกษาความมุ่งมั่นมานะพากเพียรตลอดมาตลอดจนเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมาคุณประโยชน์ทั้งหมดที่เกิดจากการศึกษาเฉพาะบุคคลฉบับนี้ผู้ศึกษาขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและหากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้ศึกษาขออภัยเป็นอย่างสูงและขอน้อมรับข้อผิดพลาดนั้นผู้ศึกษาหวังว่าการศึกษาเฉพาะบุคคลฉบับนี้คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้ที่มีความสนใจศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับบริการธนาคารทางโทรศัพท์มือถือ

## REFERENCES

[1] Kewalin Chuaybamrung. (2013). *Marketing factors through Mobile Marketing that affect the purchase decision of consumers in Bangkok.* (In Thai). (Master's degree, Bangkok University)

[2] Nuttakuon DongYangprai. (2013). *M-Commerce mobile phone marketing mix. affecting the decision to purchase a product.* (In Thai). (Independent Research Master of Arts, Bangkok University)

[3] Nattapat Cholavanich. (2013). *Usage behavior and opinions towards LINE application. of people in Bangkok.* (In Thai). (Independent Research Master of Journalism, Thammasat University)

[4] Thipsuda MuenHan. (2004). *Factors Affecting Consumers' Decision to Use Internet Banking Service in Bangkok Area.* (In Thai). (Independent research report based on Master's degree thesis, Chiang Mai University)

[5] Thanwarat Thirawit 2007. *Factors affecting the decision to use the electronic banking service of Siam Commercial Bank Limited. (Public).* (In Thai).(Master's Thesis, Ramkhamhaeng University)

[6] Visa surangsimankul. (2008). *The satisfaction of electronic banking users of Siam Commercial Bank Public Company Limited in Muang District, Chiang Mai Province.* (In Thai).(Master's degree in self-study report, Chiang Mai University)

[7] kapook. (2016). *KBank launches K-Mobile Banking Plus, a version that makes transactions more convenient and safer*.[online system].(In Thai). Retrieved from www.kapook.com.

[8] twfdigital. 2020. *Statistics and behavior of Internet users in Q1 year 2020 around the world (including Thailand).* [online system].(In Thai). Retrieved from www.twfdigital.com.

# พฤติกรรมการท่องเที่ยวและการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร

อังค์วราภัชช์ ขำนาค
Angwarapat Khamnak

*คณะบริหารธุรกิจ Faculty of Business Adminnistration*
*กรุงเทพมหานคร/ประเทศไทย Bangkok/Thailand*

Angwarapat@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการท่องเที่ยว 2) เพื่อศึกษาปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยว และ 3) เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยหลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร ข้อมูลได้มาจาก นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวในพระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 ตัวอย่าง โดยมีการเก็บข้อมูลปฐมภูมิเพื่อรวบรวมข้อมูลในการออกแบบสอบถาม และจ้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งมีการใช้เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) และใช้การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ คือ จำนวน (Frequency) และ ร้อยละ (Percentage) แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปตารางประกอบคำอธิบาย

ผลการวิจัยพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย พบว่า ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ของการมาท่องเที่ยวเพื่อพักผ่อน/ท่องเที่ยว โดยเดินทางมาท่องเที่ยว 2-5 คน เดินทางมาท่องเที่ยวกับเพื่อน เดินทางมาท่องเที่ยวโดยใช้พาหนะเป็นรถโดยสารประจำทาง เคยเดินทางมาเที่ยวแล้ว 2-4 ครั้ง เดินทางมาท่องเที่ยว 1 วัน มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว 1,000 – 3,000 บาท ซึ่งนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารการท่องเที่ยวจากอินเตอร์เน็ต

ผลการวิจัยปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นกัน

ผลการเปรียบเทียบระดับปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย จำแนกตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และระดับรายได้ต่อเดือน พบว่า ปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย ทั้ง 7 ด้าน ได้แก่ ด้านโบราณสถานและสภาพแวดล้อม ด้านราคาสินค้าและบริการ ด้านการคมนาคม ด้านความปลอดภัย ด้านการบริการ ด้านของที่ระลึก และด้านบทบาทของรัฐ ไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ :** พฤติกรรมการท่องเที่ยว, การเลือกสถานที่ท่องเที่ยว,นักท่องเที่ยว, พระบรมมหาราชวัง

# Research Study of Thai Tourists Behavior and Decision Making of Traveling Destinations post Covid-19: Case Study of the Grand Palace, Bangkok

Angwarapat Khamnak

[1*] *Faculty of Business Adminnistration,Bangkok,Thailand*

angwarapat@tni.ac.th

***Abstract***

This research aims to 1) Study the Tourists Behavior 2) Study the factors involved with Tourists Decision - Making for Travel Destinations, and 3) Compare the Factors involved with Thai Tourists Decision - Making for Travel Destinations post Covid-19: Case Study of The Grand Palace, Bangkok, with a total number of 400 sampling group. The data have primary data and Secondary data for research . The tools used in this research were questionnaires and use data analysis by frequency and percentage . And Present data analysis explanation table

The result based on Thai Tourists Traveling Behavior have found that ; majority of Thai Tourists chose to travel mainly for their Leisure/Pleasure, the number of tourists are from 2 – 5 people, travel with friends, chose to travel with the public bus, Thai Tourists also, have traveled to the location before at about 2 – 4 times, and spent their time as a Day - Trip with traveling expenses between 1,000 – 3,000 Thai Baht. Most of Thai Tourists received news and updates from the internet sources.

The result based on the overall Influential Factors in Decision - Making for Travel Destinations are in the 'High' level for all of the Factors.

The Comparison between Influential Factors in Decision - Making for Travel Destinations, categorized by Gender, Age, Level of Education, Occupation, and Level of Income. When in compared to the 7 Types of Influential Factors for Decision - Making for Traveling Destinations as; Historical Places and Environment Factors, Product, Price and Service Factors, Transportations Factor, Safety Factor, Servicing Factor, Souvenir Factor, and the Government Factors, the result has shown that no differences have been found.

**Key Word (s):** Tourists Behavior, Travel Decision- Making, Travel Destinations, Tourists Behavioral Decision - Making, Thai Tourists, Covid – 19, The Grand Palace

## 1) บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ภารกิจด้านการท่องเที่ยวจึงเป็นภารกิจที่ถูกผสานกลมกลืนไปกับการพัฒนาประเทศในทุกมิติ ดังนั้น การกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาของประเทศจึงได้มีการบูรณาการงานด้านการท่องเที่ยวเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเศรษฐกิจ กระทรงการท่องเที่ยวและกีฬา (คณะกรรมการนโยบายการท่องเที่ยวแห่งชาติ, 2560)

สถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศไทยอีกแห่งหนึ่งได้แก่ พระบรมมหาราชวัง หรือ พระราชวังพระนครเป็นพระราชวังที่ประทับของพระมหากษัตริย์แห่งราชอาณาจักรไทยในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ และยังเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมมากที่สุด และเมื่อปี พ.ศ.2563 เกิดภัยโรคระบาดโควิด-19 ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่เพิ่มเข้ามาอย่างกะทันหันเนื่องจากยังใหม่กับโรคที่การับรู้และการเปิดรับข่าวสารโควิด-19 ทางสื่อโทรทัศน์เกิดขึ้น อีกทั้งยังไม่มีวัคซีน ทำให้เกิดการปิดประเทศ โดยส่งผลกระทบการกับท่องเที่ยว ส่งผลกระทบต่อประชากรไทยขาดรายได้และส่งผลกระทบมายังภาคธุรกิจการท่องเที่ยว

History The grand palace (royalgrandpalace.th)

ปัจจุบันสถานการณ์โควิด-19 ที่แพร่ระบาดในประเทศไทยเริ่มคลี่คลายลงแล้ว แต่ผลกระทบจากมาตรการต่างๆ ที่ออกมาเพื่อหยุดยั้งโรคระบาดได้สร้างความเสียหายอย่างรุนแรงโดยเฉพาะในด้าน เศรษฐกิจ ซึ่งหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบมากเป็นอันดับต้น ๆ ของโลกตั้งแต่มีโรคระบาด คือ อุตสาหกรรมท่องเที่ยว จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาว่าหลังสถานการณ์โควิด-19 นักท่องเที่ยวชาวไทยมีพฤติกรรมในการท่องเที่ยวเป็นอย่างไร มีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลให้นักท่องเที่ยวชาวไทย เลือกที่จะท่องเที่ยวในพระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร จึงได้ทำการวิจัยเรื่องพฤติกรรมการท่องเที่ยวและการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นแนวทางปรับปรุงพัฒนาและตอบสนองต่อการตัดสินในของนักท่องเที่ยวอย่างเหมาะสมต่อไป

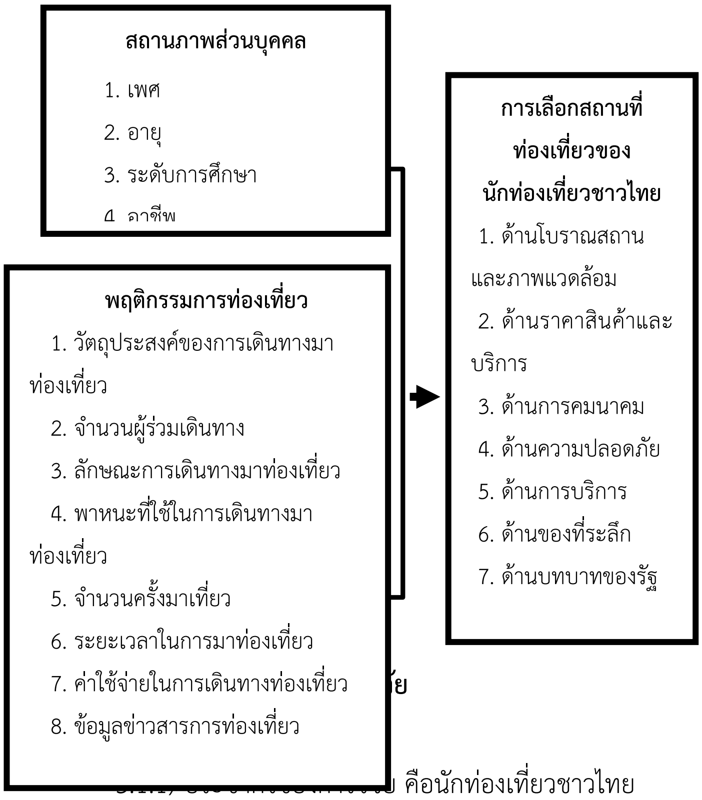
## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร

2.2) เพื่อศึกษาปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร

2.3) เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคล

**กรอบแนวคิดในการทำวิจัย**




ัย

คือนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวในพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

3.1.2) กลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากประชากรมีขนาดใหญ่และไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นขนาดตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสูตรไม่ทราบขนาดตัวอย่างของ W.G. Cochran โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2549) ได้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 384 คน เพื่อความสะดวกในการประเมินผล

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/เก็บรวบรวมข้อมูล*

*3.2.1 ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย*

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวและการเลือกสถานที่ท่องเที่ยว

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

3.3.1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

3.3.2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

3.4.1) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ คือ จำนวน (Frequency) และ ร้อยละ (Percentage)

3.4.2) การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะพฤติกรรมการท่องเที่ยวของผู้ตอบแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ คือ จำนวน (Frequency) และ ร้อยละ (Percentage)

3.4.3) การวิเคราะห์ข้อมูลระดับปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3.4.4) การทดสอบสมมติฐานด้วย Independent Sample : t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิง โดยทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน รวมทั้งการทดสอบสมมติฐานด้วย One-Way ANOVA : F-test และในกรณีที่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้

## 4) ผลการวิจัย

*4.1) ผลการวิเคราะห์สถานภาพส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม*

มีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด จำนวน 400 คน เมื่อจำแนกตามเพศ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 52.30 เพศชาย จำนวน 191 คน คิดเป็นร้อยละ 47.80 เมื่อจำแนกตามอายุพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุระหว่าง 20-30 ปี จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 และน้อยสุดมีอายุระหว่าง 41-50 ปีขึ้นไป จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 21.80 ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 228 คน คิดเป็นร้อยละ 57.00 และน้อยสุดมีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 16.30 ซึ่งประกอบอาชีพ พนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 24.และน้อยสุดนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 7.80 โดยมีเฉลี่ยรายได้ต่อเดือน 40,000-50,000 บาท จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 24.30 น้อยที่สุดและระดับรายได้ ต่ำกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 7.80

*4.2) ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการท่องเที่ยวของผู้ตอบแบบสอบถาม*

4.2.1) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ของการมาท่องเที่ยวเพื่อพักผ่อน/ท่องเที่ยว จำนวน 217 คน คิดเป็นร้อยละ 54.30 และน้อยสุดนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเพื่อเยี่ยมญาติ จำนวน 18 คนคิดเป็นร้อยละ 4.50 ตามลำดับ

4.2.2) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยว 2-5 คน จำนวน 222 คน คิดเป็นร้อยละ 55.50 และน้อยที่สุดนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาคนเดียว จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 ตามลำดับ

4.2.3) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยว ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวกับเพื่อน จำนวน 205 คน คิดเป็นร้อยละ 51.30 และน้อยสุดนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาคนเดียว จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 24.30 ตามลำดับ

4.2.4) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยว ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่เดินทางมา

| ปัจจัยการเลือกนักท่องเที่ยว | รวม (n= 400) | | แปลผล |
|---|---|---|---|
| | $\bar{X}$ | S.D. | |
| 1. ด้านโบราณสถานและสภาพแวดล้อม | 3.87 | 0.553 | มาก |
| 2. ด้านราคาสินค้าและบริการ | 3.83 | 0.557 | มาก |
| 3. ด้านการคมนาคม | 3.82 | 0.562 | มาก |
| 4. ด้านความปลอดภัย | 3.86 | 0.558 | มาก |
| 5. ด้านการบริการ | 3.89 | 0.633 | มาก |
| 6. ด้านของที่ระลึก | 3.87 | 0.512 | มาก |
| 7. ด้านบทบาทของรัฐ | 3.87 | 0.553 | มาก |
| รวม | 3.86 | 0.478 | มาก |

ท่องเที่ยวโดยใช้พาหนะเป็นรถโดยสารประจำทาง จำนวน 204 คน คิดเป็นร้อยละ 51.00 และน้อยที่สุดนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาโดยรถยนต์ส่วนบุคคล จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 4.30 ตามลำดับ

4.2.5) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยว ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวที่เคยเดินทางมาเที่ยวแล้ว 2-4 ครั้ง จำนวน 184 คน คิดเป็นร้อยละ 46.00 และน้อยที่สุดนักท่องเที่ยวที่เคยเดินทางมาเป็นครั้งแรก จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 11.3 ตามลำดับ

4.2.6) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวใน ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยว 1 วัน จำนวน 181 คน คิดเป็นร้อยละ 45.30 และน้อยที่สุดนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวมากกว่า 7 วัน จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 10.30 ตามลำดับ

4.2.7) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว 1,000 – 3,000 บาท จำนวน 135 คน คิดเป็นร้อยละ 33.80 และน้อยสุดนักท่องเที่ยวที่มีค่าใช้จ่าย 7,000 – 9,000 บาท จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 4.50 ตามลำดับ

4.2.8) นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยว ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวได้รับข่าวสารการท่องเที่ยวจากอินเตอร์เน็ต จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00 และน้อยสุดนักท่องเที่ยวที่ได้รับข่าวสารการท่องเที่ยวจากนิตยสาร/วารสาร จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 6.50 ตามลำดับ

*4.3) ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย*

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล*ปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย* พบว่า ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.86, S.D. = 0.478) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นกัน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านการบริการ ($\overline{X}$ = 3.86, S.D. = 0.478) และน้อยที่สุด, ด้านของที่ระลึก ($\overline{X}$ = 3.87, S.D. = 0.512) ตามลำดับ

*4.4) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย*

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคล เมื่อจำแยกตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน พบว่า ปัจจัยการการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย ในพระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร ทั้ง 7 ด้าน ได้แก่ ด้านโบราณสถานและสภาพแวดล้อม ด้านราคาสินค้าและบริการ ด้านการคมนาคม ด้านความปลอดภัย ด้านการบริการ ด้านของที่ระลึก และด้านบทบาทของรัฐ โดยแบ่งจำแนกตามเพศ ผลรวมทุกด้านไม่แตกต่างกันมีค่า(F=.307,Sig=.580 ) ตามอายุ ผลรวมทุกด้านไม่แตกต่างกันมีค่า(F=.737,Sig=.596 ) ตามระดับการศึกษา ผลรวมทุกด้านไม่แตกต่างกันมีค่า(F=.736,Sig=.480 ) ตามอาชีพ ผลรวมทุกด้านไม่แตกต่างกันมีค่า(F=.1.365,Sig=.210 ) และตามรายได้ต่อเดือน ผลรวมทุกด้านไม่แตกต่างกันมีค่า(F=..999,Sig=.418 )

## 5) อภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการท่องเที่ยวและการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร ทั้ง 7 ด้านได้แก่ ด้านโบราณสถานและสภาพแวดล้อม ด้านราคาสินค้าและบริการ ด้านการคมนาคม ด้านความปลอดภัย ด้านการบริการ ด้านของที่ระลึก และด้านบทบาทของรัฐ อภิปรายผลได้ดังนี้

*5.1) พฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยหลังสถานการณ์โควิด-19*

พฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยหลังสถานการณ์โควิด-19 พบว่า ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ของการมาท่องเที่ยวเพื่อพักผ่อน/ท่องเที่ยว โดยเดินทางมาท่องเที่ยว 2-5 คน เดินทางมาท่องเที่ยวกับเพื่อน เดินทางมาท่องเที่ยวโดยใช้พาหนะเป็นรถโดยสารประจำทาง ซึ่งเคยเดินทางมาเที่ยวแล้ว 2-4 ครั้ง เดินทางมาท่องเที่ยวครั้งละ 1 วัน มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว 1,000 – 3,000 บาท และ

ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวได้รับข่าวสารการท่องเที่ยวจากอินเตอร์เน็ต ผลการวิจัยสอดคล้องกับ ชนพัฒน์ ช่วยครุฑ, อมรฤทัย ภูสนาม และอรอนงค์ เดชมณี (2563) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของเยาวชนไทยหลังยุคโควิด 19

*5.2) การเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19*

ปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวทั้ง 7 ด้าน พบว่า ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นกัน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านการบริการ ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ ด้านการคมนาคม ตามลำดับ ผลการวิจัยสอดคล้องกับ ชนิสรา กุลสันติวงศ์ (2564) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย Generation Y หลังโรคระบาดโควิด-19 ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย Generation Y หลังโรคระบาดโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

*5.3) การเปรียบเทียบระดับปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19*

การเปรียบเทียบระดับปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย จำแนกตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และระดับรายได้ต่อเดือน พบว่า ปัจจัยการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มีต่อพระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร ทั้ง 7 ด้าน มีระดับปัจจัยการตัดสินใจไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ผลการวิจัยสอดคล้องกับ พัชรียา แก้วชู (2564) ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการท่องเที่ยวแบบ New Normal หลังการแพร่ระบาดโควิด-19

## 6) ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำให้เราทราบแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาและวางแผนด้านนโยบาย มาตรการ กำหนดกลยุทธ์ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวในพระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

*6.1) ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้*

ด้านโบราณสถานและสิ่งแวดล้อม และด้านบทบาทของรัฐ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ เช่นกัน ดังนั้นภาครัฐควรมีนโยบายอย่างเข้มงวดเกี่ยวกับโบราณสถานและโบราณวัตถุ

*6.2) ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป*

ควรมีการศึกษาวิจัย เกี่ยวกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวและการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย หลังสถานการณ์โควิด-19 กรณีศึกษา: พระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร ปัจจัยอื่นๆ เช่น การพัฒนาด้านการสื่อสารและโทรคมนาคมความร่วมมือระหว่างประเทศในการส่งเสริมการท่องเที่ยว และปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้ทำการศึกษา ดั้งนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรนำปัจจัยด้านอื่นๆ ที่สำคัญมาทำการศึกษาในครั้งต่อไปด้วย

## เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์ปัญญา. (2546). *การวิเคราะห์สถิติ*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการนโยบายการท่องเที่ยวแห่งชาติ. (2560). *แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2560 – 2564)*. สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.

ชนพัฒน์ ช่วยครุฑ, อมรฤทัย ภูสนาม และอรอนงค์ เดชมณี. (2563). *ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของเยาวชนไทยหลังยุคโควิด 19*. หลักสูตรนิเทศศาสตรบัณฑิต คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

ชนิสรา กุลสันติวงศ์. (2564). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทย Generation Y หลังโรคระบาดโควิด-19*. การค้นคว้าอิสระหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

พัชรียา แก้วชู. (2564). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการท่องเที่ยวแบบ New Normal หลังการแพร่ระบาดโควิด-19*. สาขาเอกการบัญชี คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

พรทิพย์ บุญเที่ยงธรรม. (2555). *การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยว ความคาดหวังและความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชายไทยที่เดินทางมาเที่ยวตลาดน้ำในเขตตลิ่งชัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการการท่องเที่ยว คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

# ความคาดหวังและความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19)

โกศวัต รัตโนทยานนท์

*หลักสูตรการจัดการการท่องเที่ยวและการบริการเชิงนวัตกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : kosawat@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) ตั้งแต่ปี 2563 เป็นต้นมาทำให้มนุษย์ต้องปรับเปลี่ยนชีวิตประจำวันหลายอย่าง คำว่า “New Normal” ซึ่งการแพร่ระบาดของโรคดังกล่าวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยทำให้ผู้คนเจ็บป่วยและล้มตายจำนวนมาก จนกลายเป็นความสูญเสียที่ไม่เคยพบมาก่อน ฉะนั้นผู้คนจึงจำเป็นต้องป้องกันตนเองเพื่อให้มีชีวิตรอดด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดำรงชีวิตใหม่ที่ผิดไปจากวิถีเดิม โดยมีการปรับหาวิถีการดำรงชีวิตตามมาตรฐานแบบใหม่เพื่อให้ปลอดภัยจากการติดเชื้อ ควบคู่ไปกับกับฟื้นฟูศักยภาพทางเศรษฐกิจและธุรกิจ โดยเฉพาะธุรกิจท่องเที่ยว ธุรกิจขนส่ง และธุรกิจบริการที่เป็นรายได้หลักของประเทศไทย การพัฒนาการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่จึงมีความจำเป็นสำหรับเหตุการณ์นี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เพศชาย มีความคาดหวังมากที่สุดจากการรักษาระยะห่างทางสังคม คิดเป็นร้อยละ 32.60 ส่วนเพศหญิงมีความคาดหวังการมีระบบการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาด คิดเป็นร้อยละ 30.50 สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของความพึงพอใจทางด้านเพศ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเพศชายมีความพึงพอใจด้านการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาดในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสมากกว่าเพศหญิง และเมื่อเปรียบเทียบทางด้านอายุ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทางด้านระบบการรักษาระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19

***คำสำคัญ*** : ความคาดหวัง, ความพึงพอใจ, ชีวิตวิถีใหม่

# Tourist's Expectation and Satisfaction in One day Trip by The BTS SkyTrain under New Normal Way of Life after Coronavirus (Covid-19) Pandemic Situation

Kosawat Ratanothayanon

*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: kosawat@tni.ac.th

*Abstract*

The epidemic of coronavirus (Covid-19) since 2020 has forced many people to change their daily lives. Many people got sick and died becoming a loss that has never been met before. Therefore, people need to protect themselves in order to survive by modifying new lifestyles that are different from the old way, applying a new standardized way of living to be safe from infection coupled with the restoration of economy and business, especially, tourism business, transportation business, and service businesses that are the main income of Thailand. The development of new forms of tourism is necessary for these circumstances. Therefore, the researcher is interested in studying a day trip with the BTS SkyTrain under the new way of life. The study found that males had the greatest expectations from social distancing, accounting for 32.60 percent, while females had expectations of having a system of hygiene and cleanliness, accounting for 30.50 percent. As for the comparison of the satisfactions, found that there was a statistically significant difference at the .05 level with males having satisfaction with health care and cleanliness on a day trip with the BTS SkyTrain than females. And when comparing among ages, there was a statistically significant difference of .05 in terms of social distancing to prevent the spread of COVID-19.

***Keywords***: Expectation, Satisfaction, New Normal Way of Life

## 1) บทนำ

จากการแพร่ระบาดของเชื้อโคโรน่าไวรัส (COVID-19) ตั้งแต่ต้นปี 2563 เป็นต้นมาได้ส่งผลให้รูปแบบการดำเนินชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงจากเดิมไปอย่างสิ้นเชิง รวมไปถึงพฤติกรรมการท่องเที่ยวก็ต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน (พัชรียา แก้วชู, 2564) การระบาดของเชื้อโคโรน่าไวรัส (COVID-19) ทำให้มนุษย์ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินชีวิตหลายอย่าง เช่น การทำงานที่บ้าน (Work from Home) การออกนอกบ้านไปที่ใดก็ต้องสวมใส่หน้ากากอนามัยกันทุกคนและพกแอลกอฮอล์ล้างมือ จึงทำให้เกิดเป็นชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ขึ้น

จากการดำเนินวิถีชีวิตในรูปแบบใหม่ (New Normal) ได้ส่งผลให้รูปแบบการท่องเที่ยวเปลี่ยนแปลงไป การท่องเที่ยวไปในสถานที่ต่างๆ จะต้องคำนึงถึง สุขภาพอนามัย (Sanitation) ความสะอาด (Hygiene) ความปลอดภัย (Safety) ระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) การประยุกต์ใช้ดิจิทัล (Digital) ความเชื่อถือได้ (Reliability) และความรับผิดชอบต่อสังคม (Responsibility) เพื่อให้เกิด “ความสมดุล” เพื่อทำให้เกิดความสามารถในการบริหารจัดการกับสภาวะที่ไม่เป็นปกตินี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พิริยะ ผลพิรุฬห์ และคณะ, 2564) ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวส่งผลให้รูปแบบการท่องเที่ยวเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมสู่แนวทางการท่องเที่ยวที่ต้องระมัดระวังตัวมากขึ้น การท่องเที่ยวรูปแบบใหม่จึงมีความสำคัญภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) ซึ่งส่งเสริมให้เกิดรายได้ทางการท่องเที่ยวให้กับประเทศไทยอีกทางหนึ่ง

สำหรับการขนส่งระบบรางโดยรถไฟฟ้าบีทีเอสเป็นทำให้ผู้คนสามารถไปถึงจุดหมายปลายทางด้วยความสะดวกสบาย รวดเร็ว ปลอดภัย และประหยัดเวลาในการเดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวมากมายหลากหลาย อาทิเช่น ห้างสรรพสินค้า แหล่งบันเทิง ร้านอาหารและเครื่องดื่มที่ตั้งอยู่เรียงรายไปตามเส้นทางที่รถไฟฟ้าบีทีเอสผ่าน จึงเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นพาหนะประเภทหนึ่งในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวที่ต้องการประหยัดเวลาในการเดินทางท่องเที่ยว

## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังนี้

1. เพื่อศึกษาความคาดหวังของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส ภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ เมื่อจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศ
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส ภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ เมื่อจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศและอายุ
3. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส ภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศและอายุ

## 3) วิธีดำเนินการวิจัย

### *3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 5,527,994 คน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2564) ซึ่งทราบถึงจำนวนประชากร ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างในกรณีที่ทราบจำนวนประชากรจากค่าความคลาดเคลื่อน 5% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยผลจากการคำนวณได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน และใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2563).

### *3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยเครื่องมือนี้ได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบพิจารณาด้านความตรงตามเนื้อหา โดยใช้การประเมินความสอดคล้อง (IOC) และปรับปรุงแก้ไข จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับประชากรที่มีลักษณะเช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาตามสูตรของครอนบาคได้ .832 แสดงว่า แบบสอบถามมีความเที่ยงเชิงความสอดคล้องภายในสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2563)

### *3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

ผู้วิจัยจัดส่งแบบสอบถามให้ประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยใช้บริการการเดินทางท่องเที่ยวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้การวิเคราะห์ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การแจกแจงแบบที (t-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) ด้วยความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 4) ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามในด้านเพศ พบว่า เพศของผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุด ได้แก่ เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 65 และเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 35 ส่วนในด้านอายุ พบว่า อายุของผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุด ได้แก่ อายุระหว่าง 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 65

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคาดหวังของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส ภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ เมื่อจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศ

ตารางที่ 1 แสดงค่าความถี่และค่าร้อยละของความคาดหวังของนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานภาพด้านเพศ

| ความคาดหวัง | เพศชาย | | เพศหญิง | |
|---|---|---|---|---|
| | ค่าความถี่ | ร้อยละ | ค่าความถี่ | ร้อยละ |
| ระยะห่างทางสังคม | 116 | 32.60 | 128 | 19.50 |
| สุขภาพอนามัย | 100 | 28.10 | 200 | 30.50 |
| ความรับผิดชอบ | 84 | 23.60 | 172 | 26.20 |
| สะดวก รวดเร็ว | 56 | 15.70 | 156 | 23.80 |
| รวม | 356 | 100 | 656 | 100 |

จากตารางที่ 1 พบว่าเพศชาย มีความคาดหวังในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสมากที่สุด ได้แก่ การรักษาระยะห่างทางสังคม คิดเป็นร้อยละ 32.60

เพศหญิง มีความคาดหวังในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสมากที่สุด ได้แก่ การมีระบบการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาด คิดเป็นร้อยละ 30.50

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว ปรากฏผลดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานภาพด้านเพศ

| ความพึงพอใจ | เพศชาย | | เพศหญิง | |
|---|---|---|---|---|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| การรักษาระยะห่างทางสังคม | 3.80 | 1.04 | 3.69 | 1.14 |
| มีระบบการรักษาสุขภาพอนามัย | 4.20 | 1.04 | 3.72 | 1.11 |
| สะดวก สบาย รวดเร็ว | 4.34 | 0.83 | 4.29 | 0.72 |
| ภาพรวม | 3.97 | 0.85 | 4.06 | 0.72 |

จากตารางที่ 2 พบว่า เพศชาย มีระดับความพึงพอใจด้านการเดินทางสะดวก สบาย รวดเร็ว อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และความพึงพอใจในภาพรวมในการให้บริการในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียว อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97

เพศหญิง มีระดับความพึงพอใจด้านการเดินทางสะดวก สบาย รวดเร็ว อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และความพึงพอใจในภาพรวมในการให้บริการในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียว อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานภาพด้านอายุ

| ความพึงพอใจ | น้อยกว่า 20 ปี | | 20-30 ปี | | มากกว่า 30 ปี | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| ระยะห่าง | 3.88 | 1.09 | 3.89 | 1.18 | 3.00 | 0.00 |
| อนามัย | 4.00 | 0.85 | 3.92 | 1.20 | 3.67 | 0.95 |
| สะดวก เร็ว | 4.47 | 0.85 | 4.26 | 0.79 | 4.33 | 0.47 |
| ภาพรวม | 4.00 | 0.91 | 4.05 | 0.83 | 4.00 | 0.00 |

จากตารางที่ 3 พบว่า อายุน้อยกว่า 20 ปี อายุ 20-30 ปี และอายุมากกว่า 30 ปี มีระดับความพึงพอใจด้านการเดินทางสะดวก สบาย รวดเร็ว อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47, 4.26 และ 4.33 ตามลำดับ

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส ภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) ปรากฏผลดังตารางที่ 4, 5, 6 และ 7

ตารางที่ 4 แสดงค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศ

| ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว | t-Value | P-Value |
|---|---|---|
| การรักษาระยะห่างทางสังคม | 0.93 | 0.35 |
| สุขภาพอนามัย และความสะอาด | 4.20 | 0.00* |
| การเดินทางสะดวก สบาย รวดเร็ว | 0.61 | 0.54 |
| ภาพรวม | -1.07 | 0.29 |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศ พบว่า ความพึงพอใจด้านการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาดในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส เช่น มีการให้บริการด้วยเจลแอลกอฮอล์ล้างมือในหลายจุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 แสดงค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาดในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านเพศ

| เพศ | จำนวน | Mean | S.D. | t-Value | P-Value |
|---|---|---|---|---|---|
| ชาย | 140 | 4.20 | 1.040 | 4.20 | 0.00* |
| หญิง | 260 | 3.72 | 1.105 | | |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาดในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส จำแนกตามเพศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเพศชายมีความพึงพอใจด้านการรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาดในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสมากกว่าเพศหญิง

ตารางที่ 6 แสดงค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านอายุ

| ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว | F-Value | P-Value |
|---|---|---|
| การรักษาระยะห่างทางสังคม | 21.11 | .000* |
| รักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาด | 1.93 | 0.15 |
| การเดินทางสะดวก สบาย รวดเร็ว | 2.10 | 0.12 |
| ภาพรวม | 0.16 | 0.85 |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านอายุ พบว่า ด้านการเดินทางท่องเที่ยวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสมีระบบการรักษาระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยจึงทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffe)

ตารางที่ 7 แสดงค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการรักษาระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านอายุ

| อายุ | Mean | น้อยกว่า 20 ปี | 20-30 ปี | มากกว่า 30 ปี |
|---|---|---|---|---|
| | | 3.88 | 3.89 | 3.00 |
| น้อยกว่า 20 ปี | 3.88 | - | 0.10 | 0.88* |
| 20-30 ปี | 3.89 | | - | 0.89* |
| มากกว่า 30 ปี | 3.00 | | | - |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 7 พบว่า ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการรักษาระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) ในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านอายุเป็นรายคู่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ผู้ที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี มีความพึงพอใจต่อการรักษาระยะห่างทางสังคมมากกว่าผู้ที่มีอายุมากกว่า 30 ปี และผู้ที่มีอายุระหว่าง 20-30 ปี มีความพึงพอใจต่อการรักษาระยะห่างทางสังคมมากกว่าผู้ที่มีอายุมากกว่า 30 ปีขึ้นไป

5) สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า ความคาดหวังในการเดินทางด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับประเด็นด้านการรักษาระยะห่างทางสังคม และ การมีระบบรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาดมากที่สุดโดยสอดคล้องกับงานวิจัยของพิริยะ ผลพิรุฬห์ และคณะ (2564) ที่พบว่าการท่องเที่ยวไปในสถานที่ต่างๆ จะต้องคำนึงถึง สุขภาพอนามัย (Sanitation) ความสะอาด (Hygiene) ความปลอดภัย (Safety) ระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) การประยุกต์ใช้ดิจิทัล (Digital) ความเชื่อถือได้ (Reliability) และความรับผิดชอบต่อสังคม (Responsibility) เพื่อให้เกิด “ความ

สมดุล” ส่วนประเด็นด้านความพึงพอใจนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในด้านการเดินทางท่องเที่ยวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสเป็นการเดินทางที่มีความสะดวก สบาย และความรวดเร็วในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว ร้านอาหารและเครื่องดื่มใกล้เคียงกับสถานที่ที่จะไปอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งเพศชายและเพศหญิงโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 และ 4.29 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิริยา ประสาลีบุตร (2561) ที่พบว่าผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าบีทีเอส สายสุขุมวิท สายสีลม ต่างก็ต้องการความสะดวกสบาย ความรวดเร็ว รวมถึงความปลอดภัยในการเดินทาง และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลด้านอายุ พบว่า การเดินทางท่องเที่ยวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสมีระบบการรักษาระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยจึงทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffe) ปรากฏผลว่า ผู้ที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี มีความพึงพอใจต่อการรักษาระยะห่างทางสังคมมากกว่าผู้ที่มีอายุมากกว่า 30 ปี และผู้ที่มีอายุระหว่าง 20-30 ปี มีความพึงพอใจต่อการรักษาระยะห่างทางสังคมมากกว่าผู้ที่มีอายุมากกว่า 30 ปีขึ้นไป

### 6) ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐบาลและเอกชนควรสนับสนุนด้านการเดินทางท่องเที่ยวด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอสจากความคาดหวังในการเดินทางด้วยรถไฟฟ้าบีทีเอส นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับประเด็นด้านการรักษาระยะห่างทางสังคม และ การมีระบบรักษาสุขภาพอนามัย และความสะอาด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป จากการศึกษาความคาดหวังและความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการเดินทางท่องเที่ยวแบบวันเดียวด้วยระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสภายใต้ชีวิตวิถีใหม่ภายหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรน่าไวรัส (โควิด-19) เพื่อให้เกิดผลดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้มีการศึกษาจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคของรถไฟฟ้าบีทีเอส โดยเปรียบเทียบกับการบริการขนส่งประเภทอื่นๆ เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในประเทศไทยต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยสามารถเป็นไปตามกำหนดการของแผนการดำเนินงานวิจัย โดยได้รับความกรุณาจากคณะผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยชี้แนะเนื้อหาและปรับแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจนครบถ้วนสมบูรณ์ได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน และข้อมูลต่างๆจากบริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้ได้ลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้มาตั้งแต่เล็กจนเติบใหญ่ ตลอดจนขอขอบคุณบุคคลและหน่วยงานต่างๆที่ได้กล่าวมาข้างต้นที่ได้มีส่วนช่วยสนับสนุนให้โครงการวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

### REFERENCES

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 8. (2564). สู่ชีวิตวิถีใหม่ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ. นครราชสีมา: ผู้แต่ง

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2563). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. นนทบุรี : เอส.อาร์.พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์.)

บีทีเอสตั้งการ์ดสูง รับมือโควิด (10 มิถุนายน 2564). ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. สืบค้นจาก https://www.prachachat.net/ public-relations/news-687924

พรหมศิริ ปานเจริญ และ พัฒน์ พิสิษฐเกษม. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : วารสารรังสิตบัณฑิตศึกษาในกลุ่มธุรกิจและสังคมศาสตร์. สืบค้นจาก https://so02.tcithaijo.org/index.php/ibas/article/download/117885/104428/

พัชรียา แก้วชู. (2564). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการท่องเที่ยวแบบ New Normal หลังการแพร่ระบาดโควิด-19. มหาวิทยาลัยรามคำแหง ประเทศไทย.

พิริยะ ผลพิรุฬห์ และคณะ. (2564). Covid-19 ต่อภาคการท่องเที่ยวไทยผลกระทบและแนวทางแก้ไขปัญหา (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2540). ทฤษฎีความคาดหวัง. สืบค้นจากhttps://www.novabizz.com/NovaAce/Behavior/Expectancy_Theory.htm

สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่. (2563). New Normal “ชีวิต วิถีใหม่”. สืบค้นจาก https://district.cdd.go.th/maeai/2020/06/30new-normal

# การประยุกต์ใช้ Color Image Scale กับข้อมูลสีในงานออกแบบสำหรับผู้สูงอายุ

# Application of Color Image Scale with Color Information in Design for the Elderly

1st คณากาญจน์ รักไพฑูรย์
Kanakarn Ruxpaitoon
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ / สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Information Technology*
*Thai-Nichi institute of technology*
Bangkok / Thailand
kanakarn@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* —การสร้างจุดเด่นโดยใช้องค์ประกอบทางศิลปะเรื่องสี ในงานออกแบบเพื่อให้โดดเด่น สะดุดตา จัดได้ว่าเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญ โดยเฉพาะสังคมไทยที่เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ งานออกแบบต่าง ๆควรที่จะต้องให้ความสำคัญกับการเลือกใช้โทนสี เนื่องจากการใช้สีในงานออกแบบนั้นสามารถช่วยในการมองเห็น การแยกแยะ ลดอุบัติเหตุต่าง ๆที่อาจจะเกิดกับผู้สูงอายุ และการใช้สีสามารถส่งผลต่อการรับรู้ทางจิตวิทยาของมนุษย์เป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลสีซึ่งประกอบด้วยสี(Hue), ค่าความสว่างของสี (Lightness), ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) มาร่วมผสมผสานกับแนวคิดของตาราง Color Image Scale ที่สามารถช่วยสื่อความหมายของสี เพื่อเป็นแนวทางให้นักออกแบบสามารถการเลือกใช้โทนสีเพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการมองเห็นสี ช่วยในการแยกแยะพื้นที่สุ่มเสี่ยงบริเวณต่าง ๆภายในที่อยู่อาศัย โดยการเลือกใช้สีจากป้ายสัญลักษณ์ห้องน้ำและการใช้สีภายในห้องน้ำภายในบ้าน**

***คำสำคัญ* —ข้อมูลสี,Color Image Scale,การออกแบบป้ายสัญลักษณ์, การออกแบบการใช้สีภายใน**

***ABSTRACT* — Creating highlights by using color artistic elements in the design to stand out and be eye-catching should be considered as an important factor, especially in Thai society that has fully entered into the aging society. Design work should be focused on the choice of color schemes, because the use of color schemes in the design not only help to vision and distinguish better but also reduce various accidents that may happen to the elderly. And the use of color can greatly affect the perception of human psychology. This research therefore presents the analysis of color information, which includes Hue, Lightness, Saturation, Color contrast ratio to improve the choice of color in design for the elderly. By applying the concept of color choosing according to the Color Image Scale principle in order to get representatives of the recommended color groups to link in choosing the use of different tones that can create harmony and can help convey meaning from the use of color in the design for the benefit of designers for choosing colors in designs for the elderly. This can help to increase the potential of color vision for identifying different risk areas. For example, choosing the color for the restroom sign and using the color in the restroom.**

***Keywords* — Color Information, Color Image Scale, Symbol Sign Design, Interior Color Design**

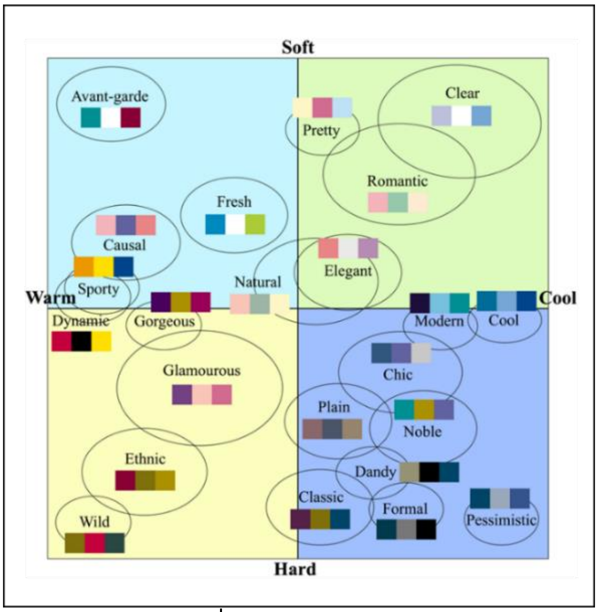
## I. บทนำ

ปัจจุบันสังคมผู้สูงอายุในประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การรับมือกับปัญหาผู้สูงอายุจึงเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้และจัดเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับสังคมไทย ภายในปี พ.ศ.2564 ประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ [1] ทั้งนี้สัดส่วนของประชากรวัยทำงานที่สามารถดูแลผู้สูงอายุเฉลี่ยอัตราส่วน 1 ต่อ 4 คน จากสภาพแวดล้อมทางด้านกายภาพส่งผลให้ผู้สูงอายุประสบปัญหาการรับรู้ทางประสาทสัมผัส ได้แก่ รูป รส กลิ่น เสียง ซึ่งจะเสื่อมถอยตามอายุที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวันสำหรับผู้สูงอายุคือ ปัญหาทางด้านการมองเห็นเป็นอันดับต้นๆคือ ปัญหาต้อกระจก (Cataract) เป็นโรคที่เกิดจากเลนส์แก้วตาขุ่น ซึ่งทำให้แสงผ่านเข้าสู่เลนส์ตาไม่ได้จึงทำให้ความสามารถการมองเห็นลดลง มองภาพเป็นอมเหลืองหรือสีซีดจางลง ผู้ป่วยมักเข้าใจว่าความพร่ามัวเกิดจากระดับสายตาที่มีปัญหา เช่น สายตาสั้น และนำไปสู่การเปลี่ยนแว่นตาหรือคอนแท็คเลนส์บ่อย ๆ โรคต้อกระจกในระยะเริ่มต้นยากที่จะสังเกต เนื่องจากต้องใช้เวลาหลายปีกว่าอาการของต้อกระจกจะรุนแรงมากขึ้นจนกระทบต่อการมองเห็นส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันจึงจะสามารถเข้ารับการผ่าตัด โดยสาเหตุของต้อกระจกประมาณร้อยละ 95 เกิดจากการเสื่อมตามวัย และมีปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ เช่น คลอเลสเตอรอลสูง โรคเบาหวาน และการขาดสารอาหารบางอย่าง เป็นต้น [2] ผู้สูงอายุหลายคนมีปัญหาต้อกระจก

สามารถแบ่งตามช่วงอายุตั้งแต่ วัย 50 ปี คิดเป็น 37-54% วัย 60 ปี คิดเป็น 66-83% วัย 70 ปี คิดเป็น84-97% และวัย 80 ปีขึ้นไปแทบจะ 100% [3] ซึ่งโรคต้อกระจกในช่วงระยะเริ่มต้นจะไม่ส่งผลต่อการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุโดยความคมชัดของสายตายังคงปกติ แต่ส่งผลทำให้การมองเห็นความอิ่มตัวของสีลดลง ยิ่งอายุที่เพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุ ความสามารถในการมองเห็นสีหรือการเรียกชื่อสีได้ถูกต้องจะลดลง เนื่องจากการมองเห็นค่าความอิ่มตัวของสีและแสงสว่างที่เข้ามาสู่เลนส์ตามีปริมาณแสงลดลงส่งผลต่อการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุ ซึ่งจากความบกพร่องจากที่กล่าวมาย่อมส่งผลกระทบต่อด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านอารมณ์และสังคม ด้วยสภาพแวดล้อมการอยู่อาศัยที่คุ้นเคยของเราไม่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ จึงเกิดข้อจำกัดในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ ซึ่งอุบัติเหตุมักเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยรอบตัว ตัวอย่างเช่น การเกิดอุบัติเหตุภายในบ้าน การหกล้ม เพราะเฟอร์นิเจอร์ในบ้านกีดขวางทางเดิน รวมถึงการขึ้นลงบันได การมองเห็นราวบันได เป็นต้น ในปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุเพื่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อสังคมผู้สูงอายุ นักออกแบบมีหน้าที่สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสามารถตอบสนองการใช้งานของผู้สูงอายุ แต่ในบางครั้งนักออกแบบกับการเลือกใช้สีในงานออกแบบ ส่งผลกระทบต่อผู้สูงอายุ เนื่องจากการมองเห็นสีของผู้สูงอายุนั้นแตกต่างจากวัยต่างๆ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการ Recolor Color เพื่อสร้างทางเลือกในการใช้สีเบื้องต้นที่เป็นมิตรสำหรับผู้สูงอายุ ด้วยเหตุนี้คณะวิจัยจึงศึกษาการใช้สีในงานออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและทุกคน (Universal Design) ซึ่งเน้นการใช้สีในงานออกแบบโดยคำนึงถึงหลักของการวิเคราะห์ข้อมูลของสีที่ประกอบด้วย สี (Hue),ค่าความสว่างของสี (Lightness),ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation), ค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) มาร่วมกับตาราง Color Image Scale ที่แฝงความหมายคำศัพท์ในการสื่ออารมณ์ต่างๆ มาประยุกต์กับการใช้สีในการออกแบบต่างๆ เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถใช้ชีวิตได้อย่างมีความสุข ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ และสามารถพึ่งพาตัวเองได้

## II. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Color Image Scale [4] พัฒนาโดยสถาบันวิจัยและการออกแบบสีของประเทศญี่ปุ่น นำเสนอชุดสีกับค่าสีในตารางเพื่อให้ทราบถึงความหมายสีในแต่ละชุดสี ซึ่งในชุดสีเหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบสื่อต่างๆ ไม่ว่าจะงานสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อดิจิทัลเป็นต้น โดยโครงสร้างของสีถูกพัฒนามาจากMunsell Color System โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มโทนสี Soft-Hard และ Warm-Cool ภายใน Color Image Scale รูปที่ I.ประกอบด้วย 23 กลุ่มอารมณ์ และแบ่งออกเป็นคำศัพท์สำคัญแสดงภาพลักษณ์ต่างๆ เรียกว่า Key Image Word ทั้งหมด 160 คำศัพท์ ดังนั้นตารางสี Color Image Scale จึงเป็นเครื่องมือช่วยคัดเลือกโทนสีในงานออกแบบต่างๆ ได้เป็นอย่างดี




รูปที่ I. Color Image Scale

Ruxpaitoon,Thiptarajan และLertrusdachakul[5] ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำตัวแทนกลุ่มสี Color Image Scale มาร่วมประยุกต์ใช้ในงานออกแบบผ่านทางภาพถ่ายจากสถานที่ท่องเที่ยวมาหาค่าตัวแทนสี (Representative Color) เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามหลัก Color Image Scale ประยุกต์และวิเคราะห์ข้อมูลสีสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อของที่ระลึกจากสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย

Nagano Association of Architects & Building Engineers [6] งานวิจัยที่นำเสนอแนวคิด Color System เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การมองเห็นสีของผู้สูงอายุ โดยผ่านตัวกรองแสงสีเหลือง เพื่อทำการจำลองสภาวะเลนส์แก้วตาขุ่นของผู้สูงอายุ โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ศึกษาวิเคราะห์การมองเห็นสีของผู้สูงอายุ โดยแบ่งออกเป็นการเห็นสีโทนร้อน โทนเย็น ความอิ่มตัวของสี ความสว่างของสี เพื่อนำผลลัพธ์ของการมองเห็นของสีมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบการใช้สีในป้ายบอกทางต่างๆภายในอาคารสถานที่ของหน่วนงานราชการทางจังหวัด Nagano

Aichi Prefecture Health and Welfare Department Disability Welfare Division [7] เพื่อสอดคล้องกับการมองเห็นสีของผู้สูงอายุ ที่เข้ามาใช้บริการในหน่วยงานราชการ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการออกแบบข้อมูลภาพของจังหวัด Aichi โดยมุ่งเน้นการออกแบบให้ข้อมูลอ่านง่ายและเข้าใจง่ายแก่ทุกคน เช่น ผู้ที่มีความบกพร่องทางสี หรือผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

Color Design [8] การออกแบบไม่ใช่แค่การใช้สีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงข้อมูลของสี ความแตกต่างของความสว่างของสี และความอิ่มตัวของสี เช่น การจับคู่สีที่แยกยาก เช่น สีน้ำเงินและสีม่วง, เขียวเข้มและน้ำตาล, แดงและเขียว เป็นต้น ฉากหลังกับตัวอักษรค่าความเปรียบต่างContrast ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เทคนิคการจับคู่สี Visual Effects of Colorโดยการจำแนกความเปรียบต่างของสีทั้งสาม Lightness Contrast, Saturation Contrast, and Color Contrast การมองเห็นสีเดียวกันในฉากหลังที่แตกต่างย่อมส่งผลกระทบต่อการมองเห็นสี

K.Maki,N.Tanaka และM.Todomo [9] งานวิจัยในการใช้สีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอ่านให้มองเห็นง่ายขึ้นสำหรับผู้อ่าน ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่า

ความสว่าง (Lightness) ค่ายิ่งสูงยิ่งอ่านง่ายขึ้น ส่งผลให้ความอิ่มตัวของสี (Saturation)ยิ่งเห็นมากขึ้น

M.Miyamoto [10] ซึ่งได้ศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการมองเห็นสีของผู้สูงอายุ ค่าความสว่าง (Lightness)มีผลต่อการรับรู้สีทั้งในวัยสูงอายุและวัยหนุ่มสาว

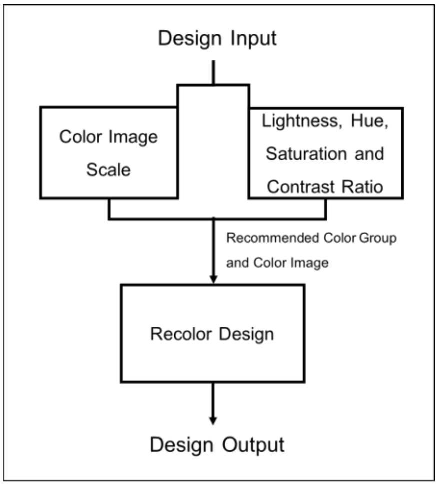
Margaret S. Livingstone [11] การมองเห็นสีในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเรียกว่า (Purkinje Effect) ของเซลล์รูปกรวย (Cone Cell) และเซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) ที่มีการรับรู้การมองเห็นสีที่แตกต่างกัน โดยการรับรู้สีในช่วง Day Vision ของเซลล์รูปกรวย (Cone Cell) รับรู้สีแดง, สีเหลือง, และสีเขียวได้ดี ส่วนเซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) ในช่วง Night Vision หรือแสงน้อยในยามกลางคืนจะสามารถมองเห็นสีน้ำเงินได้ดี

Nihon Karakodineta Kyokai [12] ซึ่งการใช้สีไม่ว่าจะโทนร้อนโทนเย็นมีผลต่อความรู้สึกทางจิตวิทยาของมนุษย์ -3 องศา โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจึงหลีกเลี่ยงการใช้สีโทนเย็นในการออกแบบห้องน้ำ เพราะส่งผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคหัวใจจะรู้สึกหนาวมากกว่าคนปกติ ดังนั้นจึงนิยมใช้สีโทนร้อน เช่น สีเบจ (Beige), สีครีม (Cream) เป็นต้น

คณะวิจัยจึงได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลของสีร่วมกับการคัดเลือกกลุ่มสีจากตาราง Color Image Scale เพื่อใช้ในการ Recolor Color เพื่อให้ได้การใช้กลุ่มสีที่เหมาะสมและช่วยส่งเสริมการใช้สีในงานออกแบบต่าง ๆให้เหมาะสมกับสังคมผู้สูงอายุในปัจจุบัน

## III. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสีร่วมกับการประยุกต์ใช้ตาราง Color Image Scale ขั้นตอนแสดงการทำงานในรูปที่ II. ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นงานออกแบบสำหรับ Recolor Color เมื่อได้กำหนดชิ้นงานแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือ การวิเคราะห์ข้อมูลสี เพื่อนำมาร่วมประยุกต์ใช้กับตาราง Color Image Scale เพื่อค้นหากลุ่มตัวแทนสี ซึ่งภายในกลุ่มสีต่าง ๆจะมีความหมายแฝงและมีข้อมูลของสีประกอบการใช้งาน นอกจากนี้ต้องอาศัยหลักการทางการออกแบบซึ่งมีองค์ประกอบทางศิลปะที่สำคัญคือ ความสุนทรียศาสตร์ทางการใช้สีในงานออกแบบเพื่อให้งานออกแบบ สามารถมองเห็นได้ง่ายชัดเจนในการแยกแยะสำหรับผู้สูงอายุ




รูปที่ II. ขั้นตอนกระบวนวิเคราะห์ข้อมูลสีกับตาราง Color Image Scale

*III. I เตรียมชิ้นงานออกแบบสำหรับ Recolor Design*

ในการวิจัยครั้งนี้ชิ้นงานที่ใช้สำหรับ Recolor design งานออกแบบ เช่น การออกแบบการใช้สีภายในห้องน้ำ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการจำลองบรรยากาศภายในห้องน้ำด้วยรูปแบบสามมิติ เพื่อให้การเลือกใช้สีสามารถสื่อสารได้มากที่สุด นอกจากนี้เตรียมชิ้นงานการออกแบบในรูปแบบสองมิติในรูปแบบของสัญลักษณ์ป้ายห้องน้ำเพื่อใช้สำหรับการเลือกโทนสีในชิ้นงาน เป็นต้น

*III. II การวิเคราะห์ข้อมูลสี*

ภายในข้อมูลของสี ซึ่งประกอบด้วยสี(Hue),ค่าความสว่างของสี (Lightness), ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation), ค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) วิเคราะห์ร่วมกับการหากลุ่มสีจากตาราง Color Image Scale ที่มี Key Image Word ทั้งหมด 160 คำศัพท์ โดยการพิจารณากลุ่มสีที่มีความเหมาะสมกับชิ้นงานของแต่ละประเภทของงานออกแบบ โดยอาศัยการเลือกคู่สีที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน จากค่าความเปรียบต่างของสีสูง เพราะสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพในการมองเห็นสีในงานออกแบบต่าง ๆ สำหรับผู้สูงอายุ

$$\text{Contrast Ratio} = \frac{(\square 1+0.05)}{(\square 2+0.05)} \qquad (1)$$

โดย ค่า $\square$1 คือ ค่าความสัมพันธ์ของความสว่างของสีมากที่สุด

ค่า $\square$2 คือ ค่าความสัมพันธ์ของความสว่างของสีน้อยที่สุด

## IV. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

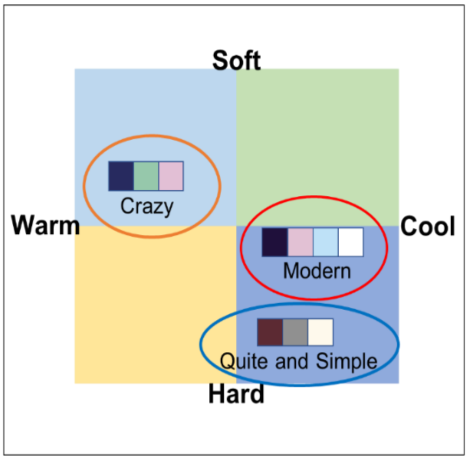
ในปัจจุบันนักออกแบบต่างออกแบบให้ชิ้นงานดูแปลกตา มีการดีไซน์ที่สร้างสรรค์ จนบางครั้งลืมคำนึงถึงการมองเห็นของกลุ่มผู้สูงอายุ ที่มีปัญหาทางสายตาทำให้เกิดการแยกแยะได้ลำบาก จากรูปที่ III.ตัวอย่างงานออกแบบสัญลักษณ์ป้ายห้องน้ำ (Toilet Sign) ในรูปแบบสองมิติ โดยเน้นการออกแบบที่ให้ความรู้สึกที่เรียบง่าย เน้นการตัดทอนรายละเอียดในชิ้นงานแต่เนื่องจากการใช้โทนสีเป็นสีดำ ทำให้เกิดอุปสรรคในการมองเห็นของผู้สูงอายุที่ค่อนข้างลำบากเมื่อป้ายห้องน้ำอยู่ในระยะไกลและในบริเวณที่แสงสว่างน้อย

รูปที่ III. ป้ายสัญลักษณ์ห้องน้ำ

(*แหล่งที่มา : https://unsplash.com/photos/_wWaO9HhXY4*)

ดังนั้นการพิจารณา Recolor Design ให้กลมกลืนกับสถานที่ อาคาร ที่เน้นความโมเดิร์น โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลสีร่วมกับตาราง Color Image

Scale กลุ่มสีที่สามารถทำให้การมองเห็นสีที่เด่นชัดและแยกแยะได้ง่าย ตัวแทนของกลุ่มสีที่แนะนำคือ Modern ตัวแทนกลุ่มสีที่อยู่ในช่วงโทนสี เย็น – สว่างของ Color Image Scale และคำศัพท์ที่สื่อความหมาย คือ ร่วมสมัย, ความทันสมัย เพื่อใช้ประกอบในการเลือกคู่สีสำหรับงานออกแบบ จากรูปที่ IV.การเลือกใช้สีในงานออกแบบจากตาราง Color Image Scale ซึ่งได้แสดงคำศัพท์ในการสื่อความหมายของชิ้นงานออกแบบป้ายสัญลักษณ์ งานออกแบบการใช้สีภายในห้องน้ำ




รูปที่ IV. งานออกแบบ Recolor Design กับตาราง Color Image Scale

โดยนำค่าสีจากตาราง Color Image Scale มาแปลงเป็นค่าสีมาตรฐาน CIE L*a*b* ซึ่งเป็นระบบสีที่มีความสัมพันธ์กับการมองเห็นสีของมนุษย์ ค่า L* หมายถึงค่าความสว่างของสี ส่วน a* และ b* คือการกำหนดค่าสี ดังนี้ +a* คือสีที่อยู่ในทิศทางสีแดง +b* คือสีที่อยู่ในทิศทางสีเหลือง ส่วน -a* คือสีที่อยู่ในทิศทางสีเขียว และ-b*คือ ทิศทางของสีน้ำเงิน ซึ่งค่า CIE L*a*b*โดยนำค่า L* เพื่อมาใช้ในการค้นหาค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) จากตารางที่ I. แสดงค่าความสว่างของสี L*(Lightness) แต่ละสีของตัวแทนกลุ่มสีที่แสดงถึงการไล่ค่าความสว่างจากน้อยไปมาก และนำสีวัตถุพื้นหลังกับสีวัตถุพื้นหน้ามาเปรียบเทียบค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio ) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการมองเห็นสีของผู้สูงอายุ

ตารางที่ I. ค่าเปรียบเทียบความสว่างของสี (Lightness)กับค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio)

| No. | L* | a* | b* | สีวัตถุพื้นหน้า | สีวัตถุพื้นหลัง | Contrast Ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9 | 16 | -26 | | | |
| 2 | 81 | 15 | -6 | | | 10.67 |
| 3 | 88 | -9 | -14 | | | 12.85 |
| 4 | 100 | 0 | 0 | | | 17.61 |

จากรูปที่ V.แสดงถึงการ Recolor Design โดยเลือกใช้สีน้ำเงินเข้มเป็นสีวัตถุพื้นหลังของป้ายสัญลักษณ์ ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสีต่ำ (L*=9) ส่วนการใช้สีของวัตถุพื้นหน้าตัวสัญลักษณ์ผู้หญิงคือ สีชมพู ค่าความสว่างของสีสูง (L*=81) ส่วนการใช้สีของตัวสัญลักษณ์ผู้ชายคือ สีฟ้าอ่อน ค่าความสว่างของสีสูง (L*=88) และส่วนทางด้านตัวอักษร ใช้สีขาว ที่มีค่าความสว่างของสีสูงที่สุด (L*=100) เนื่องจากการเลือกใช้คู่สีที่มีการไล่ค่าความสว่างของสี (Lightness) กับค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) สูง ซึ่งช่วยส่งผลต่อการมองเห็นสีของผู้สูงอายุ สามารถช่วยในการมองเห็นในระยะใกล้ - ไกล การแยกแยะสัญลักษณ์ชายหญิงได้อย่างชัดเจน


รูปที่ V. Recolor Design กลุ่มสี Modern ในงานออกแบบป้ายห้องน้ำ

ห้องน้ำ คือสถานที่ที่ผู้สูงอายุมักจะประสบอุบัติเหตุได้ง่าย เนื่องจากปัญหาในการแยกแยะสีได้ค่อนข้างลำบาก จากรูปที่ VI.ภาพห้องน้ำทั่วไป ซึ่งส่วนมากนิยมใช้สีขาวในการออกแบบห้องน้ำเพื่อความดูสะอาดตา น่าใช้งาน แต่สำหรับผู้สูงอายุการเลือกใช้สีขาวในบริเวณห้องน้ำทั้งห้อง ย่อมเกิดปัญหาการแยกแยะในแต่ละจุดของการใช้งานภายในห้องน้ำ เช่น สีขาวของผนังห้องน้ำกับระยะห่างของโถสุขภัณฑ์ การหยิบกระดาษทิชชู่ เป็นต้น

รูปที่ VI. ห้องน้ำทั่วไป

*(แหล่งที่มา : https://unsplash.com/photos/xXc7zUKIhRw)*

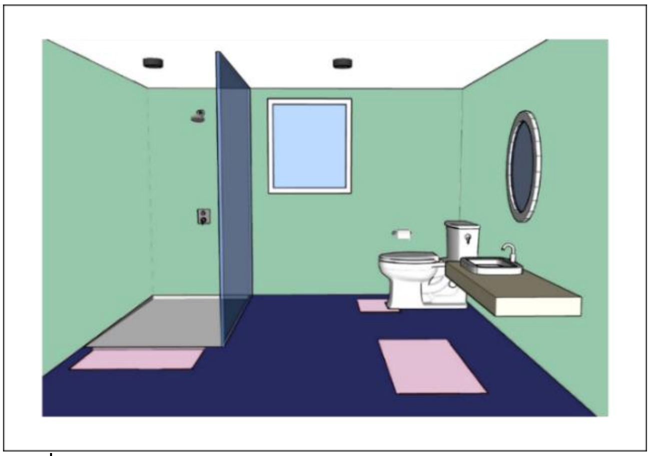
ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลสีต่างๆร่วมกับการคัดเลือกสีภายในตาราง Color Image Scale กลุ่มสีที่แนะนำในการ Recolor Design สำหรับกลุ่มสีที่ง่ายต่อการมองเห็นและช่วยในการแยกแยะพื้นที่ต่างๆภายในห้องน้ำ คือ กลุ่มสีแบบ Crazy และ Quiet and Simple ในรูปที่ IV. กลุ่มสีแบบ Crazy คำศัพท์ที่สื่อความหมาย คือ ความสนุกสนาน,กระตือรือร้น,ดูเป็นธรรมชาติ เพื่อใช้

ประกอบในงานออกแบบ จากตารางที่ II. ค่าความสว่างของสี L* (Lightness) แต่ละสีของตัวแทนกลุ่มสีที่แสดงการไล่ค่าความสว่างจากน้อยไปมาก และได้นำการใช้สีพื้นกระเบื้องกับสีของพรมและสีของผนัง มาเปรียบเทียบค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) โดยค่าความเปรียบต่างของสีสูง ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอุปสรรคในการมองเห็นสีของผู้สูงอายุ

ตารางที่ II. ค่าเปรียบเทียบความสว่างของสี (Lightness)กับค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio)

| No. | L* | a* | b* | สี พรม, สีผนัง | สีพื้น กระเบื้อง | Contrast Ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 12 | -32 | | | |
| 2 | 77 | -21 | 8 | | | 7.08 |
| 3 | 81 | 15 | -6 | | | 8.02 |

จากรูปที่ VII. Recolor Design โดยเลือกใช้สีภายในห้องน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อน สำหรับประเทศไทยนั้น จัดได้ว่ามีอุณหภูมิที่ร้อนตลอดทั้งปีทำให้การใช้สีโทนเย็นไม่ค่อยส่งผลกระทบทางจิตวิทยาต่อผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคหัวใจ ถ้าเทียบกับประเทศที่มีอุณหภูมิหนาวเย็น ดังนั้นการใช้โทนสีภายในห้องน้ำจะเน้นการแยกแยะสัดส่วนพื้นที่ต่าง ๆ ภายในห้องน้ำอย่างชัดเจน ในส่วนของพื้นกระเบื้องห้องน้ำเลือกใช้สีน้ำเงินเข้ม ค่าความสว่างของสีต่ำ (L*= 20) เพื่อช่วยให้แยกแยะการมองเห็นของโถสุขภัณฑ์ที่เป็นสีขาวส่วนสีชมพูของพรมเช็ดเท้าที่มีค่าความสว่างของสีมากกว่าพื้นห้องน้ำ (L*= 81) เป็นการบอกตำแหน่งพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ภายในห้องน้ำอย่างชัดเจน ส่วนผนังห้องน้ำเลือกใช้สีเขียวที่มีค่าความสว่างของสี (L*= 77) เพื่อให้แยกแยะกับพื้นห้องน้ำอย่างชัดเจน และให้ความรู้สึกที่สนุกสนาน มีชีวิตชีวาตรงกับความหมายใน Color Image Scale



รูปที่ VII. Recolor Design กลุ่มสี Crazy กับงานออกแบบการใช้สีภายในห้องน้ำ

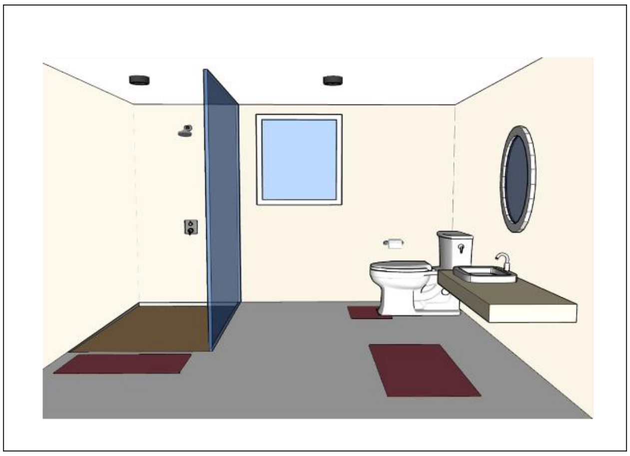
สำหรับประเทศในเขตเมืองหนาว การใช้สีมีผลต่อความรู้สึก[12] เพื่อให้การใช้สีส่งผลทางด้านจิตวิทยาและยังสามารถช่วยในการมองเห็นแยกแยะพื้นที่ใช้สอยสำหรับผู้สูงอายุ จึงได้นำการเลือกใช้โทนสีในกลุ่มของ Quiet and Simple ในรูปที่ IV. ซึ่งกลุ่มสีจัดวางโทนสีกลุ่มเทา ซึ่งสื่อความหมายส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดี มีรสนิยม จากตารางที่ III. ค่าความสว่างของสี L* (Lightness) แต่ละสีของตัวแทนกลุ่มสีที่แสดงการไล่ค่าความสว่างจากน้อยไปมาก และนำการใช้สีพื้นกระเบื้องกับสีของพรม, สีของผนัง มาเปรียบเทียบค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) โดยค่าความเปรียบต่างของสีอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถมองเห็นสีได้ดีในผู้สูงอายุ

ตารางที่ III. ค่าเปรียบเทียบความสว่างของสี (Lightness)กับค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio)

| No. | L* | a* | b* | สี พรม, สีผนัง | สีพื้น กระเบื้อง | Contrast Ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 60 | 0 | 0 | | | |
| 2 | 98 | 0 | 7 | | | 3.03 |
| 3 | 24 | 24 | 5 | | | 3.58 |

รูปที่ VIII. Recolor Design โดยเลือกใช้โทนสีให้ความรู้สึกอบอุ่น ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) ต่ำ เน้นค่าความสว่าง (Lightness) ที่มีความแตกต่างสูงเพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถแยกแยะสัดส่วนของพื้นที่ต่าง ๆ ภายในห้องน้ำ ซึ่งการแบ่งส่วนของพื้นห้องน้ำเลือกกระเบื้องสีเทาที่ค่าความสว่างของสีระดับกลาง (L*=60) แต่สามารถแบ่งสัดส่วนพื้นที่จากการใช้สีน้ำตาลอมแดงของพรมเช็ดเท้าที่มีค่าความสว่างของสีต่ำ (L*=24) ส่วนผนังห้องน้ำใช้โทนสีครีม (Cream) ที่มีค่าความสว่างสูง (L*=98) และโทนสีที่เลือกใช้ยังสื่อความหมายที่ให้ความรู้สึกทางด้านส่งเสริมภาพลักษณ์และรสนิยมที่ดีในการเลือกใช้โทนสี

รูปที่ VIII. Recolor Design กลุ่มสี Quiet and Simple กับงานออกแบบการใช้สีภายในห้องน้ำ



## V. บทสรุปและการอภิปราย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการใช้สีจากการวิเคราะห์ข้อมูลสี ร่วมกับตาราง Color Image Scale โดยใช้แนวคิดของตัวแทนกลุ่มสีที่สามารถสื่อสารทางอารมณ์และความรู้สึกที่แฝงอยู่จากคำศัพท์ภายในกลุ่มสี เพื่อเป็นการช่วยเลือกองค์ประกอบทางด้านโทนสี แนวความคิดสร้างสรรค์สำหรับการออกแบบ ซึ่งผลจากกรณีศึกษาการ Recolor Design กับงานออกแบบป้ายสัญลักษณ์ห้องน้ำ การใช้สีภายในห้องน้ำ พบว่าปัจจัยที่มีส่วนในการตอบสนองการมองเห็นสีที่โดดเด่นและชัดเจนของผู้สูงอายุนั้น คือ ค่าความสว่างของสี (Lightness) ที่มีความแตกต่างสูง ระหว่างพื้นหลัง (สีพื้น) กับสีของวัตถุพื้นหน้ายิ่งมีความแตกต่างมากยิ่งส่งผลในการมองเห็นที่ชัดเจน นอกจากนี้ค่าความเปรียบต่างของสี (Contrast Ratio) ยิ่งมีค่าความแตกต่างสูง ยิ่งช่วยในการมองเห็นสีทั้งระยะใกล้-ไกล ในกรณีการใช้โทนสี

ในงานออกแบบที่มีค่าความสว่างของสี (Lightness) ใกล้กัน จึงจะต้องมีความจำเป็นในการพิจารณาค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) ร่วมด้วย ซึ่งจากผลการประยุกต์ใช้ Color Image Scale ร่วมกับข้อมูลสีในงานออกแบบสำหรับผู้สูงอายุดังกล่าวนี้ ยังสามารถช่วยในการเลือกโทนสีให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับไลฟ์สไตล์ของผู้ใช้งานได้ นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดไปยังการประยุกต์ใช้งานร่วมกับการออกแบบเทคโนโลยีอัจฉริยะต่าง ๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้โทนสีให้เหมาะสมกับงานออกแบบที่ต้องการเน้นความชัดเจน โดดเด่นในการมองเห็นต่อไปได้ในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก Takahashi Industrial and Economic Research Foundation และ นายทาเครุ โอตานิ, นายพีรวิชญ์ แซ่เล้า ผู้ช่วยงานด้านกราฟิก

## เอกสารอ้างอิง

[1] คณะกรรมมาธิการการสังคม เด็ก เยาวชน สตรี ผู้สูงอายุ คนพิการ และผู้ด้อยโอกาส, สังคมผู้สูงอายุ: ระเบียบวาระแห่งชาติ, 22 กุมภาพันธ์ 2561

[2] J.Jeawkok, S.Mudadum and K.Kammaluan, Family Competency in Postoperative Care of Senile Cataracts Patients, Hatyai Acdemic Journal, vol.13(1),pp.35-45,2015.

[3] Japanese Society for Cataract (http://www.jscr.net/ippan/page-010.html)

[4] H. Nagumo, “New Color Image Chart,” Graphic-sha Publishing,2016.

[5] K.Ruxpaitoon, K.Thiptarajan and T.Lertrusdachakul, Application and Analysis of Color Information using Tourist Attraction Image Processing for Souvenir Packaging Design, Journal of Information Science and Technology, vol.10,no.1,pp.48-58,2020.

[6] Nagano ken Kenchikushikai Suwa Shibu Seinen Iinkai, Korei-sha Ni yasashi Shikisai Keikaku, 2001. (https://www.arcsuwa.com/wp-content/uploads/2020/03/koureisyaniyasasii.pdf)

[7] Aichi Prefecture Health and Welfare Department Disability Welfare Division, Shikaku Joho no Yunibasarudezaingaidobukku,2018. (https://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/283070_1021830_misc.pdf)

[8] Kiwama Maki,Color Science for Color Design, Ohmsha Publishing,2006

[9] K.Maki, N.Tanaka, M.Todomo, The compatibility of legibility and goodliness of color combination, Journal of the Color Science Association of Japan,vol.29(1),pp 2-13, 2005.

[10] M.Miyamoto, Color discrimination properties and color image of the elderly and young people,Color Science Association of Japan,vol.30,no.3,pp.124-134, 2006.

[11] Margaret S. Livingstone,Vision and Art The Biology of Seeing,2002

[12] Nihon Karakodineta Kyokai, Raifukeakara Kentei 3 Kyu,Tekisuto, Kodokawa,2009.

# การสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ด้วยวิธี Deep Belief Network (DBN) กับ Continuous Restricted Boltzmann Machines จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย

# Developing Model for Forecasting the Number of Coronavirus Cases (Covid-19) using a Deep Belief Network with Restricted Boltzmann Machines in Pattani Province, Thailand

1st สุรีลักษณ์ มะ
1st Sureeluk Ma
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*
นราธิวาส ประเทศไทย
sureeluk.m@pnu.ac.th

2nd มะรุสดี ยูโซ๊ะ
2nd Marusdee Yusoh
*อาจารย์คณิตศาสตร์ คณะวิทยาการอิสลาม*
*มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*
ปัตตานี ประเทศไทย
marusdee.y@psu.ac.th

3rd อาสลัน หิเล
3rd Aslan Hilae
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*
นราธิวาส ประเทศไทย
aslan.h@pnu.ac.th

***บทคัดย่อ***

**การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธ์ใหม่ 2019 (โควิด-19) ส่งผลให้เศรษฐกิจโลกเกิดภาวะถดถอยอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอัตราการว่างงานค่อนข้างสูง จนทำให้ขาดรายได้เพื่อการยังชีพครอบครัว การเพิ่มขึ้นของผู้ติดเชื้อโควิด-19 อย่างต่อเนื่องนี้ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการประกอบอาชีพของประชาชน และระบบสาธารณสุขในการบริหารจัดการเครื่องมือด้านการแพทย์ ทำให้งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย ด้วยวิธี Deep Belief Network (DBN) กับ Continuous Restricted Boltzmann Machines (CRBMs) โดยเรียนรู้ชุดข้อมูลเพื่อหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมผ่านกระบวนการ 2 วิธี คือ Unsupervised path และ Supervised path โดย Unsupervised path เป็นกระบวนการเรียนรู้ชุดข้อมูลด้วยอัลกอริทึม Minimizing Contrastive Divergence (MCD) และนำค่าน้ำหนักที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวเป็นค่าน้ำหนักเริ่มต้นใน Supervised path ซึ่งกระบวนการนี้จะเรียนรู้ชุดข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึม Back-Propagation Neural Network (BPNN) ผลการทดลอง พบว่า โครงสร้าง DBN ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จังหวัดปัตตานี ประกอบด้วย 9 Input nodes และ 30 Hidden neurons ใน Hidden layer แรก โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นมานี้ สามารถพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ได้ถูกต้องร้อยละ 93**

***คำสำคัญ***

**เครือข่ายความเชื่อที่ลึก, Continuous Restricted Boltzmann Machines (CRBM), Minimizing Contrastive Divergence (MCD), Back-Propagation Neural Network (BPNN), การพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19**

***ABSTRACT***

**The epidemic of Coronavirus (COVID-19) has an effect on the world economy. It causes the unemployment rate to be quite high, resulting to the family lack income for subsistence. The increase of covid-19 directly affected the occupation of people and the public health system in the management of medical equipment. The goal of this study is to use a Deep Belief Network (DBN) with Continuous Restricted Boltzmann Machines (CRBMs) to forecast the number of COVID-19 cases in Pattani Province, Thailand. To learn parameters of DBN, the data is analyzed through unsupervised path using the Minimizing Contrastive Divergence (MCD) algorithm, followed by a supervised path using Back-Propagation Neural Network (BPNN) algorithm. The optimal DBN architecture has 9 input nodes and 30 hidden neurons in the first hidden layer, according to the results. This model has a 93 percent accuracy in forecasting the number of COVID-29 cases.**

***Keywords***

**Deep Belief Network (DBN), Continuous Restricted Boltzmann Machines (CRBM), Minimizing Contrastive Divergence (MCD), Back-Propagation Neural Network (BPNN), Forecasting COVID-19**

## I. บทนำ

การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ได้มีการระบาดตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2562 ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโลกอย่างต่อเนื่อง โดยปี พ.ศ. 2563 เศรษฐกิจโลกหดตัวร้อยละ 3.5 [9] และยังส่งผลกระทบต่อการเติบโตของ Gross Domestic Product (GDP) ทำให้เกิดภาวะถดถอยทั่วโลกลดต่ำที่สุดตั้งแต่สิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 [10] สำหรับกลุ่มประเทศอาเซียน พ.ศ.2563 ค่า GDP หดตัวลงร้อยละ 4.0 [9] ทั้งนี้ ธนาคารพัฒนา

เอเชีย (Asian Development Bank; ADB) ได้คาดการณ์ว่า GDP จะมีการขยายตัวร้อยละ 4.4 ในปี พ.ศ. 2564 และปี พ.ศ. 2565 จะขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.1 โดยขึ้นอยู่นโยบายและปัจจัยภายในประเทศ [9] ประเทศไทยมีการระบาดระลอกแรกของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ส่งผลกระทบเป็นวงกว้าง ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบด้านเศรษฐกิจ โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ประเมินว่า การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) กระทบต่อการจ้างงานแรงงานมากกว่า 8 ล้านคน [11] และมีการรายงานจากสำนักงานสถิติแห่งชาติว่า ร้อยละ 33 มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น มีหนี้ในระบบเพิ่มขึ้นร้อยละ 14 ร้อยละ 14.5 ประชาชนตกงานและมีการเลิกการจ้างงาน และอีกร้อยละ 69.7 ได้รับผลกระทบด้านอาชีพและการจ้างงาน จังหวัดปัตตานี เริ่มมีการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2563 และมีแนวโน้มการระบาดที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 เนื่องด้วยการแพร่ระบาดดังกล่าวจังหวัดปัตตานีได้มีมาตรการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยออกคำสั่งกำหนดให้ร้านจำหน่ายอาหารหรือเครื่องดื่มสามารถเปิดให้บริการได้ในเวลาที่กำหนด รวมถึงมีคำสั่งให้ปิดร้านจำหน่ายอาหารและเครื่องดื่มในบางพื้นที่ ส่งผลให้ประชาชนมีรายได้ที่ไม่เพียงพอต่อการยังชีพครอบครัว

ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-19 นี้เอง ส่งผลให้มีนักวิจัยมากมายได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์การแพร่ระบาดโรคโควิด-19 โดย Reza Lotfi และคณะ [7] ได้นำเสนอวิธีการสร้างสมการถดถอยโดยอาศัยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ (Robust Optimization: RO) เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโควิด-19 ซึ่งใช้แนวคิดหลักคือการศึกษาพลวัตของการระบาดของไวรัสโควิด-19 ในระยะแรกของประเทศอิหร่าน แล้วใช้วิธี RO เพื่อหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ Mean Absolute Deviation (MAD) จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่ดีและสามารถทำการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโควิด-19 ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบวิธีการที่มีอยู่ ArunKumar K E และคณะ [6] ได้นำเสนอแบบจำลองอนุกรมเวลา Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) และ Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average (SARIMA) เพื่อใช้พยากรณ์แนวโน้มการระบาดของโควิด-19 จาก 16 ประเทศที่มีการระบาดสะสมหนักทั่วโลก โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ Auto-Correlation (ACF), Partial Auto-Correlation Function (PACF), Akaike Information Criterion (AIC) และ Bayesian Information Criterion (BIC) ในการประเมินความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของตัวแบบที่นำเสนอ ส่วนเกณฑ์ในการเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดใช้ตัววัดการประเมิน Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE), Root Mean Error และ Mean Absolute Percent Error (MAPE) จากการสร้างตัวแบบแนวโน้มที่คาดการณ์ไว้สำหรับผู้ป่วยโควิด-19 ที่ยืนยันและผู้ป่วยโควิด-19 ที่หายแล้วและแนวโน้มการเสียชีวิตสะสมพบว่ามีการเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ และการคาดการณ์จากแบบจำลอง SARIMA มีความถูกต้องและแม่นยำกว่าการคาดการณ์จากแบบจำลอง ARIMA Mojjada Kumar amesh และคณะ [5] ได้นำเสนอวิธีการสำหรับการพยากรณ์เกี่ยวกับเชื้อโคโรนาไวรัส (โควิด-19) ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Algorithm: ML) โดยตัวแบบ ML ที่ใช้ในการพยากรณ์ทั้งหมด 4 ตัวแบบได้แก่ Linear Regression , LASSO Regression, Support Vector Machine และ Exponential Smoothing โดยตัวแบบที่นำเสนอนี้สามารถทำนายหรือคาดการณ์เกี่ยวกับ จำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 รายใหม่ อัตราการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อโควิด-19 และพยากรณ์การฟื้นตัวของผู้ป่วยโควิด-19 ในอีก 10 วันข้างหน้า และวิธีการพยากรณ์โดยใช้วิธี Linear Regression มีประสิทธิภาพในการทำนายกรณีการเกิดผู้ป่วยโควิด-19 รายใหม่ จำนวนผู้เสียชีวิตและการฟื้นตัวจากผู้ติดเชื้อ Kumar and Susan [8] ได้นำเสนอในการทำนายผู้ติดเชื่อโควิด-19 เพื่อช่วยในการระบุจำนวนผู้ติดเชื้อและอัตราการแพร่กระจายของไวรัสโดยใช้วิธีการของอนุกรมเวลา ซึ่งในการพยากรณ์ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยรายวันของ 10 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สเปน อิตาลี ฝรั่งเศส เยอรมนี รัสเซีย และอิหร่าน โดยตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ได้แก่ ARIMA model และ Prophet model และเกณฑ์ในการเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดใช้ตัววัดการประเมิน Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE), Root Mean Error และ Mean Absolute Percent Error (MAPE) ผลการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 แบบจำลอง ARIMA ให้ประสิทธิภาพแลพผลการณ์พยากรณ์ดีที่สุด

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network: ANN) เป็นการจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ซึ่งความสามารถของ ANN สามารถเรียนรู้ปัญหาที่เป็นสมการไม่เชิงเส้น (Non-linear problem) [1] และสามารถเรียนรู้ข้อมูลที่ไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric data) งานวิจัยที่ใช้ ANN ในการพยากรณ์มีมากกว่า 5,000 งานวิจัย โดยมีตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ เช่น Multi-layer perceptron (MLP), Recurrent neural networks (RNN), Radial basis function network (RBFN) เป็นต้น [2] ถึงแม้ว่ามีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่ใช้ ANN ประสบความสำเร็จในการพยากรณ์ แต่ยังคงมีบางปัญหาในการประยุกต์ใช้ ANN คือ 1) โครงสร้างที่เหมาะสมกับชุดของข้อมูล 2) ค่าน้ำหนักเริ่มต้น และ 3) ค่า learning rate ที่เหมาะสมในการเรียนรู้ข้อมูล Hecht-Nielsen, R. [3] ได้แก้ปัญหาแรกคือ Multilayer perceptron กับ Hidden layer หนึ่งชั้นสามารถเรียนรู้ปัญหาที่เป็น Non-linear ได้ Hinton, G. E. and Salakhutdinov, R. R. [4] ได้นำเสนอกระบวนการเรียนรู้ของ Deep Belief Network (DBN) ประกอบด้วย 2 กระบวนการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ที่หนึ่ง Unsupervised path เป็นการเรียนรู้ที่ไม่มี Label ซึ่งค่าน้ำหนักในกระบวนการนี้ จะเป็นค่าน้ำหนักเริ่มต้นในการบวนการเรียนรู้ที่สอง Supervised path และปัญหาที่สามของ ANN คือ ค่า learning rate สูงเกินไป อาจส่งผลให้การเรียนรู้ข้อมูลไม่เสถียร และค่า learning rate ต่ำเกินไป ส่งผลให้การเรียนรู้ข้อมูลใช้เวลาค่อนข้างนาน จากปัญหาดังกล่าวของ ANN ตัวแบบ Deep Belief Network (DBN) กับ Continuous Restricted Boltzmann Machines (CRBMs) สามารถแก้ปัญหาได้ นอกเหนือจากนั้น DBN สามารถเรียนรู้ข้อมูลประเภทต่อเนื่องและสามารถเรียนรู้ข้อมูลของตัวเองโดยไม่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ของจังหวัดปัตตานี ประเทศไทย จากกรมควบคุมโรค มีเพียงตัวแปรเดียวคือ จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) รายวันและเป็นข้อมูลประเภทต่อเนื่อง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ตัวแบบ Deep Belief Network (DBN) กับ Continuous Restricted Boltzmann Machines (CRBMs) ในการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรน่า (โควิด-19) จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย

## II. วัตถุประสงค์

I) เพื่อหาโครงสร้างของ Deep Belief Network กับ Restricted Boltzmann Machines ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย

II) เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย ด้วยวิธี Deep Belief Network กับ Restricted Boltzmann Machines

## III. วิธีการดำเนินการวิจัย

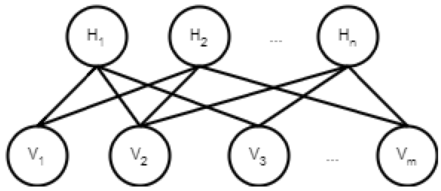
### *III.I ข้อมูล*

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบโดยใช้ DBN กับ CRBMs เป็นข้อมูลผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ของจังหวัดปัตตานี ประเทศไทย จากกรมควบคุมโรค ตั้งแต่วันที่ 17 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึง วันที่ 27 เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 รวมเป็น 682 วัน โดยมีจำนวนผู้ติดเชื้อรวมทั้งสิ้น 47,578 คน

การเรียนรู้ข้อมูลผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จำนวน 682 วัน โดยใช้ DBN กับ CRBMs จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ Training Set และ Testing Set โดยใช้วิธี Split Data (Training Set จำนวน 80 เปอร์เซ็น และ Testing Set จำนวน 20 เปอร์เซ็น) และ K-fold Cross Validation (K=5)

### *III.II Continuous Restricted Boltzmann Machine*

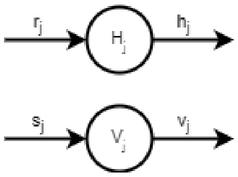
Chen, H. and Murray, A.F. [1] ได้คิดค้นตัวแบบ Continuous Restricted Boltzmann Machine (CRBM) โดยโครงสร้างประกอบด้วย 2 ชั้น ชั้นที่ 1 คือ Visible layer มี $m$ neurons ( $V_1,V_2,V_3,\ldots,V_m$ ) และชั้นที่ 2 คือ Hidden layer มี $n$ neurons ( $H_1,H_2,H_3,\ldots,H_n$ ) ดังแสดงในรูปที่ I




รูปที่ I. โครงสร้างของ CRBM

### *III.III Single neuron ของ Continuous Restricted Boltzmann Machine*

Continuous Restricted Boltzmann Machine ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ชั้น คือ Visible layer และ Hidden layer ซึ่ง neuron ใน Visible layer เรียกว่า Visible neuron และ Neuron ใน Hidden layer เรียกว่า Hidden neuron แต่ละ Neuron ใน Visible layer และ Hidden layer ประกอบด้วยค่าข้อมูล 2 ค่าคือ ค่า Input และค่า Output ดังแสดงในรูปที่ II




รูปที่ II. Visible neuron และ Hidden neuron

Visible neuron ( $V_j$ ) ประกอบด้วยค่า Input $r_j$ และ Output $v_j = \varphi(r_j)$ ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$r_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ij}h_i + \sigma N_j(0,1) \tag{1}$$

$$\varphi(r_j) = \theta_L + (\theta_H - \theta_L)\frac{1}{1+e^{-\kappa r_j}} \tag{2}$$

Hidden neuron ( $H_j$ ) ประกอบด้วยค่า Input $s_j$ และ Output $h_j = \varphi(s_j)$ ดังแสดงในสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

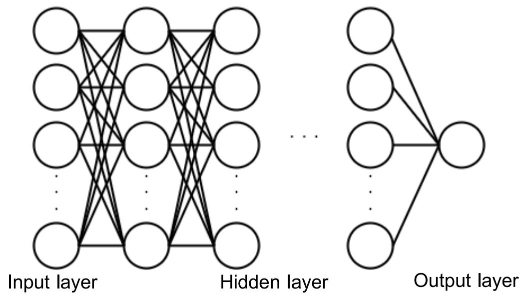
$$s_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ij}v_i + \sigma N_j(0,1) \tag{3}$$

$$\varphi(s_j) = \theta_L + (\theta_H - \theta_L)\frac{1}{1+e^{-\lambda_j s_j}} \tag{4}$$

โดยที่ $w_{ij}$ คือค่าน้ำหนัก, $\sigma$ คือค่าคงที่, $N_j(0,1)$ คือ Gaussian random variable, $\theta_L,\theta_H$ คือค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูล และ $\kappa_j,\lambda_j$ คือค่า Noise-control

### *III.IV Deep Belief Network*

โครงสร้างของ Deep Belief Network (DBN) เป็นการซ้อนทับระหว่าง CRBMs โดย Hidden layer ของชั้นแรกของ CRBM จะเป็น Visible layer ของ CRBM ของชั้นที่สอง และจะเป็นกระบวนการนี้เมื่อซ้อนทับ CRBM ในชั้นถัด ๆ ไป โดย DBN ประกอบด้วยโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ III




รูปที่ III. โครงสร้างของ DBN

### *III.V การเรียนรู้ข้อมูลของ DBN กับ CRBMs*

การเรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ตัวแบบ DBN กับ RBMs สำหรับการหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล ประกอบด้วยการเรียนรู้ 2 กระบวนการ คือ Unsupervised path และ Supervised path ซึ่งการเรียนรู้แบบ Unsupervised path เป็นการเรียนรู้แบบไม่มี label ที่เรียนรู้แต่ละชั้นของ CRBM โดยใช้อัลกอริทึม Minimizing Contrastive Divergence (MCD) และการเรียนรู้แบบ Supervised path เป็นการเรียนรู้แบบมี Label ที่นำค่าน้ำหนักจาก Unsupervised path เป็นค่าน้ำหนักเริ่มต้นในการเรียนรู้ ซึ่งเรียนรู้ใช้อัลกอริทึม Back-Propagation Neural Network (BPNN)

*III.VI Minimizing Contrastive Divergence สำหรับ CRBM*

การเรียนรู้ชุดข้อมูลโดยใช้ตัวแบบ CRBM ประกอบด้วยพารามิเตอร์ไม่ทราบค่า 3 ตัวแปร คือ $w_{ij}$, $\kappa_i$ และ $\lambda_j$ อัลกอริทึม Minimizing Contrastive Divergence (MCD) จะใช้ในการ Update ค่าพารามิเตอร์ โดยมีค่า learning rate ( $\eta$ ) ที่มีค่าตั้งแต่ 0-1 เป็นตัวคูณ กระบวนการเรียนรู้ข้อมูลของ MCD จะคำนวณโดยใช้ One-step Gibbs Sampling ดังแสดงในสมการที่ (5), (6) และ (7)

$$\Delta\hat{w}_{ij} = \eta_w \left( \left\langle v_i^{(0)} h_j^{(0)} \right\rangle - \left\langle v_i^{(1)} h_j^{(1)} \right\rangle \right) \quad (5)$$

$$\Delta\hat{\kappa}_j = \frac{\eta_\kappa}{\kappa_j^2} \left( \left\langle v_i^{(0)^2} \right\rangle - \left\langle v_i^{(1)^2} \right\rangle \right) \quad (6)$$

$$\Delta\hat{\lambda}_j = \frac{\eta_\lambda}{\lambda_j^2} \left( \left\langle h_j^{(0)^2} \right\rangle - \left\langle v_j^{(1)^2} \right\rangle \right) \quad (7)$$

*III.VII Back-Propagation Neural Network*

การเรียนรู้ชุดข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึม Back-Propagation Neural Network (BPNN) ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ Forward propagation และ Backward propagation

Forward propagation เป็นกระบวนการคำนวณค่า Input ( $y_j$ ) และ Output ( $o_j$ ) ของแต่ละ Neuron ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (8) และ (9) ตามลำดับ

$$y_j = \sum_{i=1}^{m} w_{ij} o_i + b_j \quad (8)$$

$$o_j = \frac{1}{1 + e^{-y_j}} \quad (9)$$

โดยที่ $w_{ij}$ คือค่าน้ำหนัก และ $b_j$ คือค่า Bias

Backward propagation เป็นกระบวนการ Update ค่าน้ำหนัก โดยใช้สมการที่ (10)

$$\Delta w_{ij} = \eta_w \left\lfloor \left( t - o_j \right) o_i \right\rfloor \quad (10)$$

โดยที่ $\eta_w$ คือ ค่า Learning rate $t$ คือ ค่าจริงของข้อมูล $o_j$ คือ ค่า Output ของ Neuron ใน layer ปัจจุบัน และ $o_i$ คือ ค่า Output ของ Neuron ใน layer ก่อนหน้า

## IV. ผลการทดลอง

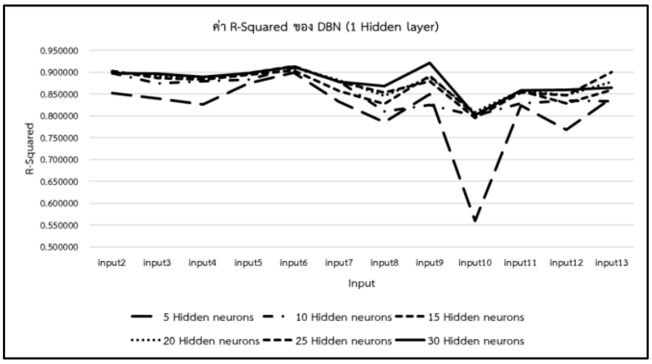
จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ตั้งแต่วันที่ 17 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึง วันที่ 27 เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 จังหวัดปัตตานี ประเทศไทย รวมเป็น 682 วัน มีจำนวนผู้ติดเชื้อทั้งสิ้น 47,578 คน โดยมีผู้ติดเชื้อสูงสุด 651 คนต่อวัน การเรียนรู้ชุดข้อมูลดังกล่าวเรียนรู้โดยใช้อัลกอริทึม Minimizing Contrastive Divergence (MCD) ซึ่งได้ทดลองหาค่า learning rate ( $\eta$ ) ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล พบว่า เมื่อ $\eta = 0.1, 0.2, \ldots, 1$ ทำให้ตัวแบบไม่มีประสิทธิภาพในการทำนาย ดังนั้นจึงทดลองค่า $\eta = (0, 0.1)$ ดังแสดงในตารางที่ I

จากตารางที่ I พบว่า ค่า $\eta$ ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลคือ $\eta = 0.01$ ใช้เวลาในการสร้างตัวแบบ 5.21753025054931 วินาที ดังนั้นค่า $\eta$ ดังกล่าวจะใช้ในการ Update ค่าพารามิเตอร์เพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล โดยจะทำการทดลองกับโครงสร้าง Input layer ตั้งแต่ 2 Input nodes ถึง 13 Input nodes ซึ่งแต่ละ Input node ประกอบด้วย Hidden layer 1 ชั้นที่มี Hidden neuron 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 neurons ซึ่งผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการแบ่งข้อมูลแบบ Split Data แสดงในตารางที่ II

ตารางที่ I. ระยะเวลาในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อ $\eta$ มีแต่แตกต่างกัน

| $\eta$ | $R^2$ | TIME (sec) |
|---|---|---|
| 0.0001 | 0.8493 | 5.2887 |
| 0.0010 | 0.9206 | 5.2877 |
| **0.0100** | **0.9347** | **5.2175** |
| 0.0250 | 0.8895 | 5.2099 |
| 0.0500 | 0.7208 | 5.2500 |
| 0.0750 | 0.6600 | 5.1081 |
| 0.1000 | 0.5315 | 5.1022 |

ตารางที่ II แสดงค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Squared Error: MSE) ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) และ ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ของตัวแบบ DBN เมื่อทดลองกับโครงสร้างต่าง ๆ ที่กำหนด จากการทดลองพบว่าโครงสร้างที่มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 ของจังหวัดปัตตานีมากที่สุด คือ โครงสร้างที่มี Input node ประกอบด้วย 9 nodes และ Hidden layer ชั้นที่หนึ่งประกอบด้วย 30 neurons ซึ่งโครงสร้างตัวแบบดังกล่าวนี้ให้ค่า MSE เท่ากับ 1117.30 RMSE เท่ากับ 33.4260 และ MAEเท่ากับ 15.2559 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโครงสร้างตัวแบบอื่น ๆ ที่ทดลอง ในทำนองเดียวกันนี้ เพื่อยืนยันโครงสร้างของตัวแบบดังกล่าวนี้ค่า $R^2$ จากโครงสร้างของ Input node ที่ประกอบด้วย 9 nodes และ Hidden layer ชั้นที่หนึ่งประกอบด้วย 30 neurons ยังให้ค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างแบบอื่น ๆ ซึ่งมีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.9262 ดังแสดงในรูปที่ IV




รูปที่ IV ค่า $R^2$ ของ DBN

ตารางที่ II. ค่า MSE, RMSE, MAE และค่า $R^2$ ของ DBN แบ่งข้อมูลแบบ Split Data

| Input | Hidden neuron | MSE | RMSE | MAE | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 5 | 2208.30 | 46.9925 | 21.2488 | 0.8873 |
| | 10 | 1905.86 | 43.6561 | 17.6042 | 0.9027 |
| | 15 | 1722.47 | 41.5026 | 16.7877 | 0.9121 |
| | 20 | 2026.10 | 45.0122 | 19.4360 | 0.8966 |
| | 25 | 1888.00 | 43.4510 | 16.6848 | 0.9036 |
| | 30 | 1929.50 | 43.9261 | 17.0611 | 0.9015 |
| 3 | 5 | 2368.94 | 48.6717 | 23.5209 | 0.8937 |
| | 10 | 2172.58 | 46.6109 | 20.5916 | 0.9025 |
| | 15 | 2334.04 | 48.3118 | 20.2690 | 0.8952 |
| | 20 | 2182.61 | 46.7184 | 20.3701 | 0.9020 |
| | 25 | 2235.37 | 47.2797 | 20.6703 | 0.8997 |
| | 30 | 2254.22 | 47.4786 | 20.8413 | 0.8988 |
| 4 | 5 | 1907.87 | 43.6791 | 21.7376 | 0.9067 |
| | 10 | 1911.61 | 43.7220 | 20.8669 | 0.9065 |
| | 15 | 1907.34 | 43.6730 | 20.8533 | 0.9067 |
| | 20 | 1892.38 | 43.5014 | 20.7274 | 0.9075 |
| | 25 | 1894.43 | 43.5251 | 20.9100 | 0.9074 |
| | 30 | 1905.97 | 43.6574 | 21.2287 | 0.9068 |
| 5 | 5 | 1827.73 | 42.7519 | 21.9995 | 0.9036 |
| | 10 | 1975.92 | 44.4513 | 20.3979 | 0.8958 |
| | 15 | 1804.70 | 42.4817 | 19.2116 | 0.9048 |
| | 20 | 1868.73 | 43.2288 | 19.6531 | 0.9015 |
| | 25 | 1765.42 | 42.0169 | 18.9668 | 0.9069 |
| | 30 | 1780.64 | 42.1976 | 18.8322 | 0.9061 |
| 6 | 5 | 1994.64 | 44.6614 | 20.7123 | 0.8926 |
| | 10 | 1727.10 | 41.5584 | 18.1819 | 0.9070 |
| | 15 | 1695.62 | 41.1779 | 18.6882 | 0.9087 |
| | 20 | 1648.15 | 40.5974 | 18.2477 | 0.9112 |
| | 25 | 1663.08 | 40.7808 | 18.4004 | 0.9104 |
| | 30 | 1631.61 | 40.3931 | 17.7165 | 0.9121 |
| 7 | 5 | 1934.31 | 43.9807 | 24.1553 | 0.8729 |
| | 10 | 1296.37 | 36.0050 | 17.9356 | 0.9148 |
| | 15 | 1224.16 | 34.9880 | 17.1635 | 0.9195 |
| | 20 | 1216.24 | 34.8745 | 16.9770 | 0.9201 |
| | 25 | 1231.39 | 35.0911 | 16.5429 | 0.9191 |
| | 30 | 1266.76 | 35.5915 | 17.1924 | 0.9167 |
| 8 | 5 | 1599.64 | 39.9955 | 18.1327 | 0.8832 |
| | 10 | 1505.82 | 38.8048 | 16.9526 | 0.8901 |
| | 15 | 1552.06 | 39.3961 | 17.8190 | 0.8867 |
| | 20 | 1559.63 | 39.4921 | 17.2268 | 0.8862 |
| | 25 | 1837.19 | 42.8624 | 16.4716 | 0.8659 |
| | 30 | 1659.87 | 40.7415 | 16.1423 | 0.8788 |
| **9** | 5 | 1741.52 | 41.7315 | 22.3403 | 0.8807 |
| | 10 | 1797.84 | 42.4009 | 20.9795 | 0.8768 |
| | 15 | 1529.55 | 39.1094 | 19.3223 | 0.8952 |
| | 20 | 1824.63 | 42.7156 | 22.1282 | 0.8750 |
| | 25 | 1584.16 | 39.8015 | 17.4388 | 0.8914 |
| | **30** | **1117.30** | **33.4260** | **15.2559** | **0.9262** |
| 10 | 5 | 4235.00 | 65.0768 | 28.1924 | 0.7863 |
| | 10 | 3420.13 | 58.4818 | 21.9088 | 0.8274 |
| | 15 | 3408.16 | 58.3794 | 22.3111 | 0.8280 |
| | 20 | 3605.00 | 60.0416 | 23.9352 | 0.8180 |
| | 25 | 4097.82 | 64.0142 | 25.6386 | 0.7932 |
| | 30 | 3461.65 | 58.8358 | 22.7506 | 0.8253 |
| 11 | 5 | 2433.08 | 49.3262 | 25.2761 | 0.8521 |
| | 10 | 2186.64 | 46.7615 | 23.1723 | 0.8670 |
| | 15 | 1783.18 | 42.2277 | 19.4555 | 0.8916 |
| | 20 | 6547.96 | 80.9194 | 38.6311 | 0.6019 |
| | 25 | 2132.07 | 46.1743 | 20.8887 | 0.8704 |
| | 30 | 2318.47 | 48.1505 | 20.4656 | 0.8590 |
| 12 | 5 | 2769.85 | 52.6293 | 24.8295 | 0.8428 |
| | 10 | 2446.96 | 49.4667 | 23.2735 | 0.8612 |
| | 15 | 2568.38 | 50.6791 | 24.8306 | 0.8543 |
| | 20 | 2764.89 | 52.5822 | 23.7664 | 0.8431 |
| | 25 | 2262.41 | 47.5647 | 23.0974 | 0.8716 |
| | 30 | 2695.32 | 51.9164 | 22.5996 | 0.8471 |
| 13 | 5 | 2326.65 | 48.2353 | 25.4660 | 0.8669 |
| | 10 | 1493.18 | 38.6416 | 19.3565 | 0.9145 |
| | 15 | 1727.05 | 41.5578 | 21.7035 | 0.9012 |
| | 20 | 2067.40 | 45.4686 | 20.9218 | 0.8817 |
| | 25 | 1927.49 | 43.9032 | 21.4948 | 0.8897 |

| Input | Hidden neuron | MSE | RMSE | MAE | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 30 | 2199.27 | 46.8963 | 24.4508 | 0.8741 |

จากการทดลองเพื่อหาโครงสร้างที่ดีที่สุดโดยใช้เทคนิคการแบ่งข้อมูลแบบ Split data พบว่าโครงสร้างที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลคือ Input node ประกอบด้วย 9 nodes และ Hidden layer ชั้นที่หนึ่งประกอบด้วย 30 neurons จึงใช้โครงสร้างดังกล่าวเพื่อทำการทดลองโดยใช้เทคนิคการแบ่งข้อมูลแบบ K-fold Cross Validation (K=5) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ III

ตารางที่ III. ค่า MSE, RMSE, MAE และค่า $R^2$ ของ DBN แบ่งข้อมูลแบบ K-fold Cross Validation (K=5)

| ตัวแบบ | MSE | RMSE | MAE | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **1217.3820** | **34.8910** | **5.7383** | **0.9266** |
| 2 | 2243.9430 | 47.3702 | 5.1196 | 0.8616 |
| 3 | 3545.5525 | 59.5445 | 5.4296 | 0.7893 |
| 4 | 3190.6639 | 56.4859 | 5.3299 | 0.8104 |
| 5 | 3155.4486 | 56.1732 | 5.2335 | 0.8127 |

จากตารางที่ III พบว่า ตัวแบบที่มีประสิทธิภาพในการทำนายจำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา คือ ตัวแบบที่ 1 ซึ่งเป็นตัวแบบที่เรียนรู้ชุดข้อมูลที่ K เท่ากับ 1, 2, 3, 4 และใช้ K เท่ากับ 5 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบ

## VI. สรุปและอภิปรายผล

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ DBN เป็นข้อมูลผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จังหวัดปัตตานี ตั้งแต่วันที่ 17 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 27 เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 รวมเป็น 682 วัน จากการแบ่งข้อมูลโดยใช้วิธี Split Data (Training Set จำนวน 80 เปอร์เซ็น และ Testing Set จำนวน 20 เปอร์เซ็น) พบว่า โครงสร้างที่มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล คือ โครงสร้างที่มี Input node ประกอบด้วย 9 nodes และ Hidden layer ชั้นที่หนึ่งประกอบด้วย 30 neurons ซึ่งมีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.9262 และโครงสร้างดังกล่าวเรียนรู้ข้อมูลโดยใช้วิธีการแบ่งแบบ K-fold Cross Validation (K=5) พบว่า ตัวแบบที่ 1 มีค่า $R^2$ สูงกว่าตัวแบบอื่น คือ 0.9266 เนื่องด้วยตัวแบบที่ 1 เป็นตัวแบบที่นำชุดข้อมูลที่ K เท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นชุดข้อมูลที่ต่อเนื่องเรียงกัน ในขณะที่ k=5 ใช้สำหรับทดสอบประสิทธิของตัวแบบ จากตัวแบที่ 1 ดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ควรเป็นข้อมูลต่อเนื่องเรียงกัน

จากการทดลองเพื่อหาโครงสร้าง DBN ที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) พบว่า โครงสร้าง DBN ที่มีประสิทธิภาพประกอบด้วย Input node 9 nodes และ Hidden layer ชั้นที่หนึ่ง 30 neurons นั่นหมายความว่า ในการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) จะใช้ข้อมูลผู้ติดเชื้อของ 9 วันในอดีตเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต จากตัวแบบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนามีระยะการแพร่เชื้อโดยเฉลี่ย 9 วัน ซึ่งตัวแบบ DBN ที่สร้างขึ้นนี้สามารถพยากรณ์และมีความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 0.9262


## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ และโรงเรียนสาธิตวิทยาการอิสลาม คณะวิทยาการอิสลาม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ให้การสนับสนุนจนทำให้งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี


## เอกสารอ้างอิง


[1] Chen, H. and Murray, A.F. “Continuous restricted Boltzmann machine with an implementable training algorithm,” in IEEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing, June 2003, pp. 153-158.

[2] Crone, S. and K. Nikolopoulos. “Results of the NN3 neural network forecasting competition,” In The 27th International Symposium on Forecasting, 2007, 129.

[3] Hecht-Nielsen, R. Theory of the backpropagation neural network. In Neural networks for perception, in Neural networks for perception, 1992, pp. 65-93.

[4] Hinton, G. E., and Salakhutdinov, R. R. “Reducing the dimensionality of data with neural networks,” science, vol. 313, no. 5786, pp. 504-507, 2006.

[5] Kumar, Naresh, and Seba Susan," COVID-19 pandemic prediction using time series forecasting models." In 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), IEEE, 2020, pp. 1-7.

[6] K.E. ArunKumar, Dinesh V. Kalaga, Ch. Mohan Sai Kumar, Govinda Chilkoor, Masahiro Kawaji, Timothy and M.Brenza, “Forecasting the dynamics of cumulative COVID-19 cases (confirmed, recovered and deaths) for top-16 countries using statistical machine learning models: Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average (SARIMA),” Applied soft computing, 103, 107161. 2021.

[7] Lotfi, R., Kheiri, K., Sadeghi, A., and Babaee Tirkolaee, E., “An extended robust mathematical model to project the course of COVID-19 epidemic in Iran,” Annals of Operations Research, 1-25. 2022.

[8] Mojjada, Ramesh Kumar and Yadav, Arvind and Prabhu, AV and Natarajan, Yuvaraj, “Machine learning models for covid-19 future forecasting,” Materials Today: Proceedings, 2020.

[9] Recoveries, M.D. “World Economic Outlook: Managing Divergent Recoveries,” 2021.

[10] Yeyati, E. L. and Filippini, F.”Social and economic impact of COVID-19”, 2021.

[11] โศภิต นาสืบ. (2564). รายงานการทบทวนผลกระทบเชิงเศรษฐกิจและสังคมจากการระบาดของโรคโควิด-19 ในระดับโลกและในประเทศไทย. ค้นจากhttps://ddc.moph.go.th/uploads/publish

# การปรับปรุงกระบวนการจัดการคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง

พรรษมน แซ่อึ้ง*[1] พิชิต งามจรัสศรีวิชัย[2]

*[1*]หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*
*[2]หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : sa.patsamon_st@tni.ac.th , pichit_n@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

จากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีและความต้องการในสถานการณ์โควิด-19 ส่งผลต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีความต้องการผลิตและสั่งซื้อชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่อง โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ศึกษากลุ่มตัวอย่างกรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ พบประเด็นเกี่ยวกับความสูญเสียในกระบวนการผลิตจากการจัดการคำสั่งซื้อสินค้าที่เป็น Non-Standard Packing ในผลิตภัณฑ์เซนเซอร์รับภาพ เกิดกระบวนการทำงานที่มีความซ้ำซ้อนจากงานตรวจสอบเอกสารจากส่วนอื่นๆ ที่ประสานงานกันและใช้รูปแบบ manual system เป็นหลัก จึงเป็นเหตุของการใช้ระยะเวลานานและมีแนวโน้มเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานได้ กระบวนการวิจัยนี้จึงออกแบบแนวทางปรับปรุงเพื่อมุ่งลดขั้นตอนและความสูญเสียในกระบวนการทำงานส่วนของกระบวนการผลิตและการจัดการคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing โดยนำหลักการ Smart Monodzukuri Management ใช้ชุดเครื่องมือการวินิจฉัยกระบวนการด้วยรูปแบบ IVI Method (Industrial Value Chain Initiative) มีขั้นตอนสำคัญคือ การสำรวจสภาพปัจจุบัน เพื่อจัดทำ AS-IS Model การออกแบบสถานการณ์ที่ควรจะเป็นหลังการปรับปรุง โดยจัดทำ TO-BE Model และจัดทำแนวทางและแผนการปรับปรุงอย่างเป็นระบบ โดยจัดทำ TO-DO Model ผลดำเนินงานมุ่งเน้นตอบสนองความต้องการที่หน้างาน และการปรับปรุงแบบ Small Start ประยุกต์ใช้ IoT ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นหน้างานการผลิต โดยเลือกนำเสนอแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาการไม่มีซอฟต์แวร์ที่แสดงถึงสถานะการทำงาน และข้อมูลที่ช่วยควบคุมกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ นำเสนอ TO-BE Model ที่สามารถลดขั้นตอนการทำงานจาก 12 ขั้นตอน ลดขั้นตอนในการทำงานซ้ำซ้อนจากการตรวจสอบข้อมูลและเอกสาร 3 ขั้นตอน ลดขั้นตอนการรอข้อมูล 3 ขั้นตอน ผลลัพธ์ปรียบเทียบระหว่าง AS-IS Model และ TO-BE Model สามารถช่วยลดขั้นตอนทำงานได้ร้อยละ 50

***คำสำคัญ*** : อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์, Non-Standard Packing, Smart Monodzukuri Management, IVI Method

# A Process Improvement for Non-Standard Packing Ordering Case Study of Electronics Industry

Patsamon Saeunk[1]* Pichit Ngamjarussrivichai[2]

[1]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*
[2] *Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: sa.patsamon_st@tni.ac.th , pichit_n@tni.ac.th

***Abstract***

From technology and demand uncertainty in the COVID-19 situation, as a result, the electronics industry has continuously increased demand for production and the purchase of related parts. This research study studied a sample group of electronic industry case studies. An issue of non-standard packing has been found in the manufacturing process of order fulfillment in image sensors. There is an un-balance workflow from the document review work from other parts. The coordination and use of the manual system is the main format, which is why it takes a long time and is prone to errors in operation. This research process designed an improvement approach aimed at reducing the process and waste in the process of non-standard packing and order management by applying the Smart Monodzukuri Management principle. IVI Method (Industrial Value Chain Initiative) has an important step. The current conditions to prepare the AS-IS Model, designing the situation that should be after the improvement by preparing the TO-BE Model, and formulating the guidelines and plans for the systematic improvement by preparing the TO-DO Model. Meet the needs at the job site and improvements in Small Start, applying IoT to solve problems that arise on the production site. By choosing to present a solution to the problem of the lack of software indicating the working state. And information that helps control the production process systematically presents the TO-BE Model which can simplify the workflow from 12 steps, reduce the redundant workflow from 3 steps of data and document verification, and reduce the time spent waiting for information. 3 Steps Comparative results between the AS-IS Model and the TO-BE Model can reduce the workflow by 50 percent.

***Keywords***: Electronics Industry, Non-Standard Packing, Smart Monodzukuri Management, IVI Method

1) บทนำ

*1.1 ที่มาและความสำคัญ*

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเซมิคอนดักเตอร์ มีแนวโน้มเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องใน ข้อมูลปี 2564-2566 การผลิตสินค้า IC มีแนวโน้มเติบโตดี มูลค่าส่งออกคาดว่าจะกลับมาเติบโตเฉลี่ย 6% ถึง 7% สอดคล้องกับรายงาน World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) ที่คาดว่ายอดจำหน่ายเซมิคอนดักเตอร์โลกจะเติบโต 8% ในปี 2564และคาดว่าเทคโนโลยีสื่อสารคมนาคม 5G จะพัฒนาและแพร่หลายไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยคาดว่าเงินลงทุนโครงสร้างพื้นฐานเครือข่าย 5G ทั่วโลกในปี 2564 จะเพิ่มขึ้น 16% (Gartner, July 2020) ซึ่งรองรับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ได้มากขึ้น และการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G และยานยนต์ ส่งผลให้ความต้องการใช้สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะสินค้า IC ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง (Wanna Yongpisanphob. 2564) สำหรับกรณีศึกษาวิจัยนี้อุตสาหกรรมตัวอย่างได้ผลิตผลิตภัณฑ์จำพวก IC หลายประเภท โดยเซนเซอร์รับภาพ (image sensor) มียอดคำสั่งซื้อสูงสุด และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทางฝ่ายขายไม่ได้กำหนด MOQ (Minimum Order Quantify) ที่สอดคล้องกับ Standard Packing ของฝ่ายผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเรียกว่าประเภท Non-Standard packing ลูกค้าสามารถสั่งซื้อตามต้องการ ไม่ต้องคำนึงถึง Standard Packing ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยใบคำสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ มีจำนวนถึง 66% จากการศึกษาเบื้องต้นด้านวิธีการจัดการคำสั่งซื้อ เกิดประเด็นด้านความสูญเสียและใช้เวลาในการทำงานมากเกินความจำเป็น จึงศึกษาเพื่อที่จะหาแนวทางในการปรับปรุง ลดระยะเวลาในการทำงานและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ

*1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

Smart Monodzukuri Management และ IVI Method (Industrial Value Chain Initiative) เป็นสถาปัตยกรรมการสร้างอุตสาหกรรมสมัยใหม่รองรับอุตสาหกรรมแบบดิจิทัลโดยมีกรอบการดำเนินงานแบบ Industrial Value Chain Reference Architecture (IVRA) เพื่อพัฒนาไปสู่การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวให้องค์กรนั้นดำเนินงานแบบ Smart Manufacturing ได้ (Yasuyuki Nishioka. 2018) องค์ประกอบหลักของ Smart Manufacturing องค์ประกอบที่ 1 Value Chain by Connected Business เชื่อมโยงห่วงโซ่คุณค่าของกิจกรรมการผลิตในอุตสาหกรรม โดยทำให้เชื่อมต่อผ่าน Digital Tools หรือสร้าง Digital Twins ขึ้นสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือบนฐานแนวคิดของลีนสำหรับการวางระบบการดำเนินงานสำหรับองค์กรที่ต้องการนโยบายปรับปรุงผ่านระบบดิจิทัล (Digital Transform) (Cattaneo. 2017) องค์ประกอบที่ 2 Autonomous Systems วางระบบการดำเนินงานให้รองรับการดำเนินงานแบบอัตโนมัติ เชื่อมโยงการใช้ข้อมูลที่ไหลเวียนในระบบให้เกิดเป็นข้อมูลสารสนเทศ ตัวอย่างเช่นการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในงานสั่งซื้อสินค้าประเภทอาหาร นำเข้าข้อมูล Data Warehouse หาความสัมพันธ์และแสดงผลผ่านโปรแกรม Power BI ส่งผลให้ข้อมูลไหลเวียนได้แบบ Real-Time และส่งผลต่อคุณภาพการใช้ข้อมูลและการตัดสินใจในกระบวนการทำงาน (กิตติชัย ศรีธรรมพงษ์. 2018 และ Hickey. 2020) องค์ประกอบที่ 3 Ecosystem on data-driven platforms เป็นการพัฒนาไปสู่การสร้างพื้นที่เสมือนในการทำงานที่ผสมผสานอย่างไร้รอยต่อ (Seamless Mode) โดยในระยะยาวจะเป็นระบบนิเวศของการผลิตในธุรกิจ หรือเชื่อมโยงเครือข่ายการทำงานร่วมกันได้ แบ่งเป็น Physical Areas และ Cyber Areas ซึ่งปัจจุบันสามารถใช้ระบบการผลิตแบบลีน เข้ามาช่วยดำเนินการได้ มุ่งเน้นการลดต้นทุนความสูญเปล่าและสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบการทำงาน สร้างสมดุลระหว่างกระบวนการและผลิตภัณฑ์ รองรับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการอย่างยืดหยุ่น เน้นสมรรถนะด้านคุณภาพ และความรวดเร็วในการตอบสนองทั้งกระบวนการภายในและลูกค้า (Durakovic. 2018) จุดสำคัญคือเครื่องมือที่จัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค Data Collection & Analysis ช่วยให้การวางระบบปรับปรุงกระบวนการมีการจัดการกับชุดข้อมูล วิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (Ketna, M. 2020)

โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามขั้นตอนของ IVI Method ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (Yasuyuki Nishioka. 2018) ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 System Exploration เข้าใจสถานการณ์ปัจจุบัน (Current Situation) ระบุสภาพปัญหาที่เป็นประเด็น หรืออาการผิดปกติบางอย่างในระบบหรือการดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 2 System Recognition ทำความเข้าใจสถานการณ์และความสัมพันธ์ของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยสร้างความเชื่อมโยงเกี่ยวกับบุคคคล อุปกรณ์ กิจกรรม ข้อมูล เพื่อระบุจุด

ที่เกิดอาการผิดปกติ ผลลัพธ์ของการดำเนินงานจะได้แผนภาพที่เรียกว่า AS-IS Modelขั้นตอนที่ 3 System Orchestration ดำเนินการออกแบบกระบวนการหรือใช้วิธีการอย่างเหมาะสม เพื่อแก้จุดที่เกิดอาการผิดปกติ โดยควรเริ่มต้นจาก Small Start ก่อนซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของการเริ่มต้น Smart Monodzukuri ที่ดี และควรมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับ IoTs (Mr.Automated. 2561) ในส่วนประกอบของการแก้ไขปัญหาในแผนภาพที่ออกแบบหลังการปรับปรุง หรือที่เรียกว่า TO-BE Model ขั้นตอนที่ 4 System Realization จัดทำแผนกิจกรรมดำเนินงาน กำหนดกิจกรรม อุปกรณ์ งบประมาณ ผู้รับผิดชอบหรือทีมงานหลักในการดำเนินแต่ละกิจกรรม กำหนดตัวชี้วัดผลสำเร็จของกิจกรรมทั้งด้านปริมาณและด้านคุณภาพ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์วัดผลสำเร็จหรือประเมินความก้าวหน้าของงานได้ เรียกว่า TO-DO Model

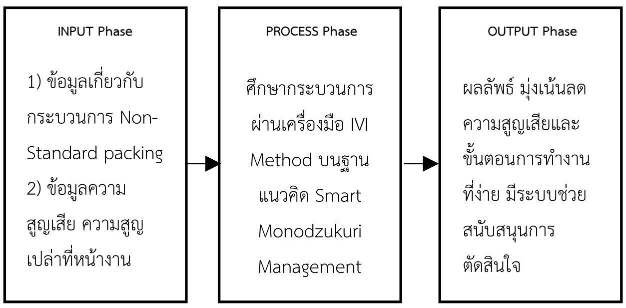
## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและนำเสนอแนวทางลดขั้นตอนการทำงาน และความสูญเสียระหว่างกระบวนการ ในกระบวนการจัดการคำสั่งซื้อ Non-Standard Packing ในผลิตภัณฑ์ที่เป็น Image sensor ด้วยชุดเครื่องมือ IVI method บนฐานแนวคิด Smart Monodzukuri Management

## 3) วิธีการดำเนินการวิจัย

*3.1 กรอบแนวคิดและขอบเขตการวิจัย*

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework) ดังนี้




รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการดำเนินงานวิจัย

โดยขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สัญชาติญี่ปุ่น กรณีศึกษาแบบ manufacturing site ผลิตเพื่อการส่งออกต่างประเทศ มุ่งเน้นการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการจัดการการผลิตที่เกี่ยวกับคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing ในผลิตภัณฑ์เซนเซอร์รับภาพ (Image sensor) เพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการทำงาน โดยใช้ฐานแนวคิดของ Smart Monodzukuri Management ใช้ชุดเครื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิต IVI method โดยผลจากการศึกษา จะดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการทำงานเดิม นำเสนอในรูปแบบ AS-IS Model และกระบวนการทำงานหลังการปรับปรุง นำเสนอในรูปแบบ TO-BE Model โดยเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคม 2564 - มกราคม 2565

*3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย*

3.2.1 ศึกษาระบบการทำงานในปัจจุบัน ด้วยวิธีการสอบถามข้อมูลจากบุคลากรปฏิบัติงานในพื้นที่รับผิดชอบ Image Sensor และเก็บข้อมูลจากเอกสาร Work Standard รวบรวมปัญหาและเพื่อให้ทราบสภาพการทำงานที่แท้จริง และทำการรวบรวมปัญหาปัจจุบัน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน วิเคราะห์ประเมินและคัดเลือกประเด็นปัญหา สอดคล้องกับ IVI method ในขั้นตอน System Exploration

3.2.2 จัดทำข้อมูลความสัมพันธ์ของสภาพปัญหาในรูปแบบ AS-IS Model เพื่อแสดงข้อมูลและทำความเข้าใจความต้องการในประเด็นปรับปรุงของพื้นที่ โดยการใช้รูปแบบทวนสอบคำถาม สอบถามเพิ่มเติมจากผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อตอบสนองความต้องการผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด สอดคล้องกับ IVI method ในขั้นตอน System Recognition

3.2.3 ออกแบบความสัมพันธ์ของการปรับปรุง ในรูปแบบ TO-BE Model วางโครงสร้างของกิจกรรมที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงหรือพัฒนาแล้วในงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบเกี่ยวกับสถานการณ์เป้าหมายและความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เครื่องมือและการประยุกต์ใช้ IoT สอดคล้องกับ IVI method ในขั้นตอน System Orchestration

3.2.4 นำเสนอแผนงานและแนวทางผ่านรูปแบบ TO-DO Model จัดทำแนวทางการปรับปรุง มีองค์ประกอบของกิจกรรม ผู้รับผิดชอบ กรอบเวลา ดำเนินงาน และคุณค่าที่

ได้รับหลังปรับปรุง สอดคล้องกับ IVI method ในขั้นตอน System Realization

3.2.5 สรุปผล โดยเปรียบเทียบขั้นตอนการดำเนินงานก่อนปรับปรุง (จาก AS-IS Model) และหลังปรับปรุง (จาก TO-BE Model) วิเคราะห์ผลการลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน และระยะเวลาในส่วนของพื้นที่ตัวอย่างกระบวนการจัดการคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing

## 4) ผลการวิจัย

*4.1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน (Current Situation)*

ความสัมพันธ์การทำงานประกอบด้วย 1) แผนกวางแผนการผลิต จัดการปัจจัยการผลิตตามเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้โดยสอดคล้องกับความต้องการลูกค้า 2) แผนกควบคุมการผลิต ควบคุมดูแลการผลิตให้เป็นไปได้อย่างลื่นไหล 3) ฝ่ายผลิตปฏิบัติงานแต่ละกระบวนการและควบคุมเครื่องจักร 4) แผนกคลังสินค้าสำเร็จรูป ควบคุมสินค้าที่จัดเก็บอยู่ในคลัง ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลระบบงาน และสอบถามข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานจริงเพื่อให้ทราบสภาพการทำงานที่แท้จริง สามารถสรุปรายละเอียดการทำงานที่สัมพันธ์กับการจัดการใบคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แผนกวางแผนการผลิต โหลดไฟล์ข้อมูล Order Status Information (OSI) เป็นไฟล์ที่ใช้สำหรับการดูสถานะของใบคำสั่งซื้อ (PO) จากระบบเป็นไฟล์ Excel ที่มีคำสั่งซื้อของทุกผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไฟล์ OSI แยกเป็นไฟล์ Excel ใหม่สำหรับคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing เฉพาะผลิตภัณฑ์ Image Sensor โดยใช้การตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงานและส่งไฟล์ใหม่ทางอีเมลล์ที่ได้ไปที่แผนกควบคุมการผลิต

ขั้นตอนที่ 2 แผนกควบคุมการผลิต นำไฟล์คำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing ทำการเทียบกับไฟล์เดิม เพื่อตรวจสอบว่ามีคำสั่งซื้อใหม่เพิ่มเข้ามาหรือมีคำสั่งซื้อที่เปลี่ยนแปลงหรือไม่ และนำไฟล์ข้อมูลเปรียบเทียบกับสถานะของชิ้นงานที่ยังอยู่ในกระบวนการผลิต (WIP) ที่มาจากแผนกวางแผนการผลิต เป็นอันดับแรกเพื่อตรวจสอบว่า WIP มีจำนวนเพียงพอต่อจำนวนคำสั่งซื้อหรือไม่ ถ้ากรณีไม่เพียงพอแผนกควบคุมการผลิตตรวจสอบสถานะของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตขั้นสุดท้ายเรียบร้อยแล้ว ที่มาจากแผนกคลังสินค้าว่ามีผลิตภัณฑ์หรือไม่ ถ้ามีชิ้นงานเพียงพอที่ต้องการจะสั่งทำ F/G Return เป็นตัวเลือกสุดท้าย เหตุเพราะว่ามีกระบวนการในการทำงานหลายขั้นตอนและจะทำให้ต้องเสียบรรจุภัณฑ์ที่ดำเนินการบรรจุ

ขั้นตอนที่ 3 แผนกควบคุมการผลิต ส่งข้อมูลใบคำสั่งผลิต (WO) ผ่านอีเมลล์ ให้หัวหน้าฝ่ายผลิตทำการสั่งผลิตสินค้า ระบุข้อมูลผลิตสินค้า จำนวน และวันส่งมอบ กรณีมีคำสั่งเพิ่มจะ add-on คำสั่งผลิตได้ หลังจากผลิตชิ้นงานเสร็จแล้วส่งชิ้นงานไปเก็บที่คลังสินค้าสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 4 ผู้ปฏิบัติงานฝ่ายผลิตนำเอกสารบันทึกการผลิตเพื่อบันทึกข้อมูลลงไฟล์ Excel และนำส่งอีเมลล์ให้กับแผนกควบคุมการผลิต และแผนกวางแผนการผลิต

*4.2 รวบรวมและคัดเลือกปัญหา*

ผู้วิจัยรวบรวมประเด็นอาการผิดปกติ จัดกลุ่มความสัมพันธ์ของปัญหา ดังตารางที่ 1 แบ่งเป็น กลุ่มอาการเกี่ยวกับข้อมูล (data) กระบวนการทำงาน (Process) และระบบสนับสนุนการทำงาน (Support System)

ตารางที่ 1 กลุ่มอาการผิดปกติจากสภาพปัจจุบัน

| ลำดับ | ข้อมูล | กระบวนการทำงาน | ระบบสนับสนุน |
|---|---|---|---|
| 1 | ได้รับข้อมูลผิดพลาด | ใบคำสั่งซื้อหลุดการจัดการ | จัดการคำสั่งซื้อได้ยาก |
| 2 | ไม่ได้รับข้อมูล | บางครั้งทราบว่าใบคำซื้อมีเปลี่ยนแปลงหลังจากผลิตผลิตภัณฑ์แล้ว | ผลิตภัณฑ์อื่นผลิตได้ไม่ตามแผนการผลิต |
| 3 | บางครั้งข้อมูลในระบบ ไม่ตรงกับความเป็นจริง | ใช้เวลาในการจัดการใบคำสั่งซื้อนาน | เกิดการทำงานซ้ำซ้อน |
| 4 | ถ้าไม่มีไฟล์ Excel จะไม่สามารถเห็นใบคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing | ต้องรอรายงานจากอีกแผนก เพื่อทำการตรวจสอบข้อมูลว่าตรงกันหรือไม่ | เสียบรรจุภัณฑ์เมื่อมีการบรรจุผิดหรือต้องทำ F/G Return |
| 5 | ไม่ทราบว่ามีเปลี่ยนแปลงวันส่ง | ทำผลิตภัณฑ์ออกมาแล้วแต่เพิ่งทราบว่าคำสั่งซื้อเปลี่ยน | การสื่อสารผิดพลาด |

ปัญหาหลักที่พบคือ เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการหลายส่วน เมื่อมีคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard Packing วิเคราะห์หาต้นเหตุได้ดังนี้ คำสั่งซื้อไม่อัพเดทตลอดเวลา, ไม่มีการแจ้งเตือนจากระบบ, ไม่มีโปรแกรมแสดงสถานะบอกข้อมูลที่ช่วยในการควบคุมการผลิต, ไม่มีโปรแกรมอัตโนมัติ สำหรับลดขั้นตอนงานแบบ Manual โดยการคัดเลือกสาเหตุที่นำมาแก้ไขโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ประเมินและจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

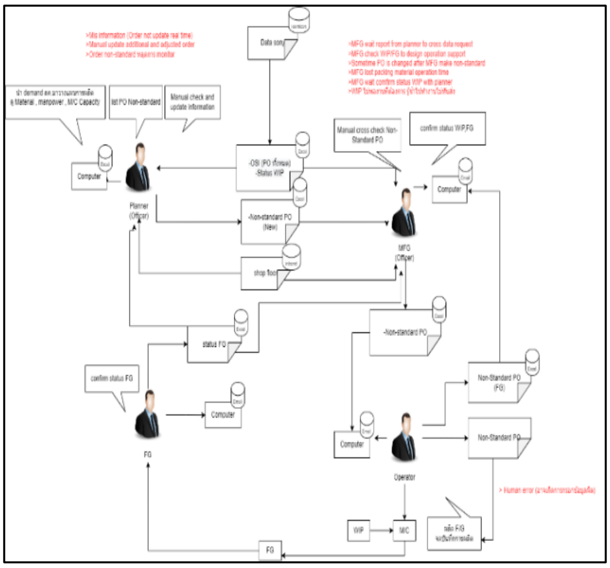
| ปัญหา | ค่าใช้จ่าย | ความเป็นไปได้ | ผลกระทบ | รวม | เฉลี่ย | ลำดับความสำคัญ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ไม่มีการแจ้งเตือนจากระบบ | 3 | 4 | 5 | 12 | 13 | 2 |
| | 4 | 4 | 5 | 13 | | |
| | 4 | 5 | 5 | 14 | | |
| คำสั่งซื้อไม่อัพเดทตลอดเวลา | 1 | 2 | 3 | 6 | 8 | 4 |
| | 3 | 2 | 4 | 9 | | |
| | 3 | 4 | 2 | 9 | | |
| ไม่มีโปรแกรมแสดงสถานะบอกข้อมูลที่ช่วยในการควบคุมการผลิต | 4 | 5 | 5 | 14 | 13 | 1 |
| | 3 | 4 | 5 | 12 | | |
| | 3 | 4 | 5 | 12 | | |
| ไม่มีโปรแกรมอัตโนมัติ สำหรับลดขั้นตอนงานแบบ Manual | 3 | 4 | 5 | 12 | 13 | 3 |
| | 4 | 5 | 5 | 14 | | |
| | 3 | 5 | 5 | 13 | | |

* หมายเหตุ ค่าใช้จ่าย = เงินที่ต้องลงทุนกับการแก้ไขปัญหา (ถ้าใช้งบมากให้คะแนนน้อย ถ้าใช้งบน้อยให้คะแนนมาก), ความเป็นไปได้ = ความเป็นได้ที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้สำเร็จ ตามทรัพยากรที่คาดไว้, ผลกระทบ = เมื่อแก้ไขปัญหานี้จะส่งผลกระทบต่อปัญหาใหญ่ได้แค่ไหน (ลดความสูญเสียในการจัดการคำสั่งซื้อ)

การประเมินโดยผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในส่วนพื้นที่วิจัยนี้ ผลคะแนนเท่ากัน 3 หัวข้อ จึงทวนสอบด้วยวิธีสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องว่าปัญหาใดที่ควรดำเนินการแก้ไขลำดับแรก หัวข้อปัญหาคือ ไม่มีโปรแกรมแสดงสถานะบอกข้อมูลที่ช่วยในการควบคุมการผลิต สาเหตุที่เลือกปัญหานี้เพราะหากสามารถแก้ไขอาการของปัญหานี้ได้แล้ว ปัญหาอื่นที่เกี่ยวข้องจากการประเมินจะลดลงด้วย

*4.3 การจัดทำ AS-IS Model*

แผนภาพความสัมพันธ์ของหัวข้อปัญหาตามเกณฑ์ที่เลือกมีรายละเอียดดังรูปที่ 2



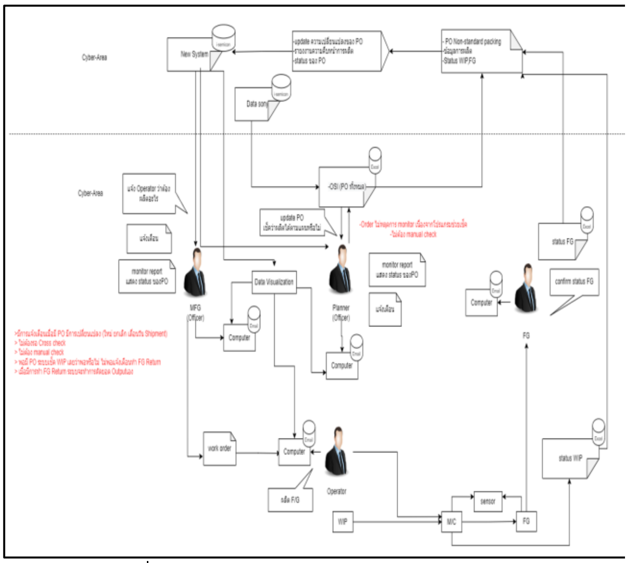
รูปที่ 2 แผนภาพ AS-IS Model ของสภาพปัญหา

จากรูปที่ 2 พบความสัมพันธ์ของปัญหาคือ 1) ที่ส่วนงานวางแผนผลิต มีสัญญาณความผิดพลาดของการรับข้อมูลแบบ Real-Time และงานที่เป็นระบบ Manual 2) เกิดการรอข้อมูลเอกสารที่จากแผนกวางแผนการผลิตมายังแผนกควบคุมการผลิตเพื่อตรวจสอบการตรงกันของข้อมูล รอการยืนยันสถานะของ WIP, F/G และบางครั้งคำสั่งซื้อมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากผลิตชิ้นงานไปแล้ว 3) มีความผิดพลาดจากบันทึกข้อมูลผลผลิตทำให้ไม่ทราบสถานะงาน

ผู้วิจัยดำเนินการทำความเข้าใจสภาพปัจจุบันจาก AS-IS model ร่วมกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อวางแผนออกแบบจุดที่สามารถปรับปรุงแบบ Small Start ตามหลักการของ Smart Monodzukuri Management

*4.4 การจัดทำ TO-BE Model*

แผนภาพแนวทางนำเสนอเพื่อปรับปรุงกระบวนการสำหรับคำสั่งซื้อ Non-Standard Packing ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 TO-BE Model นำเสนอแนวทางแก้ไข

ออกแบบ Cyber Area ให้ทุกส่วนงานที่เกี่ยวข้องส่งข้อมูลไปที่ระบบที่ออกแบบใหม่ ประมวลผลข้อมูลและคำสั่งซื้อที่อัพเดทได้แบบ Real-Time การตั้งค่าเตือนสถานะที่สำคัญ เช่น การเปลี่ยนแปลงข้อมูลใบคำสั่งซื้อและสั่งผลิต เพื่อให้ควบคุมและติดตามได้ง่ายถึงสถานะการผลิต มีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้ 1) มีการแจ้งเตือนเมื่อใบคำสั่งซื้อเกิดการเปลี่ยนแปลง (เพิ่มใหม่ ยกเลิก เลื่อนวัน Shipment) 2) ลดความซ้ำซ้อนของการตรวจสอบข้อมูล 3) เมื่อมีใบคำสั่งซื้อเข้ามา ระบบตรวจสอบ WIP ได้เลยเพื่อให้ทราบว่ามีพอหรือไม่สามารถใส่วัตถุดิบเข้าไปได้ทันหรือไม่ กรณีไม่ได้ ระบบจะทำการแจ้งขอทำ F/G Return 4) เมื่อมีการทำ F/G Return ระบบจะทำการตัดยอด Output ได้ทันทีและระบบจะแจ้งว่าจะต้องไปนำ F/G จากส่วนใดของพื้นที่คลังสินค้าสำเร็จรูป แล้วทำการแจ้งให้แผนกควบคุมการผลิตทราบข้อมูลได้ 5) คำสั่งซื้อไม่หลุดการควบคุม เนื่องจากโปรแกรมช่วยตรวจสอบคำสั่งซื้อที่เข้ามาใหม่และมีการแจ้งเตือนให้ทราบ

*4.5 การจัดทำ TO-DO Model*

จัดทำแผนการดำเนินงาน เพื่อเป็นแนวทางดำเนินการปรับปรุงตามแผนที่เสนอผ่าน TO-DO Model ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 TO-DO Model

| To Do List | Period | WHO | Value-Added |
|---|---|---|---|
| ออกแบบหน้าตาของการแสดง Status | 1 เดือน | IT | ลดเวลาในการจัดการทำให้การจัดการง่ายขึ้น |
| จัดทำ System and database เพื่อแสดง Status ของคำสั่งซื้อที่เป็น Non-standard | 1 เดือน | IT | ลดเวลาในการจัดการทำให้การจัดการง่ายขึ้น |
| นำ Status WIP และ FG ใส่ใน system | 1 สัปดาห์ | IT/FG/MFG | ลดเวลาในการรอ report |
| ทำให้ system สามารถช่วยจัดการคำสั่งซื้อได้ | 2 เดือน | IT | ลดขั้นตอนการทำงาน |
| สร้าง Monitor Alert system | 1 สัปดาห์ | IT | ลดข้อผิดพลาดในการจัดการคำสั่งซื้อ |
| จัดทำโปรแกรมเพื่อสร้าง Dashboard | 1 สัปดาห์ | IT | ทำให้การจัดการง่ายขึ้น |

## 5.) บทสรุปและข้อเสอนแนะ

*5.1) บทสรุป*

จากผลดำเนินงานวิจัยบนฐานแนวคิด Smart Monodzukuri Management ใช้ชุดเครื่องมือปรับปรุงกระบวนการ IVI method สามารถช่วยลดขั้นตอนในการทำงานที่ซ้ำซ้อน และลดระยะเวลาในการทำงาน

โดยจากสถานการณ์ปัจจุบัน เห็นว่ามีการทำงานที่ซ้ำซ้อนการส่งข้อมูล หลายรอบและซ้ำไปมา ทำให้อาจเกิดข้อผิดพลาดในการจัดการได้ และใช้เวลาในการรองาน โดยออกแบบระบบที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา ลดขั้นตอนในการตรวจสอบและป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดจากคน (human error) และระบบสามารถแสดงให้เห็นสถานการณ์ทำงานได้แบบ Real-Time ผลการดำเนินงานเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง สามารถขั้นตอนการทำงานที่ไม่เกิดคุณค่า (Non-Value Added) ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ใหม่สำหรับกรณีศึกษาที่มีลักษณะการดำเนินงานใกล้เคียงกันสามารถประยุกต์ใช้หลักการและเครื่องมือวิเคราะห์สภาพปัญหาด้วย IVI method ผสานกับการวางแผนดำเนินงานเปรียบเทียบ AS-IS & TO-BE Model เพื่อให้เกิดการปรับปรุงจากระดับเล็กสู่การเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องที่มีผลกระทบสูงทั้งด้านประสิทธิภาพของกระบวนการและการลดต้นทุนเพิ่มความสามารถของกระบวนการในระยะยาวได้

*5.2) ข้อเสนอแนะ*

5.2.1) ควรศึกษาเรื่องคำสั่งซื้อที่เป็น Non-Standard เพิ่มเติมเพื่อขยายแนวทางป้องกันและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยพิจารณาและสำรวจอาการปัญหาจาก 4M

5.2.2) ทดสอบการใช้งานระบบที่ออกแบบให้รอบด้านและให้ครบทุกฟังก์ชั่นการทำงานเพื่อปรับปรุงการใช้งานให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่การทำงาน

## เอกสารอ้างอิง

[1] Thomas Alsop. (2020). Semiconductor market size worldwide 2016-2024. Retrieved from https://www.statista.com/statistics/809662/global-semiconductor-market-revenue-forecast/

[2] Wanna Yongpisanphob. (2564). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564-2566: อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. Retrieved from https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Hi-tech-Industries/Electronics/IO/io-Electronics-21

[3] Yasuyuki Nishioka. (2018). Industrial Value Chain Reference Architecture-Next: Strategic implementation framework of industrial value chain for connected industries. Industrial Value Chain Initiative: Tokyo, Japan. Monodukuri Nippon Conference.

[4] Mr. Automated. (2561). การนำเสนอแผนภาพข้อมูล (Data Visualization). Retrieved from https://www.autosoft.in.th

[5] Cattaneo, L., Rossi, M., Negri, E., Powell, D., & Terzi, S. (2017, July). Lean thinking in the digital era. In IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (pp. 371-381). Springer, Cham.

[6] Durakovic, B., Demir, R., Abat, K., & Emek, C. (2018). Lean manufacturing: Trends and implementation issues. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 6(1), 130-143.

[7] Ketna, M. (2020). เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของ องค์กรธุรกิจ. Journal of Business Administration and Social Sciences Ramkhamhaeng University, 3(3), 14-30.

[8] กิตติชัย ศรีธรรมพงษ์, มัลลิกา วัฒนะ, วรารัตน์ สงฆ์แป้น, ปวีณา วันชัย, & อภิศักดิ์ พัฒนจักร. (2018). ระบบช่วยการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าโดยใช้เทคนิคธุรกิจอัจฉริยะ กรณีศึกษา บริษัท มิสเตอร์ซูชิ จำกัด. JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 8(2), 25-36.

[9] Hickey, P., & Kozlovski, E. (2020). E-strategies for aftermarket facilitation in the global semiconductor manufacturing industry. Journal of Enterprise Information Management.

# การพัฒนาการวางแผนสั่งสินค้าโดยกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติ

# The Development of Demand and Supply Planning using Robotic Process Automation (RPA)

รวิวรรณ สงนอก
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Bangkok, Thailand
so.rawiwan_st@tni.ac.th

ศรายุทธ นนท์ศิริ
*AIoT Research Laboratory*
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Bangkok, Thailand
sarayut.n@tni.ac.th

ศุภาวีร์ มากดี
*คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์*
*มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*
Ubon Ratchathani, Thailand
supawee.m@ubru.ac.th

***บทคัดย่อ* – ในปัจจุบันกระบวนการจัดเตรียมข้อมูลประจำวันสำหรับการวางแผนสั่งซื้อสินค้า โดยส่วนใหญ่จะใช้พนักงานที่เกี่ยวข้องเป็นผู้จัดทำ เนื่องจากต้องรวบรวมข้อมูลมาจากหลายแหล่งที่มีขนาดใหญ่ และมีความซับซ้อน ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น การจัดเตรียมข้อมูลใช้ระยะเวลานาน ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก ข้อมูลมีการจัดเตรียมไม่ถูกต้อง เพราะความผิดพลาดของพนักงาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการทำงานประจำวันของเจ้าหน้าที่วิเคราะห์วางแผนสั่งสินค้า ที่จะต้องทำงานล่วงเวลาเพิ่มเติม นอกจากนั้นหากอาจทำให้สูญเสียโอกาสในการสร้างผลกำไรของบริษัท เนื่องจากมีสินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า หรือต้องใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าเพราะมีการสั่งซื้อสินค้ามากกว่าความต้องการของลูกค้า**

**งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการวางแผนสั่งสินค้าด้วยระบบการทำงานหุ่นยนต์อัตโนมัติ เพื่อลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย และความผิดพลาดในการเตรียมข้อมูลประจำวัน จากผลการวิจัยพบว่าการปรับปรุงกระบวนการจัดเตรียมข้อมูลประจำวัน โดยใช้หุ่นยนต์อัตโนมัติสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างงาน ประจำเดือนของพนักงานและสามารถลดความผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานของมนุษย์ได้**

***คำสำคัญ - หุ่นยนต์อัตโนมัติ, การวางแผนสั่งสินค้า, VBA***

## I. บทนำ

การดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจมีความจำเป็นต้องใช้แรงงานมนุษย์เป็นกลไกหลัก ในการขับเคลื่อนองค์กรไปข้างหน้าไม่ว่าจะในอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคต แต่อย่างไรก็ตามในการทำงานโดยมนุษย์ก็อาจเกิดความผิดพลาดได้ เช่น ในงานด้านการทำเอกสาร หรือการสรุปข้อมูลสำคัญ หากมีความผิดพลาดเกิดขึ้น อาจจะส่งผลมาซึ่งความเสียหายขององค์กร ดังนั้นหากสามารถลดความผิดพลาดในกระบวนการทำงานของมนุษย์ ก็จะส่งผลดีต่อองค์กรเช่นเดียวกันกับการทำงานเป็นนักวางแผนสั่งซื้อ จำเป็นต้องมีการเตรียมข้อมูลประจำวัน เพื่อทำการพยากรณ์ยอดการสั่งสินค้าในแต่ละวันตามข้อกำหนดของผู้ผลิต เพื่อให้ได้รับสินค้าที่เพียง- พอต่อความต้องการของลูกค้า เพียงพอต่อพื้นที่จัดเก็บสินค้า และ ไม่สูญเสียการขาย แต่ในปัจจุบันขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลนั้นจะต้องใช้พนักงานในการรวบรวมข้อมูลประจำวัน ซึ่งหากเกิดข้อผิดพลาด จะต้องสูญเสียระยะเวลาในการแก้ไข ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน ที่เป็นผู้จัดทำข้อมูล ดังนั้นในขั้นตอนของการจัดเตรียมและรวบรวมข้อมูล เราสามารถปรับกระบวนการทำงานให้เป็นอัตโนมัติได้ จะทำให้สามารถนำข้อมูลที่ถูกต้อง ไปใช้ในการพยากรณ์ยอดการสั่งสินค้า และลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน ดังนั้น หากพัฒนากระบวนการจัดเตรียมข้อมูลโดยนำกระบวนการทำงานต่างๆ จัดทำให้เป็นรูปแบบการทำงานอัตโนมัติ โดยการใช้เครื่องมือสร้างหุ่นยนต์ในการทำงานแทนมนุษย์ ก็จะช่วยให้กระบวนการวางแผนสั่งสินค้าดียิ่งขึ้น

กระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติ (Robotic Process Automation: RPA) เป็นเทคโนโลยีใหม่ทางด้านซอฟต์แวร์ โดยมีเป้าหมายในการตอบสนองความต้องการทางธุรกิจให้มีความคล่องตัวและมีความรวดเร็วมากขึ้น ด้วยการนำระบบซอฟต์แวร์แบบอัตโนมัติมาใช้ทำงานทดแทนแรงงานคน มีความเหมาะสมกับงานที่มีรูปแบบประจำ ทำงานซ้ำๆ และมีเงื่อนไขที่กำหนดไว้ชัดเจน ซึ่งมีประโยชน์ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพ มีคุณภาพ และเพิ่มปริมาณของงานมากขึ้น เนื่องจากระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ มีความรวดเร็ว และทำงานได้ตลอดเวลา นอกจากนั้นยังลดแรงงาน ลดความผิดพลาดจากการทำงานของมนุษย์ และลดค่าใช้จ่ายได้ ทำให้มีการนำเอาไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานทางธุรกิจกันอย่างแพร่หลาย

## II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่าในปัจจุบันได้มีการนำกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในด้านต่างๆ มากมายอย่างเช่นในด้านธุรกิจธนาคาร ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบซอฟต์แวร์อัตโนมัติในหน่วยงานสนับสนุน ความได้เปรียบทางการแข่งขันในธุรกิจธนาคารพาณิชย์ไทยกรณีศึกษา ธนาคารเอบีซีสายงานปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกในสถานการณ์การแข่งขันของธนาคารเอบีซี โดยวิเคราะห์เหตุการณ์ก่อนและหลัง การนำระบบซอฟต์แวร์อัตโนมัติมาพัฒนาพบว่าหลังจากที่ใช้งานระบบซอฟต์แวร์อัตโนมัติทำให้ธนาคารมีความได้เปรียบทางการแข่งขันเพิ่มขึ้นทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านต้นทุน ด้านการสร้างคุณภาพ ด้านนวัตกรรมการปฏิบัติงาน และด้านความรวดเร็วในการตอบสนองลูกค้า กล่าวคือ ระบบซอฟต์แวร์อัตโนมัติสามารถช่วยลดต้นทุน ลดข้อผิดพลาด สร้างมาตรฐานในการปฏิบัติงานป้องกันความเสี่ยงช่วยสร้างนวัตกรรมและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว [1] ธุรกิจด้านบัญชีก็มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ทำการศึกษาโดยการนำกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติไปพัฒนากระบวนการตรวจสอบงานด้านบัญชี (Audit) โดยในการพัฒนาได้มีการวางระบบ พัฒนาในส่วนที่สามารถให้กระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติทำงาน ในขั้นตอนที่มีการทำงานแบบซ้ำๆ ซึ่งในการทำงานดังกล่าว ได้นำกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติเข้าไปพัฒนา การทำงานนำส่วนของ การนำเข้าและส่งออกข้อมูล อีกทั้งในการพัฒนาระบบยังมีการใช้ Excel Marco, Python, และ R ช่วยในการพัฒนาอีกด้วย จากการศึกษาพบว่า กระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติ สามารถทำงานในกระบวนการที่มีการทำงานแบบซ้ำๆ ช่วยลดเวลาในการตรวจสอบบัญชี รวมถึงสามารถยกระดับความน่าเชื่อถือของการตรวจสอบบัญชีได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย [2] มีการศึกษาเกี่ยวกับ ระบบอัตโนมัติ ในการจัดเตรียมและนำเสนอบัญชีการเงิน ของบริษัทโดยใช้ MS Excel ในการจัดการข้อมูลโดยการสร้างฟังก์ชันและการประยุกต์ใช้ Marco โดยใช้ VBA (Microsoft Visual Basic for Applications) [3] อีกทั้งยังมีการนำมาประยุกต์และปรับปรุงระบบในการใช้ในงานด้านเอกสารเรียกเก็บเงิน [7] ในส่วนของงานด้านทรัพยากรบุคคลก็ได้มีการทำงานวิจัยในการนำหุ่นยนต์อัตโนมัติเข้าประยุกต์ใช้โดยเน้นในส่วนของการ รวบรวม จัดเก็บข้อมูลต่างๆ จากการกรอกข้อมูลในแอพลิเคชันเข้าสู่แหล่งจัดเก็บในรูปแบบ excel [6]

## III. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

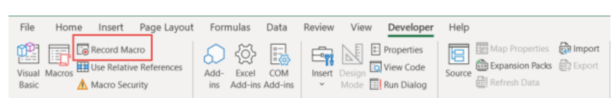
เนื่องจากในการทำงานปัจจุบัน จะมีการทำงานพื้นฐานโดยการใช้ Microsoft Excel เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และวางแผนสั่งสินค้า ข้อมูลประจำวันหรือรายงานผลต่างๆ จะถูกส่งต่อกันในรูปแบบของ.xlsx และ .csv อีกทั้งปริมาณข้อมูลและแหล่งข้อมูลในการประกอบการทำสรุปรายงานจะต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง ซึ่งทำให้การทำข้อมูลประจำวันจะต้องใช้เวลา และต้องการความละเอียดรอบคอบของผู้จัดทำ ซึ่งในการทำข้อมูลดังกล่าว จะมีการมอบหมายตามหน้าที่ และให้พนักงานที่รับผิดชอบทำงานหมุนเวียนกัน ทำให้ในการทำงานแต่ละครั้ง อาจเกิดความผิดพลาด จึงทำให้การเตรียมข้อมูลเกิดความล่าช้าและเสียเวลาในการแก้ไขข้อมูลในแต่ละวัน จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้ได้คิดวิธีการดำเนินงาน โดยการใช้กระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติ เข้ามาช่วยในการทำงานเพื่อให้ประสิทธิภาพของงานถูกต้อง อีกทั้งยังช่วยในการลดค่าใช้จ่าย ในส่วนของค่าทำงานล่วงเวลาของพนักงานอีกด้วย

### *III.I. Microsoft Excel*

Microsoft Excel ใช้สำหรับเก็บข้อมูลในลักษณะของตาราง ที่มีความสามารถในการคำนวณ และสร้างกราฟจากข้อมูลได้อย่างรวดเร็วซึ่ง Microsoft Excel มีความสามารถในหลายๆด้านที่เกี่ยวกับการจัดทำข้อมูล ความสามารถด้านการคำนวณ Excel สามารถป้อนสูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น บวกลบ คูณ หาร รวมทั้งสูตรคำนวณด้านอื่นๆ จุดเด่นของการคำนวณ คือ ผลลัพธ์ของการคำนวณจะเปลี่ยนแปลงตามข้อมูลนำเข้าที่เข้ามาเปลี่ยนค่า ทำให้เราไม่ต้องเสียเวลาเปลี่ยนแปลงค่าผลการคำนวณใหม่ ความสามารถในการค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ด้วยฟังก์ชันที่มีการเชื่อมโยง หรือแม้แต่การเขียนสูตรสร้างเงื่อนไข ในการคำนวณของผู้ใช้งาน ทำให้ Microsoft Excel เป็นที่นิยมในการทำงานที่เกี่ยวกับงานด้าน สถิติ วางแผน หรือแม้แต่งานด้านบัญชี เป็นต้น

### *III.II. Excel Marco*

Excel Marco เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานใน Excel โดยสามารถบันทึกการทำงานโดยผู้ใช้งานได้ จุดประสงค์หลักคือการทำงานโดยอัตโนมัติแทนผู้ใช้งาน โดยที่ผู้ใช้งาน จะเป็นผู้บันทึกขั้นตอนหรือกระบวนการทำงานไว้ และสามารถจัดเก็บอยู่ในบนหน้าจอ Excel ในรูปแบบของ Ribbon ซึ่งข้อดีของ Marco คือ ทำงานได้สะดวก รวดเร็ว และช่วยประหยัดเวลาการทำงานลงนั่นเอง แต่ก็ยังคงมีข้อจำกัดในเชิงลึกที่ไม่สามารถทำได้อยู่ ซึ่งผู้ใช้งานหรือนักพัฒนา สามารถใช้การเขียนคำสั่งการใช้งานโดยภาษา VBA เพิ่มเติมได้ เพื่อความสมบูรณ์ของระบบการทำงานที่ต้องการ ดังแสดงในรูปภาพที่ I




รูปภาพที่ I. แสดงแถบเครื่องมือในการเรียกใช้ Record Marco

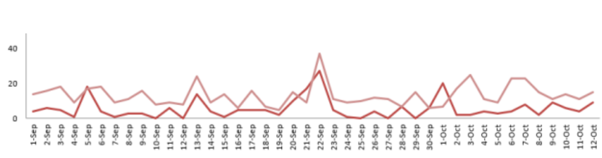
### *III.III. กระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติ*

กระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติรองรับการทำงานได้หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นงานด้านเอกสารธุรกิจ ช่วยตรวจสอบข้อมูล บันทึกข้อมูล หรือแม้กระทั่งงานด้าน IT เช่น การมอนิเตอร์ระบบเพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดของ Services ต่างๆ หรือโปรแกรมต่างๆ โดยอัตโนมัติ

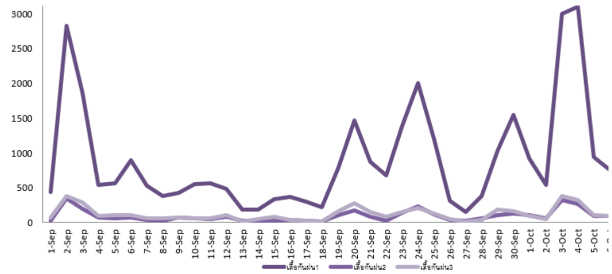
ในปัจจุบันตลาดซอฟต์แวร์ทางด้านกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์อยู่จำนวนมาก โดยซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะทางเทคนิคสูง ตัวอย่างเช่น ทักษะการเขียนโปรแกรม จึงทำให้ซอฟต์แวร์ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการสูง มีการเติบโตที่รวดเร็วมาก ทำให้นักพัฒนาและผู้ใช้งานมีตัวเลือกที่หลากหลายในการนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในองค์กรหรือหน่วยงาน บริษัทการ์ทเนอร์ (Gartner) ได้ทำการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ทางด้านกระบวนการหุ่นยนต์อัตโนมัติสำหรับในปี 2021 พบว่าหากจัดลำดับ 4 อันดับที่อยู่ในกลุ่มผู้นำสูงสุด (Leaders) ได้แก่ UiPath, Automation Anywhere, Microsoft, และ Blue Prism ตามลำดับ [4] ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลให้งานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ UiPath [8] มาพัฒนาและประยุกต์ใช้งานสำหรับกระบวนการวางแผนสั่งสินค้าด้วยระบบการทำงานหุ่นยนต์อัตโนมัติ

## IV. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวางแผนสั่งซื้อจะวิเคราะห์ปริมาณสินค้าให้กับทางผู้ผลิตจากข้อมูลยอดการเบิกสินค้า (Sell in) ทุกช่องทางการขาย โดยใช้ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 3 - 7 วัน ขึ้นอยู่กับเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบสินค้าในการตัดสินใจ โดยแต่ละสินค้าจะมีสถานการณ์และปัจจัยแวดล้อมแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น กลุ่มสินค้าที่มีการขายสินค้าในรูปแบบปกติดังแสดงในรูปภาพที่ II ในขณะที่กลุ่มสินค้าบางชนิดมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น เทศกาล ฤดูกาล การจัดโปรโมชั่น หรือช่องทางการส่งเสริมการขายสินค้าเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ยอดการขาย (Sell out) กระชากเกินกว่ายอดการขายในช่วงเวลาปกติ ดังแสดงในรูปภาพที่ III ซึ่งเกิดการขายสินค้าเกินกว่าปริมาณที่ทางเจ้าหน้าที่ประมาณการไว้ (Over sold) ดังนั้นจึงส่งผลให้เจ้าหน้าที่จะต้องมีความละเอียด รอบคอบ มีความรู้และความเข้าใจในวัฏจักรของสินค้าแต่ละประเภท ทำให้ในการวิเคราะห์เพื่อทำการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละวันจะใช้ในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน จึงเล็งเห็นว่า หากพัฒนากระบวนการสั่งสินค้าอัตโนมัติให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณการสั่งสินค้าในกลุ่มของสินค้าที่มีประวัติการเบิกและแนวโน้มเพิ่มและลดไม่เกิน 30% จะทำให้สามารถลดปริมาณรายการสินค้าที่เจ้าหน้าที่จะต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อสั่งซื้อและสามารถทุ่มเทการวิเคราะห์สั่งซื้อสำหรับสินค้าที่มียอดการเบิกกระชากจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

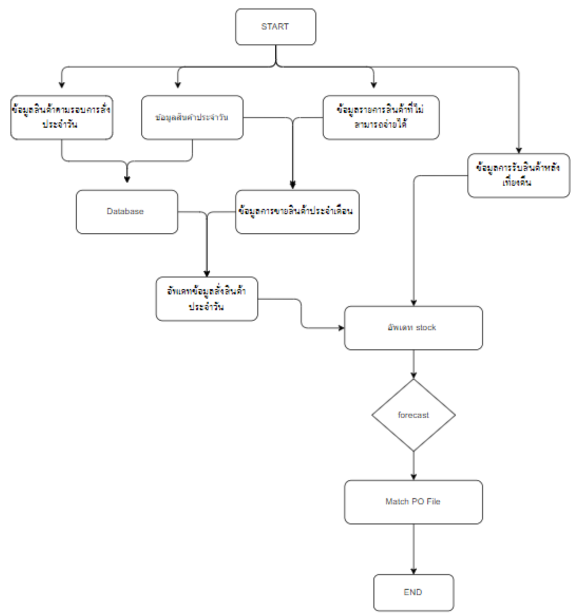


รูปภาพที่ II. กลุ่มสินค้าที่ไม่มีการจัดโปรโมชั่นสินค้า



รูปภาพที่ III. สินค้าเสื้อกันฝนที่มีการจัดโปรโมชั่นสินค้า

### *IV.I. ออกแบบและพัฒนาระบบการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ*




รูปภาพที่ IV. แสดงระบบการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

### *IV.II การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง*

ในงานวิจัยชิ้นนี้มาจาก 5 แหล่งข้อมูลในบริษัทดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลสินค้าตามรอบการสั่งประจำวัน
2. ข้อมูลสินค้าประจำวัน
3. ข้อมูลรายการสินค้าที่ไม่สามารถจ่ายได้
4. ข้อมูลการรับสินค้าหลังเที่ยงคืน
5. ข้อมูลการขายสินค้าประจำเดือน

### *IV.III พัฒนากระบวนการทำงานภายใต้ Excel โดยการใช้ Marco*

ในการทำงานจะมีวิธีการ และขั้นตอนที่ซับซ้อนในการทำงาน เพื่อช่วยลดระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ จึงได้มีการจัดลำดับในการทำงานโดยจะมี Excel Marco ช่วยในการทำงานทั้งหมด 7 กระบวนการ ดังนี้

กระบวนการที่ 1 การสร้างสรุปข้อมูลสินค้าตามรอบสั่งประจำวันจาก แหล่งข้อมูล 2 แห่ง คือ ข้อมูลสินค้าตามรอบการสั่งประจำวันและข้อมูลสินค้าประจำวันโดยจะมีการทำงานโดยให้หุ่นยนต์อัตโนมัติทำการกดปุ่มที่ได้มีการระบุการทำงาน โดยกดตามลำดับการทำงาน คือ เปลี่ยนสกุลไฟล์แหล่งข้อมูลที่1 >> เปลี่ยนสกุลไฟล์แหล่งข้อมูลที่ 2 >> ผสานข้อมูล >> เปลี่ยนชื่อไฟล์และบันทึกข้อมูล

กระบวนการที่ 2 การสร้างสรุปข้อมูลรายการสินค้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ โดยจะมีการทำงานโดยให้หุ่นยนต์อัตโนมัติทำการกดปุ่มที่ได้มีการระบุการทำงานในแต่ละปุ่ม โดยกดตามลำดับการทำงาน คือ เปลี่ยนสกุลไฟล์แหล่งข้อมูลที่ 3 >> เปลี่ยนชนิดของข้อมูล >> เปลี่ยนชื่อไฟล์และบันทึกข้อมูล

กระบวนการที่ 3 การสร้างสรุปข้อมูลการขายสินค้าประจำเดือน โดยจะมีการทำงานโดยให้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ทำการเรียกใช้ Excel Marco ที่ได้มีการกำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอน โดยมีลำดับการทำงาน คือ ทำการตรวจสอบข้อมูลสินค้าใหม่จาก Master File >> บันทึกข้อมูลรายการสินค้าใหม่ >> ผสานข้อมูลยอดขายประจำวันจากข้อมูลสินค้าประจำวัน และ ข้อมูลรายการสินค้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ >> ทำการหายอดรวม >> บันทึกข้อมูลให้ตรงกับวันที่ปัจจุบันและคลังสินค้าให้ถูกต้อง >> เปลี่ยนชื่อไฟล์และบันทึกข้อมูล

กระบวนการที่ 4 อัปเดตข้อมูลสินค้าประจำวัน โดยจะมีการทำงานโดยให้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ทำการการกดปุ่มที่ได้มีการระบุการทำงาน โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่1และ3 อัปเดตข้อมูลในไฟล์การวางแผน เพื่อทำการอัปเดตมูลค่าสินค้าประจำวันสำหรับการวางแผนในวันปัจจุบัน

กระบวนการที่ 5 การสร้างสรุปข้อมูลการรับสินค้าหลังเที่ยงคืน โดยจะมีการทำงานโดยให้หุ่นยนต์อัตโนมัติทำการการกดปุ่มที่ได้มีการระบุการทำงานในแต่ละปุ่ม โดยกดตามลำดับการทำงาน คือ ข้อมูลสินค้าหลังเที่ยงคืนวันที่ปัจจุบันและวันที่ย้อนหลัง 5 วันทำการลบข้อมูลในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง >> นำข้อมูลมาวางต่อกันโดยเรียงลำดับข้อมูลย้อนหลัง 5 วันและตามด้วยข้อมูลวันปัจจุบัน >> บันทึกและส่งออกไฟล์ >> เปิดไฟล์ลงสถานะของสินค้า >> วางข้อมูล >> เพิ่มหลักของรหัสสินค้า >> Status >> เปลี่ยนชื่อไฟล์และบันทึกข้อมูล

กระบวนการที่ 6 อัปเดตมูลค่าสินค้า โดยจะมีการทำงานโดยให้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ทำการการกดปุ่มที่ได้มีการระบุการทำงาน โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่ 4 และ 5 ทำการอัปเดตมูลค่าตามสถานะของสินค้าที่ได้จากกระบวนการที่ 5 จากนั้นจะทำการสั่งสินค้าตามสูตรการสั่งที่ได้มีการบันทึกไว้ในหน้าการสั่งสินค้า

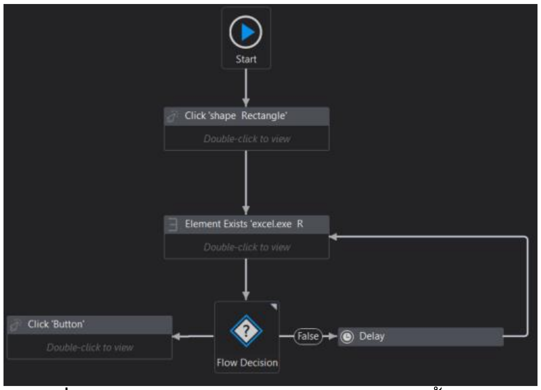
กระบวนการที่ 7 การออกไฟล์ยอดสั่งซื้อสินค้า หลังจากกระบวนการที่ 6 ที่ได้จำนวนที่จะทำการสั่งสินค้าในแต่ละรายการหุ่นยนต์อัตโนมัติ ทำการการกดปุ่มที่ได้มีการระบุการทำงานในแต่ละปุ่มจะทำการบันทึกและออกไฟล์สั่งซื้อเพื่อให้เจ้าหน้าที่ทำการนำไฟล์เข้าสู่ระบบเพื่อนำส่งให้กับผู้ผลิต

*IV.IV. พัฒนากระบวนการทำงานโดย UiPath*

จากการที่ใช้ Marco Excel มาช่วยในการทำงานทำให้ในขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติมีคำสั่งที่เรียกใช้งานดังนี้

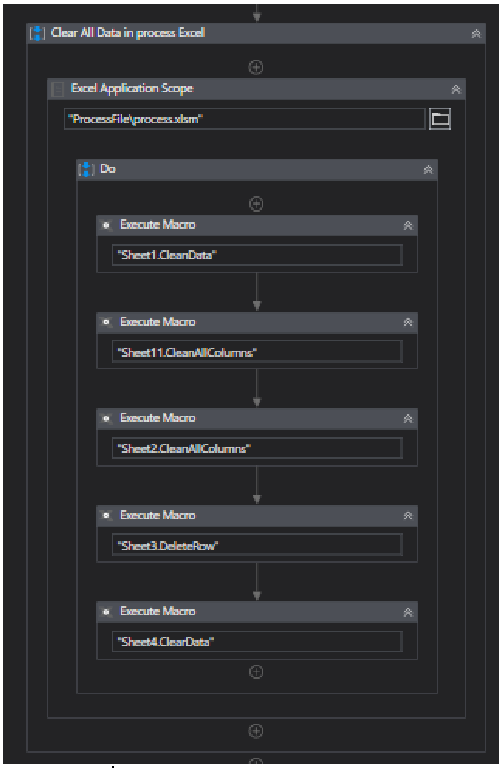
| คำสั่ง | หน้าที่ |
|---|---|
| Start Process | ทำหน้าที่ในการเปิดไฟล์ที่ต้องการใช้งาน โดยกำหนดที่อยู่ (Path) สำหรับการเรียกใช้ |
| Click | การกำหนดให้คลิกปุ่ม โดยจับหน้าจอ indicate on screen |
| Type in to | การกำหนดในการกรอกข้อมูลที่เราต้องการ |
| Element Exists | คือการให้จับหน้าจอ Popup เพื่อกำหนดการตัดสินใจ ร่วมกับ Flow Decision |
| Excel Application Scope | การเรียกใช้งาน Excel |
| Execute Macro | การเรียกใช้งาน Marco |
| Assign | การกำหนดค่าตัวแปร |
| Write Line / Read Range | การอ่านหรือการบันทึกข้อมูล |
| Move file / Copy file | การจัดการไฟล์ข้อมูล ย้ายแหล่งในการจัดเก็บหรือคัดลอกไฟล์ |

ตารางที่ 1 : ตารางแสดงคำสั่งการใช้งานที่สำคัญในการพัฒนากระบวนการสั่งสินค้าอัตโนมัติ




รูปภาพที่ V : แสดงการทำงานหุ่นยนต์อัตโนมัติในขั้นตอนการจับภาพหน้าจอเพื่อให้กดปุ่มที่ต้องการ

นอกจากนี้ในเราสามารถปรับปรุงระบบการทำงานร่วมกับหน่วยงานภายในโดยการกำหนดรูปแบบการส่งเมล และกำหนดเงื่อนไขในการดึงข้อมูลจากเมล ซึ่งได้มีการศึกษาการการปรับปรุงในการที่ส่งเมลซ้ำๆโดยประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์อัตโนมัติโดย UiPath เช่นเดียวกันซึ่งในการในทำงานได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพความแม่นยำ [5]




รูปภาพที่ VI :ภาพแสดงตัวอย่างการกำหนดให้หุ่นยนต์อัตโนมัติทำการเรียกใช้ Marco ใน Excel

## V. ผลการวิจัย

จากการพัฒนากระบวนการทำงานโดยหุ่นยนต์อัตโนมัติพบว่า

1. สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานในการจัดเตรียมข้อมูลประจำวัน จากเดิมใช้พนักงาน 12 คนต่อวันในการจัดทำข้อมูล ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการทำงานนอกเวลา คนละ -1 ชั่วโมงต่อวัน ประมาณการค่าล่วงเวลาโดยคิดจากฐานเงินเดือนของพนักงานที่มีอายุงานน้อยที่สุด จะมีค่าทำงานล่วงเวลา 1 ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 125 บาทต่อวัน (คิดจากเงินเดือน 20,000 บาทต่อ 20 วัน ต่อ 8 ชั่วโมง ) ดังนั้น ใน 1 เดือน จะมีค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงิน 125x12 คนx25 วัน = 37,500 บาท หรือ 1 ปี คิดเป็นเงิน 450,000 บาท

2. จากการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติพบว่า มีการทำงานที่ถูกต้องและเป็นมาตรฐานเนื่องจากเป็นการทำงานของระบบอัตโนมัติ ทำให้มีการกำหนดวิธีการที่ชัดเจน ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกันและถูกต้อง 100%

## VI สรุปการวิจัย

จากการศึกษาและวิจัย การพัฒนากระบวนการวางแผนสั่งสินค้าโดยระบบการทำงานหุ่นยนต์อัตโนมัติ พบว่า สามารถลดความผิดพลาดในการจัดเตรียมข้อมูลประจำวันได้100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานในการทำงานช่วงวันหยุดหรือล่วงเวลาได้ถึง 450,000 บาทต่อปี

## เอกสารอ้างอิง

[1] ชนันธร ศรนุรักษ์ (2020) “The Application of Robotic Process Automation (RPA) in Operations Support for the Competitive Advantage in Thai Commercial Banking Industry: Case Study of ABC Bank Operation Group” สืบค้นวันที่ 1 ตุลาคม 2564 จาก https://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/13093

[2] Moffitt, Rozario, and Vasarhelyi (2018) “ EDITORIAL Robotic Process Automation for Auditing ”, JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN ACCOUNTING , Vol .15, No .1, Spring 2018 , pp. 1–10

[3] Suropov (2020) “TEACHING STUDENTS AUTOMATION OF FINANCIAL REPORTS OF THE COMPANY BY USING SPREADSHEET SYSTEM IN MS EXCEL”, European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences, Vol .8 No .1, 2020

[4] Bobby Patrick (2021) “UiPath Named a Leader for the Third Time in Gartner Magic Quadrant” สืบค้นวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2564 จาก https://www.uipath.com/blog/rpa/gartner-magic-quadrant-rpa-report

[5] Radha kumari Challa (2019) “Robotic Process Automation – An Expert Technology Assistant to A Busy Manager”, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Vol 4 , pp. 172–184

[6] Syaiful Anwar Mohamed (2022) Improving Efficiency and Effectiveness of Robotic Process Automation in Human Resource Management , Sustainability 2022, สืบค้นวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 จาก https://doi.org/10.3390/su14073920

[7] Sagar Sahu (2020) “Invoice Processing Using Robotic Process Automation” , International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology , Vol 6

[8] TutorialandExample (2020) “RPA UiPath”, สืบค้นวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 จาก https://www.tutorialandexample.com/rpa-uipath#

# ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสิทธิ์ ใสยิด[1] ภัทรดนัย จันทร์ถาวร[2] อัชญา กล้าเวช[3] พงศ์ศรัณย์ วงศ์ชนเดช[4]

*[1*]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*[2]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*[3]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*[4]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : pongsaran@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา พฤติกรรม ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง โดยศึกษาจากลักษณะทางด้านประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการเลือกแอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และการตัดสินใจเลือกแอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและวิจัยเชิงปริมาณ (**Quantitative Research)** โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงในเขตกรุงเทพมหานครเท่านั้น จำนวน **407** คน และข้อมูลสถิติจากกลุ่มตัวอย่างใช้การวิเคราะห์ คือ ตารางแจกแจงความถี่ (**Frequency)** ค่าร้อยละ (**Percentage)** ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (**Mean)** และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (**Standard Deviation)** สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (**Multiple Regression)** และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (**One-Way ANOVA)** ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากที่สุด ในช่วงอายุ **18-25** ปี เป็นนักเรียนนักศึกษาในระดับปริญญาตรี มีรายรับไม่เกิน **10,000** บาทต่อเดือน และชอบฟังเพลงแนวป็อป (**Pop)** ส่วนใหญ่ระบบปฏิบัติการที่ใช้เป็น แอนดรอยด์ (**Android)** แอพพลิเคชั่นส่วนใหญ่ที่ใช้ในการฟังเพลงเป็น **YouTube** โดยมีการใช้ฟังเพลงผ่านแอพพลิเคชั่นมากกว่า **7** ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการฟังอยู่ระหว่าง **1-2** ชั่วโมง โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการฟัง โดยส่วนใหญ่ฟังเพลงเพื่อความผ่อนคลายและเพลิดเพลิน ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร คือ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และปัจจัยด้านกระบวนการ

***คำสำคัญ — แอพพลิเคชั่น, ส่วนประสมทางการตลาด, พฤติกรรมผู้บริโภค, กระบวนการตัดสินใจ***

# Marketing Mix factors that affect the decision to use the application In listening to music of consumers, Bangkok

Akkasit Saiyid[1] Pattharadanai chanthaworn[2] Achaya Klavech [3] Pongsaran Wongchanadech[4]

[1*] *Faculty of Business Administrator Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2] *Faculty of Business Administrator Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[3] *Faculty of Business Administrator Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[4] *Faculty of Business Administrator Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: pongsaran@tni.ac.th

***Abstract***

Research study Marketing factors that affect the decision to use the application in listening to music of consumers, Bangkok The Objectives was to study behavior of factors affecting the selection of applications for listen to music. By studying from demographic characteristics Behavior of selecting applications to listen music. Marketing mix factors and decided on applications to listen music. This research study is a quantitative research. by collecting data. Use online questionnaires for collecting data of sampling groups who have experience using applications for listening to music in Bangkok. The number of 407 people and statistical data from the sample were analyzed, namely frequency distribution table, percentage value, arithmetic mean and standard deviation. The statistics used to test hypothesis were multiple regression analysis and one-way ANOVA analysis. The research results were found that Most of the samples were female. Between the age of 18-25 years are students in the Bachelor degree Has an income of not more than 10,000 baht per month and likes to listen to pop music, most of the operating system Being used as an Android, most applications used to listen to music are YouTube. Music through the app more than 7 times a week. The duration of the listening is between 1-2 hours free of cost. Most of them listen to music for relaxation and enjoyment. Marketing factors that affect the decision to use the application in listening to music of consumers, Bangkok Is the Marketing Promotion Factor. Physical environmental factors and process factors

***Keywords — Applications, Marketing Mix., Customer Behavior, Decisions Making Process***

1) บทนำ

ภายใต้การเติบโตของการสื่อสารในปัจจุบัน โลกแห่งอินเทอร์เน็ตได้มีบทบาทที่เพิ่มมากขึ้นในการดำเนินชีวิตต่อคนในสังคม ทำให้ชีวิตของคนในปัจจุบันนั้นทันสมัยและก้าวทันต่อเหตุการณ์ได้อย่างฉับไวและยังเป็นแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายต่อการค้นหา ที่สามารถค้นหาสิ่งที่ตนเองนั้นสนใจได้ทันทีและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ทุกกลุ่ม หรือแม้แต่การรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ จากทั่วโลกนั้นก็สามารถหาได้ในอินเทอร์เน็ตด้วยเช่นเดียวกัน เหตุผลที่ทำให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากธุรกิจในหลายกลุ่ม มองเห็นถึงโอกาสของการขยายลงผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ต ที่สามารถเจาะเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้โดยตรงและสะดวกรวดเร็ว จึงได้ทำการพัฒนาให้ระบบรองรับความต้องการของผู้บริโภคได้โดยช่วยให้เกิดความสะดวกในชีวิตประจำวันมากขึ้น เช่น การค้นหาข้อมูล การติดต่อสื่อสาร หรือแม้แต่การดูหนังและฟังเพลง อุปกรณ์ที่ผู้บริโภคใช้ในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันมีหลากหลายประเภท เช่น โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก และแท็บเล็ต คนไทยนิยมที่จะใช้สมาร์ทโฟนในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตนั้น เป็นเพราะนวัตกรรมของสมาร์ทโฟนที่นอกเหนือจากใช้เพื่อการติดต่อสื่อสารแล้ว ยังมีความสามารถอื่นอีก เช่น การถ่ายรูป แผนที่ดาวเทียม ที่มีการตอบสนองความต้องการอันหลากหลายของคนรุ่นใหม่ รวมไปถึงความต้องการที่จะเชื่อมต่อกับสิ่งต่าง ๆ อย่างรวดเร็วทุกที่ทุกเวลา อีกทั้งยังเป็นอุปกรณ์ที่มีความสะดวกพกพาได้ง่าย และน้ำหนักที่เบา ทำให้ไม่เป็นที่น่าแปลกใจในจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา แอพพลิเคชั่น (Application) เป็นอีกเทคโนโลยีแห่งความล้ำสมัยที่มีการพัฒนามาพร้อมกับการใช้งานอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะเป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และใช้งานง่ายกว่าการเข้าผ่านบนเบราเซอร์ จึงทำให้มีผู้ประกอบธุรกิจต่าง ๆ ไม่ว่าจะมีขนาดที่เล็กหรือขนาดที่ใหญ่ ได้ให้ความสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนา แอพลิเคชั่นของตนเอง เพื่อให้เป็นอีกช่องทางหนึ่งในการโฆษณา จำหน่ายสินค้า และรวมไปถึงการใช้ติดต่อกลุ่มลูกค้าได้อีกด้วย

จากที่กล่าวมา อินเทอร์เน็ตและสมาร์ทโฟนนับว่ามีบทบาทที่ทำให้พฤติกรรมของผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลงไปในชีวิตประจำวัน การเปลี่ยนแปลงในส่วนนี้นั้นมีทั้งผลที่ดีและผลร้ายต่อธุรกิจในแทบทุกอุตสาหกรรม โดยผลที่ดีคือ ทำให้ผู้ประกอบการมีช่องทางที่จะเพิ่มยอดขายของธุรกิจได้ง่ายและโอกาสที่จะเข้าถึงกลุ่มลูกค้าใหม่ ๆ ได้โดยตรง ในทางกลับกันผลเสียคือ ธุรกิจอุตสาหกรรมเพลงบางรายไม่สามารถปรับตัวให้ทันต่อกระแสดิจิทัลและการตอบสนองต่อผู้บริโภคได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้จัดทำการวิจัยขึ้นมาเพื่อใช้ในการศึกษาต่อปัจจัยที่มีผลสำหรับการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงในขอบเขตบริเวณพื้นที่ของกรุงเทพมหานครที่มีคนใช้งานหรือบริการอยู่มาก ทำให้ในการทำวิจัยนี้ใช้ส่วนประสมทางการตลาดและปัจจัยด้านพฤติกรรมของผู้บริโภค โดยผลของการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้พัฒนาแอพพลิเคชั่น ในการออกแบบแอพพลิเคชั่นให้ตรงกับกลุ่มเป้าหมาย และตอบโจทย์ให้ตรงตามตวามต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น และเป็นประโยชน์สำหรับผู้ให้บริการแอพพลิเคชั่นในการปรับปรุงพัฒนาต่อไปในอนาคตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 2) วัตถุประสงค์

2.1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

2.2) เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจในการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

2.3) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

## 3) ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิชัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และใช้วิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey) ซึ่งใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคาะห์ข้อมูล โดยประชากรที่ต้องการศึกษาคือกลุ่มผู้บริโภคที่มีประสบการณ์เคยใช้งานแอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง ที่อาศัยในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งในตอนนี้ไม่มีหน่วยงานหรือบุคคลใดทำการเก็บข้อมูลในส่วนนี้ ผู้วิจัยจึงไม่สามารถทราบถึงจำนวนประชากรเป้าหมายที่แน่นอนได้ ดังนั้น

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงจากตารางสูตรของ Taro Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ที่ 5% จะเก็บกลุ่มตัวอย่าง 400 คน

ในการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัย ใช้วิธีการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการใช้งานแอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการแจกแบบสอบถามผ่านระบบออนไลน์ ใช้ระยะเวลาในการเก็บแบบสอบถาม **2** เดือน

## 4) ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนา ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลในด้านพฤติกรรมการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง โดยใช้ตารางแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลสถิติเชิงอนุมาน สำหรับวิเคราะห์ทดสอบสมมติฐานในแต่ละข้อ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มีมากกว่า 2 กลุ่ม และใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อนำข้อมูลไปทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 193 คน คิดเป็นร้อยละ 47.4 มีการอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 18-25 ปี จำนวน217 คน คิดเป็นร้อยละ 53.3 มีระดับการศึกษาส่วนใหญ่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 223 คิดเป็นร้อยละ 54.8 มีอาชีพส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษา จำนวน 263 คน คิดเป็นร้อยละ 64.4 มีรายรับต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ไม่เกิน 10,000 บาทจำนวน 227 คน คิดเป็นร้อยละ 55.8 และแนวเพลงส่วนใหญ่ที่ชอบเป็นแนว ป็อป (Pop) จำนวน 181 คน คิดเป็นร้อยละ 44.5

ตารางที่ I : ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยลักษณะทางประชากรศาสตร์กับการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง

| ลักษณะทางประชากรศาสตร์ | Sig. |
|---|---|
| เพศ | 0.472 |
| อายุ | 0.00 |
| ระดับการศึกษา | 0.142 |
| อาชีพ | 0.109 |
| รายรับต่อเดือน | 0.00 |

ความแตกต่างของลักษณะทางประชากรศาสตร์ พบว่า เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ มีค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สรุปได้ว่า เพศ ระดับการศึกษา และอาชีพ ไม่แตกต่างกัน ในส่วนของ อายุ รายรับต่อเดือน มีค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อายุ และรายรับต่อเดือนที่แตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงที่แตกต่างกัน

ตารางที่ II : ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of The Estimate |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.691 | 0.477 | 0.468 | 0.4874 |

จากตารางที่ **II** พบว่า ค่าประสิทธิภาพในการทำนาย (R Square) สูงสุด คือ 0.477 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัว อธิบายถึงการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ได้ร้อยละ 47.7

ตารางที่ **III** : ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นฟังเพลง

| ปัจจัย | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients beta | t | Sig |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Std. Error | | | |
| (Constant) | 0.510 | 0.212 | | 2.407 | 0.017 |
| ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ | 0.032 | 0.058 | 0.027 | 0.554 | 0.580 |
| ปัจจัยด้านราคา | 0.041 | 0.029 | 0.060 | 1.423 | 0.156 |
| ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย | 0.097 | 0.050 | 0.098 | 1.925 | 0.055 |
| ปัจจัยด้านการส่งเสริมทางการตลาด | 0.211 | 0.038 | 0.250 | 5.607 | *0.000 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ปัจจัยด้านบุคคล | -0.014 | 0.027 | -0.021 | -0.514 | 0.608 |
| ปัจจัยด้าน สิ่งแวดล้อมทาง กายภาพ | 0.308 | 0.049 | 0.316 | 6.245 | *0.000 |
| ปัจจัยด้าน สิ่งแวดล้อมทาง กายภาพ | 0.308 | 0.049 | 0.316 | 6.245 | *0.000 |
| R Square | 0.477 | | | | |

ผลวิจัยพบว่ามี 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร คือ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ปัจจัยด้านกระบวนการ ตามลำดับ ทั้งนี้ตัวแบบดังกล่าวสามารถอธิบายถึงการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครได้ 47.7% โดยมีค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงมากที่สุด

## 5) สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาด้านพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้ระบบปฏิบัติการแบบ Android มีการใช้แอพพลิเคชั่น YouTube เป็นหลักโดยมีพฤติกรรมการฟังเพลงผ่านแอพพลิเคชั่นมากกว่า 7 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยที่ใช้เวลาในการฟังเพลงอยู่ระหว่าง 1 - 2 ชั่วโมง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการฟังเพลงผ่านแอพพลิเคชั่นเพื่อความผ่อนคลายและเพลิดเพลิน และกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการฟังเพลงผ่านแอพพลิเคชั่นต่อเดือน

จากการศึกษาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์พบว่า อายุ และรายรับต่อเดือนที่แตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้จากรูปแบบการใช้งานของแอพลิเคชั่น รูปแบบของแนวเพลง และค่าสมาชิกต่อเดือน ที่มีผลต่อช่วงอายุและรายได้

จากการศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลง ได้แก่ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย โดยการศึกษาวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องแอพพลิเคชั่นมีการโฆษณาผ่านทางอินเทอร์เน็ต มากที่สุด รองลงมาเป็น แอพพลิเคชั่นมีการใช้ศิลปินดาราเป็น Influencer สอดคล้องกับงานวิจัยของ นัฎพล มงคลสมบัติศิริ **(2560)** เกี่ยวกับ โมเดลธุรกิจที่มีผลต่อการเลือกใช้แอพพลิเคชั่นฟังเพลงแบบสตรีมมิ่ง JOOX ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร ในปัจจัยด้านการส่งเสริมการขายมีผลต่อการตัดสินใจเลือกแอพพลิเคชั่นฟังเพลง สามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคได้รับอิทธิพลจากทางสื่อออนไลน์เป็นอย่างมากต่อการใช้ชีวิตการเลือกซื้อสินค้าหรือการใช้บริการ และการใช้ **Influencer** ที่ผู้บริโภคชื่นชอบหรือมีการติดตามนั้น ทำให้เกิดความสนใจในสื่อและรับสื่อได้ง่ายขึ้น

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ โดยการศึกษาวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องแอพพลิเคชั่นมีการออกแบบที่สวยงาม น่าใช้ มากที่สุด รองลงมาเป็นแอพพลิเคชั่นมีการออกแบบที่ทันสมัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิริสุดา รอดทอง **(2556)** เกี่ยวกับ ความตั้งใจในการดาวน์โหลดโมบายแอพพลิเคชั่นของผู้บริโภคที่ใช้งานสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถสรุปภาพรวมได้ว่า การออกแบบที่สวยงามนั้นจะกระตุ้นให้ผู้บริโภคมีความสนใจ และเกิดการทดลองใช้ได้

ปัจจัยด้านกระบวนการ โดยการศึกษาวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นในเรื่องแอพพลิเคชั่นมีฟังก์ชั่นการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน มากที่สุด รองลงมาเป็นแอพพลิเคชั่นมีความสะดวกในการค้นหาเพลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกรัตน์ จงเรืองทรัพย์ **(2558)** เกี่ยวกับ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการด้านกระบวนการกับพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกฟังเพลงผ่านโมบายแอพพลิเคชั่น ที่ได้กล่าวว่าปัจจัยด้านกระบวนการมีผลต่อการใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนของแอพพลิเคชั่น ซึ่งสรุปได้ว่าผู้บริโภคจะมองหาแอพพลิเคชั่นที่สามารถใช้งานได้ง่ายสะดวกสบาย โดยความคุ้นชินของตนเองที่มีอยู่ จากการใช้งานโมบายแอพพลิเคชั่นอื่นๆ ไม่ต้องการเรียนรู้การใช้งานมาก จึงทำให้สามารถคุ้นชินและใช้งานได้อย่างสะดวกอย่างรวดเร็ว

## 6) ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นในการฟังเพลงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร สามารถนำข้อเสนอแนะไปใช้ได้ดังนี้

ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญในด้านการส่งเสริมการตลาดโดยการมุ่งเน้นการทำโฆษณาผ่านทางอินเทอร์เน็ตมากกว่าการโฆษณาผ่านทางโทรทัศน์ เพราะในปัจจุบันผู้บริโภคได้รับอิทธิพลจากทางสื่อออนไลน์มาเป็นอันดับต้น ๆ ต่อการใช้ชีวิตการเลือกซื้อสินค้าหรือการใช้บริการทำให้เหมาะแก่การทำโฆษณาผ่านทางอินเทอร์เน็ต ในด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพหรือรูปแบบของแอพพลิเคชั่นในการทำออกมาให้ดูสวยงามทันสมัยและน่าใช้ ทำให้ผู้บริโภคเห็นแล้วรู้สึกเกิดความประทับใจอยากใช้งานแอพพลิเคชั่นจากการดูแค่รูปแบบ และเป็นอีกตัวช่วยหนึ่งที่จะเพิ่มความหน้าสนใจให้กับแอพพลิเคชั่นที่เราทำอีกด้วย ในด้านกระบวนการที่แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการใช้งานที่ง่ายไม่ยุ่งยากจนเกินไปความสะดวกในการค้นหาเพลงหรือข้อมูลได้ง่าย เพราะจะทำให้ผู้บริโภคที่ใช้งานแอพพลิเคชั่นรู้สึกถึงความสะดวกสบายต่อการใช้งานส่งผลให้ถ้าผู้บริโภคใช้งานแล้วรู้สบายก็จะใช้งานแอพพลิเคชั่นนั้นซ้ำไปตลอด แต่ถ้าผู้บริโภคใช้งานแล้วรู้สึกว่าการใช้งานมันยุ่งยากซับซ้อนผู้บริโภคก็จะไม่ใช้อีก

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การศึกษาเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล เพราะฉะนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรที่จะเพิ่มการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อที่จะได้ผลการวิจัยในเชิงลึก โดยที่อาจจะใช้วิธีการสนทนาแบบกลุ่ม หรือการใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก และควรขยายขอบเขตของงานวิจัยให้กว้างมากยิ่งขึ้น เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตเพียงแค่ในกรุงเทพมหานคร ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจไม่กว้างมากพอในการวิเคราะห์พฤติกรรมการตัดสินใจใช้แอพพลิเคชั่นอย่างแท้จริง จึงควรเพิ่มขอบเขตไปยังพื้นที่ต่างจังหวัดหรือทำให้ครอบคลุมทั่วประเทศ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลและพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างได้อย่างหลากหลายมากยิ่ง

## เอกสารอ้างอิง

Kanokrat Chongruangsap. (2015). Behavior and factors affecting the decision to choose music through mobile applications among adolescents.(In Thai). (Master's Thesis, Bangkok University)

กนกรัตน์ จงเรืองทรัพย์. (2558). *พฤติกรรมและปจจัยที่มีผลตอการตัดสินใจในการเลือกฟงเพลงผานโมบาย แอพพลิเคชั่นในกลุมวัยรุ่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ)

Kotler, P. (2000). *Marketing Management (Millennium ed.)*. Upper Saddle River. NJ: Prentice-Hall.

Kotler, P. (2003). *Marketing Management*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Nattaphol Mongkolsombatsiri. (2017). *Business model that affects the selection of the JOOX streaming music application of the population in Bangkok and its vicinities*. (In Thai). (Master's Thesis, Thammasat University)

นัฏพล มงคลสมบัติศิริ. (2560). *โมเดลธุรกิจที่มีผลต่อการเลือกใช้แอปพลิเคชันฟังเพลงแบบสตรีมมิ่ง JOOX ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

Peter, J., & Olson, J. (1996). Consumer behavior and marketing strategy (7thed.). NY: McGraw-Hill.

Schiffman, G., & Kanuk, L. (2000). *Consumer behavior*, (7thed). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Sirisuda Rodthong. (2013). The intention of downloading mobile applications of mobile phone users in the group of smart phones. (In Thai). (Master's thesis, Rajamangala University of Technology Thanyaburi)

สิริสุดา รอดทอง. (2556). *ความตั้งใจในการดาวน์โหลดโมบายแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในกลุ่มสมาร์ทโฟน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

Yamane, T. (1973) *Statistics: An introductory analysis* (Third Edition). New York: Harper & Row.

# การวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตรเพื่อคาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยี ในอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลง

วาสนา ตรินันท์*[1] พิชิต งามจรัสศรีวิชัย[2]

*[1*]หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*
*[2]หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : ta.wasana_st@tni.ac.th, pichit_n@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นการจัดทำการวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตรในอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลง เพื่อเป็นข้อมูลในการส่งเสริมและสนับสนุนธุรกิจและอุตสาหกรรมด้านอาหารโปรตีนที่ทำจากแมลง โดยจัดทำการวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตร ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์พื้นที่สิทธิบัตร (Patent Landscape) วิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยี เพื่อคาดการณ์อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลงด้วยเครื่องมือวิเคราะห์สิทธิบัตร PatSnap Patent Search & Analysis และรูปแบบการยื่นคำขอรับสิทธิบัตร ภาพรวมของเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ โดยมีการสร้างชุดข้อมูลสิทธิบัตรของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องจากทั้งฐานข้อมูลสิทธิบัตรสากล และฐานข้อมูลสิทธิบัตรไทย จากนั้นดำเนินการคัดกรองและวิเคราะห์ข้อมูลของสิทธิบัตรในชุดข้อมูลดังกล่าว โดยใช้เครื่องมือ PatSnap Tools ผลการศึกษา พบว่าภาพรวมของสิทธิบัตรเทคโนโลยีอาหารโปรตีนจากแมลงที่ได้รับการยื่นจดสิทธิบัตรมากที่สุด ได้แก่ เทคโนโลยีการสกัดให้เป็นผงที่ทำจากแมลงชนิดต่างๆ การนำแมลงไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น คุกกี้ ข้าวแปรรูป อาหารเพื่อสุขภาพ ซุป ขนม เกี๊ยว เยลลี่ เป็นต้น ผู้เล่นหลักในเทคโนโลยีนี้ ได้แก่ ประเทศเกาหลีใต้, จีน และไทย โดยในประเทศไทยนั้นค่อนข้างมีความได้เปรียบสูง เพราะมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงแมลงชนิดต่างๆ โดยในปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบสินค้า มีตั้งแต่แมลงบรรจุในกระป๋อง, ถุงฟอยล์, การสกัดผงแป้งที่ได้จากแมลง, ขนมในรูปแบบของแมลงเคลือบช็อกโกแลตลูกอมแมลง แมลงอบแห้งขายส่ง ไส้กรอกจิ้งหรีด และแฮมเบอร์เกอร์จิ้งหรีด เป็นต้น

***คำสำคัญ*** : โปรตีนจากแมลง, ชนิดของแมลง, แมลงที่กินได้, วิเคราะห์พื้นที่สิทธิบัตร, PatSnap Patent Search

# A Patent Analysis to technology trends forecasting in Insect Protein Foods Industry

Wasana Tarinan[1]* Pichit Ngamjarussrivichai[2]

[1]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2] *Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: ta.wasana_st@tni.ac.th, pichit_n@tni.ac.th

***Abstract***

This research focuses on analyzing patent data in the insect protein food industry. To provide information to promote and support businesses and the insect protein food industry. By analyzing the patent database and using the Patent Landscape to analyze technology trends. For predicting the growth rate of the insect protein food industry with the Patsnap patent analysis tool and patent filing model. An overview of potential technologies' development guidelines It creates a patent dataset of related technologies from both international patent databases. And Thai patent database then performs screening and analysis of patent data in the dataset by the PatSnap tool. The results revealed that an overview of the most patented insect's protein food technology patents was extraction technology made from various insect pesticides. The use of insects as an ingredient in food products such as cookies, processed rice, healthy food, soups, snacks, dumplings, jellies, etc. The key players in this technology are South Korea, China, and Thailand, with Thailand having a high advantage. Because there is a suitable area for cultivating various types of insects, there is a product model development. They range from canned insects, foil bags, insect extract powder, insect candy in the form of chocolate-coated insect candy. Wholesale dried insects Cricket Sausage and cricket hamburgers, etc.

***Keywords***: Insect protein, Insect species, Edible insect, Patent Landscape, PatSnap Patent Search

1) บทนำ

*1.1 ที่มาและความสำคัญ*

ด้วยแนวโน้มเทคโนโลยีอาหารและการบริโภคอาหารแปรรูปจากแมลงทั่วโลกพบกว่า 2 พันล้านคน อาทิในญี่ปุ่น จีน เกาหลีใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีวัฒนธรรมการนำแมลงมาปรุงเป็นอาหาร แต่ยังไม่ใช่อาหารหลัก ประเทศไทยมีการบริโภคแมลงตามความนิยมแต่ละภูมิภาค (Bangkok Bank. 2021) ขณะที่ในอเมริกา ลาตินอเมริกา ยุโรป และสแกนดิเนเวีย มีวัฒนธรรมในการบริโภคแมลงบางประเภทด้วยแต่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิงกับในแอฟริกาที่มีแมลงเป็นจำนวนมากหลากหลายชนิดและสายพันธุ์ จากรายงานโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nation หรือ FAO) ระบุว่ามีแมลงที่เหมาะนำมาเป็นอาหารเพื่อการบริโภคของมนุษย์จำนวนมากกว่า 1,900 สายพันธ์ทั่วโลก ซึ่งเกือบ 500 สายพันธุ์เป็นแมลงที่มีการบริโภคเป็นอาหารในหลายประเทศอยู่แล้ว เช่น ตั๊กแตน มด ผึ้ง หนอน และจิ้งหรีด (Van Huis, A. 2013) จึงเป็นสัญญาณการเติบโตของอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลงและนำสู่การใช้เครื่องมือเพื่อวิเคราะห์โอกาสเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ผ่านสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องได้

เทคโนโลยีการแปรรูปอาหารมีการพัฒนาอย่างมาก โดยรูปแบบโปรตีนแมลงแบบผง ซึ่งให้โปรตีนสูงและใช้เป็นส่วนผสมของอาหารในหลายประเภท สำหรับประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศร้อนชื้นเหมาะสำหรับเป็นแหล่งการเพาะเลี้ยงแมลง เป็นอุตสาหกรรมเพื่อส่งออกไปในตลาดโลก โดยอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงแมลงในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายมากนัก มีฟาร์มเพาะเลี้ยงที่ได้มาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตในระดับสากล มีจำนวนไม่มากนัก นอกจากนี้กำลังการผลิตสินค้าแมลงส่วนมากใช้สนับสนุนการบริโภคภายในประเทศเป็นหลัก การผลิตเพื่อส่งออกมีค่อนข้างจำกัด อีกทั้งการส่งออกสินค้าอาหารจากแมลงไทยส่วนมาก ยังเป็นการส่งออกในลักษณะของวัตถุดิบการผลิต (Raw Materials) มากกว่าการทำตลาด ด้วยแบรนด์สินค้าไทย นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีบริษัท Start up ของคนไทยที่ทำตลาดในเรื่องของ ผลิตภัณฑ์ผงโปรตีนจากจิ้งหรีดเป็นเจ้าแรกของโลก (Bangkok Bank. 2021) ส่งออกไปยังกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป แคนาดา ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย และเริ่มมีบริษัทที่ทำเกี่ยวกับการแปรรูปแมลงทยอยเกิดขึ้นกับกระแสของความเป็น Superfood ที่กำลังได้รับความสนใจ (Sihamala, O. 2018) รวมถึงมีตลาดที่กำลังเติบโต แมลงถือเป็นแหล่งอาหารที่มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ มีโปรตีน วิตามิน และกรดอะมิโนหลายชนิดในปริมาณสูง (Kim, T. K. 2019)

อาหารโปรตีนจากแมลง เป็นการพัฒนาแมลงให้เป็นอาหาร โดยนำโปรตีนแมลงมาใช้แทนแป้งเพื่อทำขนมและทำอาหาร จากการวิจัยพบว่า ผงแมลง 100 กรัม ให้โปรตีน 50-60% ของน้ำหนักรวม ขณะที่เนื้อสัตว์ให้โปรตีนเพียง 30-40% ของน้ำหนักรวม องค์การสหประชาชาติ (The United Nations) จึงประกาศให้แมลงเป็น Superfood เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง รายงานตลาดสินค้าอาหารจากแมลง (Edible Insects) (Ouyang, Y. 2021) ในสหรัฐฯ ตลาดสินค้าอาหารจากแมลงในสหรัฐฯ มีแนวโน้มขยายตัวต่อเนื่องไปอย่างน้อยจนกระทั่งปี 2566 เป็นมูลค่าทั้งสิ้นประมาณ 50 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และรายงานวิจัยเรื่องการแปรรูปแมลงเพื่อเพิ่มมูลค่าแมลงสามารถนำมาแปรรูปได้หลายลักษณะ โดยยกตัวอย่างการแปรรูปจิ้งหรีด เนื่องจากเป็นแมลงที่มีการเพาะเลี้ยงเชิงการค้ามากที่สุดชนิดหนึ่ง ผู้บริโภคสามารถนำจิ้งหรีดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด (Baiano, A. 2020) จากแนวโน้มอัตราการขยายตัวของอาหารโปรตีนจากแมลงดังกล่าว ส่งให้ผู้วิจัยเลือกกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ในการวิเคราะห์ฐานข้อมูลสิทธิบัตรในกลุ่มอาหารโปรตีนจากแมลงเพื่อวิเคราะห์พื้นที่ทางสิทธิบัตร คาดการณ์โอกาสการเติบโตในระดับโลกและในกลุ่มอุตสาหกรรมของไทย

*1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

ระบบการสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตร เป็นระบบเพื่อการค้นหาข้อมูลสิ่งประดิษฐ์ที่มีการยื่นขอรับความคุ้มครองไปแล้วตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้สามารถเข้าถึงรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ที่ได้รับการจดทะเบียนแล้วหรืออยู่ในระหว่างดำเนินการ โดยประโยชน์ของการสืบค้นสิทธิบัตร มีดังนี้ 1) การสืบค้นความเป็นไปได้ในการขอรับสิทธิบัตร (patentability) 2) ตรวจสอบความใหม่และขั้นการประดิษฐ์ที่สูงขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการละเมิด (infringement) 3) การเพิกถอนสิทธิบัตรและการยื่นคัดค้านสิทธิบัตร (invalidity) ที่จะทำให้เสียผลประโยชน์ 4) เพื่อความอิสระในการดำเนินการ (freedom to operate; FTO) ในสิ่งที่เกี่ยวข้องในสิทธิบัตร

5) รวบรวมข้อมูลทางธุรกิจ (business information) เพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยสามารถใช้เครื่องมือสืบค้นและวิเคราะห์สิทธิบัตร (Ouyang, Y. 2021) เช่น PatSnap เป็นซอฟต์แวร์สืบค้นสิทธิบัตรที่มีจุดเด่นในแง่ของการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญในการสืบค้น โดยมีรูปลักษณ์เรียบง่าย อีกทั้งประมวลผลรวดเร็วมี Insight ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ สิทธิบัตรได้ง่ายและรวดเร็ว ทั้งในส่วนของการวิเคราะห์เทคโนโลยีและการวิเคราะห์บริษัทคู่แข่ง มีฟังก์ชั่นการใช้งานในส่วนของแผนที่ทางสิทธิบัตร (Patent Landscape) ซึ่งเป็นอีกเครื่องมือหนึ่งเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตรในเชิงแผนที่สิทธิบัตรให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น สำหรับแผนที่สิทธิบัตรจะแสดงให้เห็นกลุ่มของเทคโนโลยี ซึ่งกลุ่มใดที่มีจำนวนสิทธิบัตรมากจะถูกแสดงโดยมีความสูงของพื้นที่มาก แผนที่สิทธิบัตรจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นได้ว่าบริเวณเทคโนโลยีใดที่มีผู้เล่นสูง และบริเวณใดที่ยังไม่มีผู้เล่นสูง ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวางกลยุทธ์ในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อกลายเป็นผู้นำเทคโนโลยีต่อไปได้ (Duo, L., & YiFan, W. 2019)

แผนที่สิทธิบัตร (Patent Landscape) คือ แบบจำลองแผนภาพ (graphical model) ที่สร้างจากฐานข้อมูลสิทธิบัตรที่ครอบคลุมเทคโนโลยีหรืออุตสาหกรรมที่ต้องการศึกษา เพื่อแสดงให้เห็นสถานการณ์ขณะนั้นของเทคโนโลยีหรืออุตสาหกรรมในระดับประเทศ ทวีป หรือระดับโลก ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตรในกลุ่มที่สนใจได้เพื่อประโยชน์เชิงการวิเคราะห์กลยุทธ์สำหรับมุ่งพัฒนาธุรกิจได้ อาทิเช่น การศึกษาแนวโน้มเทคโนโลยี (technology trend analysis) การศึกษากลยุทธ์ของคู่แข่งหรือบริษัทที่สนใจ (competitor analysis) การศึกษาช่องว่างทางธุรกิจ (whitespace analysis) การศึกษาหาความร่วมมือทางการวิจัย (research collaboration analysis) การอนุญาตให้ใช้สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา (IP licensing opportunity analysis) การศึกษาการลงทุนในทรัพย์สินทางปัญญา (IP acquisition/ investment analysis) การทำวิศวกรรมย้อนกลับ (reverse engineering) หรือการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่ก่อนแล้วโดยไม่ละเมิด (design-around analysis) เป็นต้น โดยจัดวางแผนกลยุทธ์สิทธิบัตรในลำดับต่อไป (Leydesdorff, L. 2014)

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

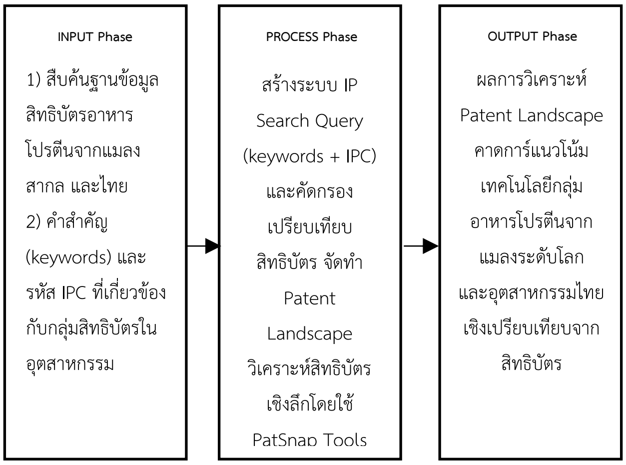
2.1 ศึกษารูปแบบการยื่นคำขอรับสิทธิบัตร ภาพรวมของเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ และแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีศักยภาพของอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลง โดยใช้เครื่องมือ PatSnap Patent Search Tools

2.2 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยี อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลงผ่านการใช้เครื่องมือวิเคราะห์สิทธิบัตรและ Patent Landscape

3) วิธีการดำเนินการวิจัย

*3.1 กรอบแนวคิดและขอบเขตการวิจัย*

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) โดยใช้เครื่องมือการสืบค้นฐานข้อมูลสิทธิบัตร PatSnap สร้างพื้นที่การวิเคราะห์สิทธิบัตร (Patent Landscape) และวิเคราะห์เชิงลึกด้านสิทธิบัตรเพื่อคาดการณ์แนวโน้มกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลงกำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework) ดังนี้




รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการดำเนินงานวิจัย

โดยขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ เป็นการสืบค้นสิทธิบัตรที่ขอถือสิทธิในเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลง ได้แก่ อาหารที่ทำจากแมลงรวม functional food, เครื่องดื่ม, ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร, กรรมวิธีการสกัด, ผงแมลง โดยจะไม่รวมถึงยา ยาฆ่าแมลง เครื่องสำอาง และอุปกรณ์ที่ใช้ทำการสกัด ผลิตผงแมลง การสืบค้นข้อมูลนี้จะใช้เครื่องมือสืบค้นสิทธิบัตรฐานสากลและไทยผ่านเครื่องมือสืบค้นและวิเคราะห์ด้วย PatSnap Patent Search & Analysis โดยกำหนดคำสำคัญ (keywords) ที่

เลือกใช้ในการสืบค้นสิทธิบัตร (Patent) และอนุสิทธิบัตร (Petty Patent) ที่มีความเกี่ยวข้องกับขอบเขตที่กำหนดข้างต้น เพื่อนำสู่การสร้าง Patent Landscape และการคาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลงทั้งสากลและในบริบทของอุตสาหกรรมในไทย

*3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย*

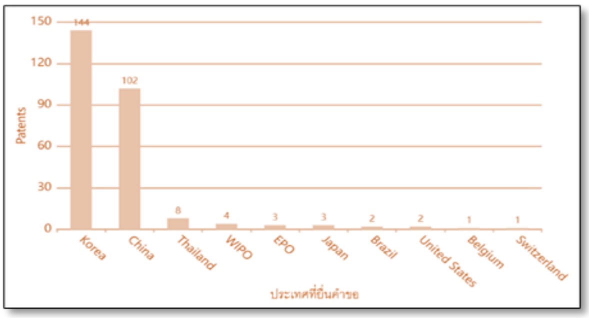
3.2.1 สืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรจากฐานข้อมูลสิทธิบัตรสากล โดยการสร้างชุดข้อมูลจากฐานข้อมูลสิทธิบัตรสากล เป็นการจำกัดขอบเขตของเวลาการยื่นจดสิทธิบัตรย้อนหลัง 10 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาการยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรตั้งแต่ปี ค.ศ. 2011 – 2021 (พ.ศ. 2554 – 2564) แต่ทั้งนี้ข้อมูลข้างต้นนั้นเป็นการรวบรวมจากคำขอรับสิทธิบัตรที่ได้รับการประกาศโฆษณาแล้วเท่านั้น ซึ่งทำให้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2018 (พ.ศ. 2561) อาจจะยังไม่ครบถ้วน เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างขั้นตอนการตรวจสอบเบื้องต้น และยังไม่ได้รับการประกาศโฆษณา

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตร ได้จัดเรียงอันดับงานประดิษฐ์ อนุสิทธิบัตร โดยการวิเคราะห์จากข้อบ่งชี้ต่างๆ ประกอบด้วยการจัดการข้อมูลทั้งหมด 4 ขั้นตอน ในการได้มาซึ่งข้อมูลและผลวิเคราะห์ ดังนี้ ลำดับที่ 1 ทำการศึกษาและคัดเลือกเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในอุตสาหกรรม ลำดับที่ 2 ทำการสร้าง Search Query โดยการใส่รายละเอียดของคำสำคัญ (Keywords) ได้แก่ Insect, larva, worm, maggot, grub, cricket, grasshopper, pimp, bug, supplement, protein, powder, edible, food, drink, method, process (Leydesdorff, L. 2014) และการใช้สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์สากล (International Patent Classification: IPC) ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ A23J เกี่ยวข้องกับโปรตีน A23L เกี่ยวข้องกับอาหาร เป็นต้น เพื่อมุ่งเป้าการสืบค้นและใช้ฐานข้อมูลสิทธิบัตรที่มีประสิทธิภาพตรงกลุ่มอุตสาหกรรมที่ต้องการคาดการณ์เทคโนโลยีได้อย่างแม่นยำ ลำดับที่ 3 ทำการคัดกรองข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมตามกรอบแนวคิดการวิจัย และลำดับที่ 4 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ จัดทำ Patent Landscape วิเคราะห์สิทธิบัตรเชิงลึกโดยใช้ PatSnap Tools และแสดงผลจัดทำเป็นรายงาน (Duo, L., & YiFan, W. 2019)

4) ผลการวิจัย

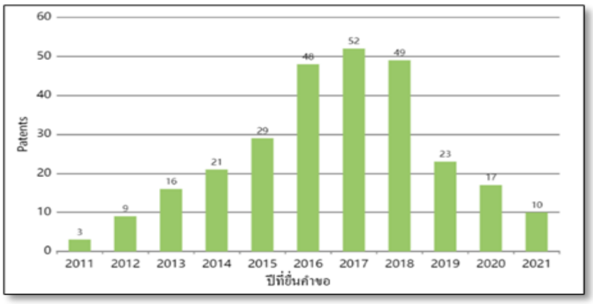
*4.1 ผลการสืบค้นสิทธิบัตรกลุ่มอาหารโปรตีนจากแมลง*

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยีเพื่อศึกษาอัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมอาหารโปรตีนจากแมลง และศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการยื่นคำขอรับสิทธิบัตร ภาพรวมของเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ และแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีศักยภาพโดยใช้เครื่องมือ PatSnap ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอผลการวิจัยและอภิปรายผลดังต่อไปนี้




**รูปที่ 2** แนวโน้มประเทศที่มีการยื่นจดสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลง

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนของสิทธิบัตรที่มีศักยภาพตามพื้นที่ขอรับความคุ้มครองทั่วโลก พบข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนาสิทธิบัตรเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงมากที่สุด ได้แก่ เกาหลีใต้ (KR) จีน (CN) และไทย (TH) โดยการวิเคราะห์สิทธิบัตรนี้สะท้อนให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์ข้อมูลสิทธิบัตร และความก้าวหน้าของเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงในระดับสากล




**รูปที่ 3** แนวโน้มการยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลง ที่ยื่นขอรับความคุ้มครองทั่วโลก

จากรูปที่ 3 แสดงแนวโน้มการยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลง ที่ยื่นขอรับความคุ้มครองทั่วโลกในระหว่างปี ค.ศ.2011 – 2021 (พ.ศ. 2554 – 2564) พบว่า คำขอรับสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรที่ประกาศโฆษณาแล้วจำนวน 288 สิทธิบัตร โดยจะเห็นได้

ว่าคำขอรับสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงนั้น มีอัตราการยื่นขอรับสิทธิบัตรเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด ในปี 2017 และตั้งแต่ในปี 2019 มีสิทธิบัตรลดน้อยลง เนื่องจากสิทธิบัตรอาจยังมีการประกาศโฆษณาไม่ครบถ้วน แต่จากการวิเคราะห์นั้นเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลง มีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีได้รับความสนใจในระดับโลกเช่นกัน จากการวิเคราะห์พื้นที่ขอรับความคุ้มครอง และช่วงระยะเวลาขอรับความคุ้มครอง จึงนำสู่การนำข้อมูลสิทธิบัตรที่สืบค้นในกลุ่มนี้ สร้างเป็นแผนที่สิทธิบัตรเพื่อการวิเคราะห์ Patent Landscape

*4.2 การสร้างแผนที่สิทธิบัตรกลุ่มอาหารโปรตีนจากแมลง*

ดำเนินการใช้ PatSnap Patent Search Tools นำเข้าข้อมูลสิทธิบัตรที่ผ่านการคัดกรองและวิเคราะห์ระดับต้น สร้าง Patent Landscape ได้ดังรูปที่ 4

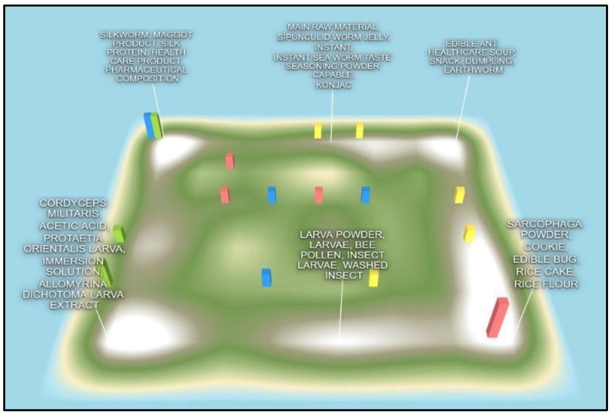

**รูปที่ 4** แผนที่สิทธิบัตรของเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงภาพรวม

จากรูปที่ 4 แผนที่สิทธิบัตรของเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงแสดงพื้นที่ของกลุ่มเทคโนโลยีจากฐานสิทธิบัตรด้านการพัฒนาโปรตีนจากแมลง เมื่อพิจารณาระดับสีบนพื้นที่ Patent Landscape ส่วนพื้นที่สีขาวแสดงถึงความสูงของกลุ่มเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงจำนวนมาก และลดระดับความเข้มข้นของจำนวนสิทธิบัตรในกลุ่มลงมาที่พื้นที่แนวราบ สีเทา สีเขียว และสีเหลือง ตามลำดับ วิธีอ่านผลในลักษณะเดียวกับแผนที่ทางภูมิศาสตร์ โดยพื้นที่สีฟ้าหรือน้ำเงิน แสดงถึงโอกาสของกลุ่มเทคโนโลยีที่ยังมีช่องว่างในการพัฒนา (Opportunity for Development)

วิเคราะห์สิทธิบัตรเชิงลึกของเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงที่ได้รับการยื่นจดสิทธิบัตรมากที่สุด ได้แก่ 1) เทคโนโลยีการสกัดให้เป็นผงที่ทำจากแมลงชนิดต่างๆ 2) การนำแมลงไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น คุกกี้ ข้าวแปรรูป อาหารเพื่อสุขภาพ ซุป ขนม เกี๊ยว เยลลี่ เป็นต้น

วิเคราะห์เชิงลึกโดยดูจากลักษณะ Landscape ของแต่ละบริษัท ในรูปที่ 5 ที่ได้รับสิทธิบัตรด้านอาหารโปรตีนจากแมลงมากที่สุด 3 อันดับแรก ในปี 2011-2021 พบว่าในแต่ละบริษัทจะให้ความสนใจในเทคโนโลยีแต่ละด้านแตกต่างกัน โดย Case A ประเทศเกาหลีใต้ จะมุ่งเน้นเทคโนโลยีทางด้าน แป้งที่ทำจากจิ้งหรีด หรือคุกกี้ที่ทำจากแมลงต่างๆ Case B จะมุ่งเน้นการทำการตลาดเกี่ยวข้องกับการส่งเสริมเกษตรกร จึงได้คิดค้นและทำการวิจัยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแมลง โดยจะมุ่งเน้นเทคโนโลยีทางด้านสารสกัดที่ได้จากแมลงนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร Case C ประเทศไทยมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่ทำจากโปรตีนแมลง และ Case D มุ่งเน้นการทำตลาดเกี่ยวข้องกับการใช้โปรตีนจากแมลงเป็นส่วนประกอบในอาหาร

สำหรับประเทศไทยยังมีความได้เปรียบเชิงการแข่งขันเพราะสภาพอากาศร้อนชื้นเหมาะสำหรับทำฟาร์มเพาะเลี้ยงแมลงเพื่อส่งออก มีวัตถุดิบเพียงพอในการทำโรงงานผลิตแมลงทั้งแบบเป็นตัวและแปรรูป โดยแมลงยอดนิยม ได้แก่ จิ้งหรีด, ตั๊กแตน, แมงป่อง, ดักแด้, หนอนรถด่วน และด้วง เป็นต้น ในปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบสินค้า อาทิ แมลงบรรจุกระป๋อง, ถุงฟอยล์, การสกัดผงแป้งที่ได้จากแมลง, ขนมในรูปแบบของแมลงเคลือบช็อกโกแลต, ลูกอมแมลง แมลงอบแห้งขายส่ง ไส้กรอกจิ้งหรีด และแฮมเบอร์เกอร์จิ้งหรีด โดยจิ้งหรีดนั้นเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก สามารถส่งออกและสร้างรายได้ให้กับประเทศปีละ 7,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,000 ล้านบาท




**รูปที่ 5** แผนที่สิทธิบัตรของเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงเชิงลึก

## 5.) บทสรุปและข้อเสนอแนะ

*5.1) บทสรุป*

การพัฒนาเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงจากการสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรทั่วโลก ระหว่างปี 2011– 2021 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการพัฒนาการสกัดแมลงให้เป็นผง ไปจนถึงการนำแมลงมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งอดีตยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากยังไม่เห็นคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนที่ได้จากแมลงที่เด่นชัด แต่ปัจจุบันมีผลการศึกษาจำนวนการยื่นจดสิทธิบัตรและข้อมูลคาดการณ์ประชากรที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงอาจทำให้เกิดการขาดแคลนอาหาร ผลการสืบค้นเห็นว่าในปี 2017 เป็นต้นมา มีการขอรับความคุ้มครองเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลง โดยข้อมูลเชิงลึกพบว่าโปรตีนที่ได้จากแมลงมีปริมาณโปรตีนเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ และยังสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย ต้นทุนการผลิตต่ำ จึงทำให้เกิดแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงเพิ่มขึ้นในทุกปี นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงของผู้เล่นหลัก ได้จากตัวอย่างสิทธิบัตรตามที่กล่าวในผลการศึกษาข้างต้น ซึ่งเป็นสิทธิบัตรในฐานข้อมูลทั่วโลกที่คัดเลือกสิทธิบัตรที่ได้รับการประเมินว่ามีมูลค่าสูง ซึ่งเป็นการแสดงถึงศักยภาพและคาดการ์แนวโน้มทางการพัฒนาเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงในระยะยาวโดยผู้เล่นหลักในภูมิภาคอาเซียน โดยเฉพาะประเทศไทยสามารถขยายและรับกับโอกาสและความเป็นไปได้ในการเติบโตของเทคโนโลยีโปรตีนจากแมลงขยายตัวต่อเนื่อง แต่เป็นตลาดเฉพาะกลุ่ม หากจะขยายไปในกลุ่มผู้บริโภคอื่นๆ จะต้องเน้นการประชาสัมพันธ์ถึงคุณค่าทางโภชนาการ กระบวนการผลิต ความยั่งยืนและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับ SDGs เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัย สินค้าส่วนใหญ่ที่นำมาแปรรูปในปัจจุบัน แผนการพัฒนาที่แนะนำ เช่น แป้งและเครื่องปรุงรส เพื่อนำไปผสมกับการประกอบอาหารอย่างอื่น หรือโปรตีนเสริมบำรุงสุขภาพสำหรับธุรกิจเพื่อสุขภาพ ของทานเล่นจำพวก Protein Bar, Snack และเนยถั่วหรือแยม สำหรับผู้ประกอบการไทย โดยเฉพาะ SME ควรมุ่งพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงและการผลิตที่เน้นความปลอดภัยด้านวัตถุดิบ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในกลุ่มผู้บริโภคและวิจัยพัฒนานวัตกรรมระยะยาว

*5.2) อภิปรายผลการวิจัย*

การนำข้อมูลสิทธิบัตรและ Patent Landscape คาดการ์ได้ถึงแนวโน้มการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมโปรตีนจากแมลงทั่วโลก และเป็นสิ่งต้องการได้รับการสนับสนุนในระดับนโยบายโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงในประเทศไทยด้วย เช่น รูปแบบ IP Commercialization Plan ที่สร้างความร่วมมือกับหน่วยงานระดับนานาชาติ เช่น องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ เพื่อมุ่งเน้นศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์อาหารโปรตีนจากแมลงเพิ่มเติมในเชิงพาณิชย์ โดยผู้ประกอบการไทยควรที่จะศึกษาแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคสินค้าของกลุ่มเป้าหมาย โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่สนใจบริโภคสินค้าอาหารจากแมลงที่ยังคงรูปร่างของแมลง การให้ข้อมูลความรู้ด้านประโยชน์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของสินค้าอาหารจากแมลงแก่กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายอย่างสม่ำเสมอ จะให้สามารถขยายตลาดสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นสินค้าในรูปของผงหรือแป้ง (Powder or Flour) จึงเป็นแนวทางที่สามารถทำได้ อีกทั้งอาจพิจารณานำรสชาติอาหารไทยที่เป็นที่รู้จักไปทั่วโลก เช่น รสต้มยำกุ้ง และรสแกงเขียวหวาน เป็นต้น มาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

## เอกสารอ้างอิง


[1] Bangkok Bank (2021). 'เทรนด์แมลง' อาหารใหม่ที่เป็นมากกว่าความยั่งยืน. Retrieved from https://www.Bangkokbanksme.com/

[2] Sihamala, O., Saraboot, N., Chunthanom, P., & Bhulaidok, S. (2018). Nutritional value of edible insects in Kalasin province. King Mongkut's Agricultural Journal.

[3] Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations.

[4] Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W., & Choi, Y. S. (2019). Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. Food science of animal resources, 39(4), 521.

[5] Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. Trends in Food Science & Technology, 100, 35-50.

[6] Ouyang, Y. (2021, December). Analysis and Statistics on Patent Information of Colleges and Universities based on

PatSnap: Take Wuhan University of Technology as an Example. In 2021 2nd International Conference on Big Data Economy and Information Management (BDEIM) (pp. 419-423). IEEE.

[7] Duo, L., & YiFan, W. (2019). Analysis of low-fat food research and development patents by PatSnap. Journal of Food Safety and Quality, 10(8), 2420-2424.

[8] Leydesdorff, L., Kushnir, D., & Rafols, I. (2014). Interactive overlay maps for US patent (USPTO) data based on International Patent Classification (IPC). Scientometrics, 98(3), 1583-1599.

# ความแตกต่างของเจนเนอเรชัน X Y Z ส่งผลต่อ การรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และ ความพึงพอใจ ในการใช้ G-Wallet (แอปพลิเคชันเป๋าตัง)

น้ำพร สถิรกุล*[1] บุญญาดา นาสมบูรณ์[2] วสันต์ จันทร์สัจจา[3]

*[1*]หลักสูตร บริหารธุรกิจญี่ปุ่น สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[2]หลักสูตร บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น, สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[3]บมจ.หลักทรัพย์ บัวหลวง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : namporn@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการรับรู้ถึงผลประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจในการใช้ G-Wallet (แอปพลิเคชันเป๋าตัง) และเปรียบเทียบความแตกต่างของผู้ใช้บริการในแต่ละเจนเนอเรชัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ ประชากรเจนเนอเรชัน X Y Z ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่เคยใช้บริการ G-Wallet โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วนจำนวน 497 คน ประกอบด้วยเจนเนอเรชัน X 164 คน เจนเนอเรชัน Y 164 คน และ เจนเนอเรชัน Z 169 คน เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ช่วงเวลารวบรวมแบบสอบถามตั้งแต่ ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึง มกราคม พ.ศ. 2565 ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบสมมุติฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้บริการโดยรวมได้รับรู้ถึงความสะดวกในการใช้ G-Wallet เป็นลำดับหนึ่ง รองลงมาคือการรับรู้ถึงประโยชน์ สำหรับการรับรู้ถึงความปลอดภัยในการใช้บริการอยู่ในลำดับท้ายสุด และพบว่าเจนเนอเรชันต่างกันส่งผลต่อระดับการรับรู้ทั้งสี่ด้านและความพึงพอใจแตกต่างกัน ดังนั้นผู้ให้บริการควรเน้นการประชาสัมพันธ์แนะนำวิธีใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่าย และนำเสนอการเข้าถึงประโยชน์ต่างๆ ในแอปพลิเคชันอย่างครอบคลุมและเป็นรูปธรรมให้มากขึ้น ประกอบกับลดความกังวลของผู้ใช้ในประเด็นความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล โดยใช้สื่อประชาสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเข้าถึงกลุ่มประชากรในแต่ละเจนเนอเรชัน

***คำสำคัญ***: G-Wallet แอปพลิเคชันเป๋าตัง เจนเนอเรชัน X Y Z

# The effect of Generation X Y Z difference on perceived usefulness, perceived ease of use, perceived security, trust and satisfaction in G-Wallet (application PAOTANG) utilization

Namporn Sathirakul[1]* Boonyada Nasomboon[2] Watson Chansajcha[3]

[1*]*Faculty of Business Administration, Thai Nichi-Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2]*Faculty of Master of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[3]*Bualuang Securities Public Company Limited, Bangkok, Thailand*

*namporn@tni.ac.th

***Abstract***

The purpose of this research is to study the level of perceived usefulness, perceived ease of use, perceived security, trust, and satisfaction in G-Wallet (Paotang Application) service among Generation X Y Z living in Bangkok and metropolitan. And to study whether the generation difference affects perception and satisfaction level. 497 samples comprised of 164 Generation X, 164 Generation Y, and 169 Generation Z were collected via online and onsite questionnaires from December 2021 to January 2022. Statistics used for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and hypothesis was tested with One-way ANOVA analysis. The results showed that perceived ease of use got the highest mean score, followed by perceived usefulness, whereas perceived security got the least. Different generations affect the level of perceptions and satisfactions differently. The service provider should launch public relation campaign to concretely promote the ease of use and the access to comprehensive benefits of the application, as well as relief users' concerns about their personal data security by utilizing effective media and channels for reaching each generations.

***Keywords***: G-Wallet, Paotang Application, Generation X Y Z

## 1) บทนำ

G-Wallet (จี-วอลเล็ท) คือ ฟีเจอร์หนึ่งในแอปพลิเคชันเป๋าตังซึ่งเป็นกระเป๋าเงินออนไลน์โดยธนาคารกรุงไทย เพื่อทำธุรกรรมทางการเงินออนไลน์ต่างๆ เช่น รับเงิน โอนเงิน เชื่อมบัญชีธนาคาร ชำระค่าสินค้าและบริการต่างๆ รวมถึงการใช้สิทธิในโครงการเยียวยาต่างๆ ของภาครัฐ เช่น โครงการเราชนะ, โครงการม.33 เรารักกัน, โครงการคนละครึ่ง, โครงการยิ่งใช้ยิ่งได้, โครงการเราเที่ยวด้วยกัน เป็นต้น

รัฐบาลได้ใช้ระบบบริการชำระเงินทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-payment) ใน G-Wallet เพื่อรองรับโครงการเยียวยาผลกระทบจากโรคระบาดไวรัสโควิดเพื่อเป็นการช่วยเหลือค่าครองชีพของประชาชน ซึ่งได้รับการตอบรับจากประชาชนอย่างดีจากข้อมูลสำนักเศรษฐกิจการคลัง (2564) โครงการคนละครึ่งระยะที่ 3 มีผู้ใช้สิทธิสะสมจำนวน 24.32 ล้านราย โดยมียอดการใช้จ่ายสะสมรวม 67,468.5 ล้านบาท แบ่งเป็นเงินที่ประชาชนจ่ายสะสม 34,333.4 ล้านบาท และรัฐร่วมจ่ายสะสม 33,135.1 ล้านบาท โดยมีผู้ใช้สิทธิครบ 1,500 บาท ประมาณ 10 ล้านราย และในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 จะมีการให้ประชาชนลงทะเบียนเพื่อเข้าโครงการคนละครึ่งในเฟส 4 เพื่อช่วยเหลือค่าครองชีพและสนับสนุนนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามช่วงเวลาที่ผ่านมาสื่อต่างๆ ได้รายงานถึงปัญหาที่ประชาชนส่วนหนึ่งประสบในการใช้แอปพลิเคชันเป๋าตัง เช่น ปัญหาในการยืนยันตัวตนและการลงทะเบียนใช้สิทธิ แอปพลิเคชันเป๋าตังขัดข้องเมื่อมีผู้ใช้บริการพร้อมกันเป็นจำนวนมาก กระทบต่อความพึงพอใจในการใช้บริการ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องในการใช้แอปพลิเคชันเป๋าตังหลังจากสิ้นสุดโครงการเยียวยาของรัฐบาล อันอาจจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนารูปแบบบริการทางการเงินใหม่ๆ ผ่านแอปพลิเคชันในอนาคต

เจนเนอเรชันหมายถึงกลุ่มคนที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ผ่านประสบการณ์ และถูกปลูกฝังเรื่องความเชื่อที่เหมือนกัน ก่อให้เกิดเอกลักษณ์ ทัศนคติและพฤติกรรมร่วมกันในกลุ่มคนรุ่นราวคราวเดียวกัน (Ruaithanasombat 2015; อ้างอิงจาก Bilingham.2007) Post Today (2019) ได้วิเคราะห์ลักษณะนิสัยของคนในช่วงอายุเจนเนอเรชัน X Y Z ดังนี้ เจนเนอเรชัน X (เกิดระหว่างปี พ.ศ. 2508 - 2522) เกิดในยุคมั่งคั่งใช้ชีวิตอย่างสุขสบาย โตมากับการพัฒนาของวิดีโอเกม คอมพิวเตอร์ เป็นยุคที่มีการควบคุมการเกิด มีลักษณะนิสัยที่เด่นชัดคือ ชอบอะไรง่ายๆไม่ต้องเป็นทางการ มีแนวคิดสร้างสมดุลในเรื่องงานและครอบครัว คือทำงานตามหน้าที่ ไม่บ้างาน ไม่ทุ่มเทเท่ากับเจนเนอเรชัน Baby Boomer ทำทุกอย่างได้เพียงลำพังไม่พึ่งพาใคร เป็นตัวของตัวเองสูง คนเจนเนอเรชัน Y (เกิดระหว่างปีพ.ศ. 2523 - 2540) โตมากับเทคโนโลยีดิจิทัล มีความเป็นสากล ชื่นชอบศิลปินต่างชาติ มีเทคโนโลยีพกพา รักความสะดวกสบาย ต้องการความชัดเจนในการทำงาน คาดหวังที่จะมีเงินเดือนสูงๆ คาดหวังคำชม แต่ไม่อดทนต่องานที่ทำ ชอบเปลี่ยนงานบ่อย คนเจนเนอเรชัน Z (เกิดหลังปี พ.ศ. 2540) เกิดมาพร้อมกับสิ่งอำนวยความสะดวกรอบด้าน เรียนรู้การดำเนินชีวิตในสังคมแบบดิจิทัลการติดต่อสื่อสารไร้สาย เปิดกว้างทางความคิดวัฒนธรรมที่แตกต่าง ยอมรับความแตกต่างไม่แบ่งแยก มีแนวโน้มเป็นมนุษย์หลายงาน เพราะอดทนต่ำ ต้องการคำอธิบายมากขึ้น ต้องมีเหตุผล ต้องรู้สึกว่าได้เข้าใจกับทุกเรื่องของชีวิต เติบโตมากับสิ่งอำนวยความสะดวกและเทคโนโลยีต่างๆ ข้อดีคือ มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี พัฒนาและเรียนรู้ได้เร็ว มองโลกในแง่ดี ข้อเสียคือ ขี้เกียจและเบื่อหน่ายง่าย ไม่ชอบข้อมูลที่น่าเบื่อ เน้นการให้ประสบการณ์จริงเป็นสิ่งนำทาง เริ่มคิดวิธีการหาเงินตั้งแต่อายุยังน้อย สามารถใช้โซเชียลมีเดียได้อย่างเชี่ยวชาญ และให้ความสำคัญกับภาพลักษณ์ตัวเองในโซเชียลมีเดีย เนื่องจากเติบโตมาพร้อมกับโลกออนไลน์จึงไม่ถนัดเรื่องการแสดงออกและสื่ออารมณ์กับผู้คนในโลกความเป็นจริง ไม่เชื่อใจใครง่าย ๆ ดังนั้น การเลือกเข้าช่องออนไลน์ของเจนเนอเรชัน Z จึงมักเลือกจากช่องทางที่ให้พื้นที่ส่วนตัว รู้สึกปลอดภัย และสามารถโพสต์รูปหรือเขียนข้อความได้อย่างอิสระโดยไม่ถูกจับผิด

Ratanabarncheun (2021) ได้ศึกษาระดับ Digital Literacy ของครัวเรือนไทย พบว่ากลุ่มที่มีทักษะ Digital Fluency เป็นกลุ่มที่สัมพันธ์กับเจนเนอเรชัน Y เป็นหลัก ประกอบอาชีพในกลุ่ม Professionals และมีรายได้สูงกว่า 5 แสนบาทต่อปี ในขณะที่กลุ่ม Digital Neutral จะเป็นกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในเจนเนอเรชัน Z อยู่ในวัยเรียนหรือหากทำงานจะมีรายได้ปานกลาง กลุ่ม Digital Illiterate เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์

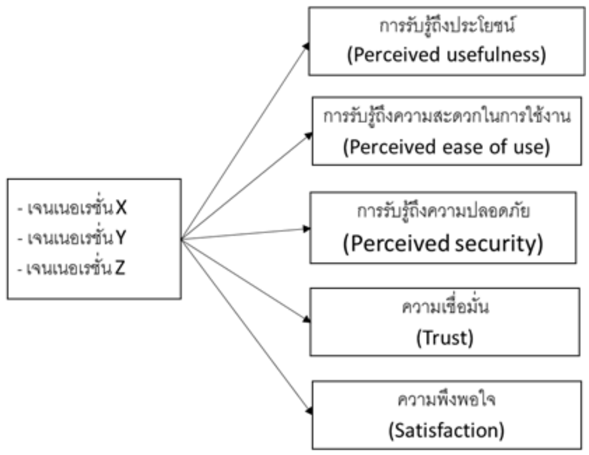
กับเจนเนอเรชัน X และ Baby Boomer ซึ่งเป็นกลุ่มที่น่ากังวลในความสามารถปรับตัวในระบบเศรษฐกิจยุคดิจิทัล

โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (The Technology Acceptance Model : TAM) กล่าวถึงทัศนคติของผู้ใช้เทคโนโลยีในเรื่องการรับรู้ความง่ายในการใช้งานและการรับรู้ถึงประโยชน์โดยเชื่อว่าการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ จะช่วยให้ผลการปฏิบัติงานดีขึ้นและลดค่าใช้จ่าย ซึ่งทัศนคติในการใช้งานนี้ส่งผลต่อความตั้งใจใช้งาน (Davis, 1989) ซึ่ง TAM เป็นโมเดลพื้นฐานของการต่อยอดงานวิจัยการยอมรับเทคโนโลยีในยุคต่อมา Kumar et al. (2018) ได้ศึกษาความตั้งใจใช้ M-Wallet อย่างต่อเนื่องในประเทศอินเดียโดยใช้โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และแทรกปัจจัย การรับรู้ถึงความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจ Venkatesh et al. (2003) ได้ศึกษาพฤติกรรมในการยอมรับเทคโนโลยีและสร้างกรอบแนวความคิดการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT) ประกอบด้วย 4 ปัจจัยคือ ความคาดหวังผลปฏิบัติงาน (Performance Expectancy) ความคาดหวังด้านความพยายาม (Effort Expectancy) อิทธิพลทางสังคม (Social Expectancy) และสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก (Facilitating Condition) และจากการศึกษาของ Hong et al. (2008) พบว่าปัจจัยความแตกต่างส่วนบุคคลในด้านประสบการณ์ในการใช้งาน และลักษณะส่วนบุคคลมีผลต่อการยอมรับการใช้โมบายแบงค์กิ้งอย่างต่อเนื่อง Rotchanakitumnuai (2019) ได้ศึกษาการยอมรับการใช้ โมบายแบงค์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ไทยอย่างต่อเนื่อง พบว่าปัจจัยการยอมรับด้านความคาดหวัง ด้านผลการปฏิบัติงาน อิทธิพลทางสังคม สิ่งอำนวยความสะดวก ส่งผลต่อการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง แต่ความคาดหวังความพยายาม (ความยากง่ายในการใช้) เป็นปัจจัยหนึ่งในการยอมรับการใช้แต่ไม่ส่งผลต่อการใช้อย่างต่อเนื่อง ประสบการณ์การใช้อินเตอร์เน็ตของบุคคลมีผลต่อการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ขณะที่เพศ อายุ การศึกษา ไม่ส่งผลต่อการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันเป๋าตังของประชากรในเขตกรุงเทพมหานครของ Wipachpreechakul (2019) ซึ่งพบว่าประชากรที่มีเพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือนและอาชีพต่างกันมีพฤติกรรมการใช้ไม่ต่างกัน นอกจากนี้ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ ด้านความง่ายในการใช้ ด้านการนำมาใช้จริง ด้านโครงการกระตุ้นเศรษฐกิจและด้านข้อจำกัดนโยบายมีผลต่อพฤติกรรมการใช้บริการ Mikhanmak. et al. (2021) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้งานกระเป๋าเงินออนไลน์ของประชากรไทย พบว่า ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการใช้งานแอปพลิเคชันเป๋าตัง คือการแนะนำจากคนรู้จัก บริการให้ความช่วยเหลือ การโฆษณา ปัจจัยด้านประโยชน์จากการใช้งาน คือการได้รับความสะดวกสบายและสามารถเข้าถึงบริหารภาครัฐ และปัจจัยด้านความยากง่ายในการใช้งาน รวมทั้งการออกแบบที่สวยงามส่งผลอย่างมากต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชันอย่างต่อเนื่อง

## 2) วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

2.1) เพื่อศึกษาระดับการรับรู้ถึงผลประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความไว้วางใจ และความพึงพอใจของผู้ใช้ G-Wallet ของแต่ละกลุ่มเจนเนอเรชัน X Y Z

2.2) เพื่อเปรียบเทียบเจนเนอเรชัน X Y Z ส่งผลต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความไว้วางใจ และความความพึงพอใจในการใช้ G-Wallet โดยมีสมมุติฐาน เจนเนอเรชันที่แตกต่างกันส่งผลต่อการรับรู้ ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น ความพึงพอใจในการใช้ G-Wallet ที่แตกต่างกัน




รูปที่ 1 : กรอบแนวความคิดในการวิจัย

**3) วิธีดำเนินการวิจัย**

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ กลุ่มเจนเนอเรชัน X Y Z ที่เคยใช้ G-Wallet ที่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วนโดยกระจายจำนวนประชากรกลุ่มเจนเนอเรชัน X Y Z ใกล้เคียงกัน ได้กลุ่มตัวอย่าง รวม 497 คน ประกอบด้วยเจนเนอเรชัน X จำนวน 164 คน เจนเนอเรชัน Y จำนวน 164 คน และเจนเนอเรชัน Z จำนวน 169 คน

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม ประกอบด้วยชุดคำถาม 4 ส่วน ส่วนที่1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม: เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน เหตุผลที่ใช้ G-Wallet และพฤติกรรมการใช้ เช่น ประเภทบริการที่ใช้ และความถี่ในการใช้ ส่วนที่ 2 ถึงส่วนที่ 4เป็นคำถามแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ เริ่มตั้งแต่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด โดยส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับ 2.1 การรับรู้ถึงประโยชน์ 2.2 การรับรู้ถึงความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน 2.3 การรับรู้ถึงความปลอดภัยและการเป็นส่วนตัวของข้อมูล และ 2.4 ความเชื่อมั่นไว้วางใจในผู้ให้บริการและระบบการใช้งานสามารถส่งมอบบริการได้ตามความคาดหวัง ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจจากการใช้ G-Wallet ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) มีค่า 0.7-0.95 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.50 และนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน นำไปหาค่าความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach มีค่า 0.84-0.93 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.70 จึงถือว่านำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างได้

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

ผู้วิจัยมีการเก็บแบบสอบถามทั้งช่องทางออนไลน์และแบบสอบถามกระดาษ ใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึง มกราคม พ.ศ. 2565 โดยได้รับการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ได้รหัสการอนุมัติ จย.009/2564 รับรองวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2564

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

ผู้วิจัยประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปSPSS (Statistical Package for the Social Science) ดังนี้

*3.4.1) สถิติเชิงพรรณา* : ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยความถี่และร้อยละ จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปในส่วนที่ 1 และใช้วิเคราะห์ระดับการรับรู้ ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจในส่วนที่ 2 ของแบบสอบถาม โดยใช้เกณฑ์การแปลผลโดยใช้สูตรคำนวณช่วงห่าง (Srisaard, 2002:82) โดย 4.21–5.00 ระดับมากที่สุด 3.41-4.20 ระดับมาก 2.61-3.40 ระดับปานกลาง 1.81-2.60 ระดับน้อย และ 1.00-1.80 ระดับน้อยที่สุด

*3.4.2) สถิติเชิงอนุมาน* : เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบสมมุติฐานโดยสถิติที่ใช้คือการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเจนเนอเรชัน X Y Z โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

**4) ผลการวิจัย**

*4.1)* ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 497 คน ซึ่งกระจายแต่ละเจนเนอเรชันใกล้เคียงกันในสัดส่วน 33-34% ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ 59.56% เป็นเพศหญิง 64.59% การศึกษาระดับปริญญาตรี 38.63% เป็นนักศึกษาซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเจนเนอเรชัน Z และรองลงมา 24.55% เป็นพนักงานบริษัท 41.85% มีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาทและรองลงมา 26.56% มีรายได้ระหว่าง 15,001–30,000 บาท

*4.2)* ระดับคะแนนเฉลี่ยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ การรับรู้ความสะดวก (3.69) ความพึงพอใจ (3.61) ความเชื่อมั่น (3.49) ประโยชน์ (3.46) และ ความปลอดภัย (3.42) ดังตารางที่ 2

*4.3) การทดสอบสมมุติฐาน (*ตารางที่ 3)

*4.3.1)* การแจกแจงแบบปกติ (Normality) พิจารณาจากค่าความเบ้ (Skewness) มีค่าอยู่ระหว่าง -.517 ถึง -.312 และค่า

ความโด่ง (Kurtosis) มีค่าระหว่าง -0.129 ถึง 0.538 ถือว่ามีการแจกแจงแบบปกติ

*4.3.2)* การทดสอบความแปรปรวนโดยใช้สถิติ Levene's Test for Equality of Variance ซึ่งมีค่า Sig. เท่ากับ .230, .443, .057, .331, .093 และ .370 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด .05 แสดงว่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกัน จึงสอดคล้องกับการใช้เงื่อนไข ANOVA

*4.3.3)* ผลจากการทดสอบสมมุติฐาน พบว่า เจนเนอเรชันแตกต่างกันมีการรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจในการใช้ G-Wallet แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) ว่า คู่เฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน พบว่า ระดับการรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจในการใช้ G-Wallet ของเจนเนอเรชัน Z มีความแตกต่างกับเจนเนอเรชัน X และ Y อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความแตกต่างระหว่างเจนเนอเรชัน X และ Y ไม่มีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2 ระดับความรับรู้และความพึงพอใจในการใช้ G-Wallet

| การรับรู้/ความพึงพอใจ | เจนเนอเรชั่น | Mean | S.D. | แปลผล |
|---|---|---|---|---|
| ประโยชน์ | Z | 3.27 | 0.788 | ปานกลาง |
| | Y | 3.54 | 0.838 | มาก |
| | X | 3.58 | 0.773 | มาก |
| | รวม | 3.46 | 0.811 | มาก |
| ความสะดวก | Z | 3.46 | 0.822 | มาก |
| | Y | 3.83 | 0.744 | มาก |
| | X | 3.79 | 0.765 | มาก |
| | รวม | 3.69 | 0.794 | มาก |
| ความปลอดภัย | Z | 3.10 | 0.874 | ปานกลาง |
| | Y | 3.62 | 0.778 | มาก |
| | X | 3.55 | 0.716 | มาก |
| | รวม | 3.42 | 0.824 | มาก |
| ความเชื่อมั่น | Z | 3.03 | 0.909 | ปานกลาง |
| | Y | 3.70 | 0.783 | มาก |
| | X | 3.74 | 0.691 | มาก |
| | รวม | 3.49 | 0.864 | มาก |
| ความพึงพอใจ | Z | 3.33 | 0.816 | ปานกลาง |
| | Y | 3.71 | 0.756 | มาก |
| | X | 3.80 | 0.698 | มาก |
| | รวม | 3.61 | 0.785 | มาก |

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐานด้วย ANOVA

| การรับรู้/ความพึงพอใจ | | SS. | df | MS. | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ประโยชน์ | Between | 9.77 | 2 | 4.88 | 7.629 | .001 |
| | Within | 316.23 | 494 | 0.64 | | |
| | Total | 326.00 | 496 | | | |
| ความสะดวก | Between | 13.35 | 2 | 6.67 | 11.015 | .000 |
| | Within | 299.34 | 494 | 0.61 | | |
| | Total | 312.69 | 496 | | | |
| ความปลอดภัย | Between | 26.21 | 2 | 13.10 | 20.853 | .000 |
| | Within | 310.42 | 494 | 0.63 | | |
| | Total | 336.63 | 496 | | | |
| ความเชื่อมั่น | Between | 53.87 | 2 | 26.93 | 42.041 | .000 |
| | Within | 316.47 | 494 | 0.64 | | |
| | Total | 370.34 | 496 | | | |
| ความพึงพอใจ | Between | 21.28 | 2 | 10.64 | 18.471 | .000 |
| | Within | 284.50 | 494 | 0.58 | | |
| | Total | 305.77 | 496 | | | |

## 5) สรุปและอภิปรายผล

*5.1)* การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้งาน การรับรู้ถึงความปลอดภัย ความไว้วางใจ และความพึงพอใจของกลุ่มเจนเนอเรชัน X Y อยู่ในระดับมาก ในขณะที่กลุ่มเจนเนอเรชัน Z อยู่ในระดับปานกลาง

*5.2)* เจนเนอเรชัน X , Y และ Z ส่งผลต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเชื่อมั่น และความพึงพอใจในการใช้บริการ G-Wallet แตกต่างกัน โดยเฉพาะเจนเนอเรชัน Z มีความแตกต่างกับเจนเนอเรชัน X และ Y เนื่องจาก เจนเนอเรชั่น Z เติบโตมากับสิ่งอำนวยความสะดวกและเทคโนโลยีต่างๆ ไม่ชอบข้อมูลหรือขั้นตอนที่ซับซ้อน ให้ความสำคัญกับภาพลักษณ์ตัวเองในโซเชียลมีเดียและมักเลือกช่องทางที่ให้พื้นที่ส่วนตัวรู้สึกปลอดภัย จึงมีความคาดหวังในการใช้ G-Wallet ในเกณฑ์สูง ในขณะที่ ศิริลักษณ์ โรจน์กิจอำนวย (2562) พบว่า อายุไม่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้โมบายแบงค์กิ้งอย่างต่อเนื่องสำหรับผู้ใช้บริการโมบายแบงค์กิ้งที่ให้บริการโดยธนาคารไทยพาณิชย์ และ ชรัชต์ วิภัชปรีชากุล (2562) พบว่า อายุไม่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันเป๋าตังสำหรับประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

## 6) ข้อเสนอแนะ

*6.1)* การรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความไว้วางใจ และความพึงพอใจของกลุ่มเจนเนอเรชัน Z อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น ผู้ให้บริการ G-Wallet ควรจะกำหนดกลยุทธ์ในการที่จะเพิ่มการรับรู้ในทุกด้านรวมถึงทำการศึกษาเชิงลึกเพิ่มเติมของกลุ่มเจนเนอเรชัน Z เพื่อให้ทราบถึงความต้องการที่แท้จริงอันจะนำไปสู่การใช้ G-Wallet อย่างต่อเนื่อง

*6.2)* การรับรู้ถึงประโยชน์ ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความไว้วางใจ และความพึงพอใจของเจนเนอเรชัน X , Y และ Z แตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อเป็นการยกระดับการรับรู้ทั้ง 4 ด้านและความพึงพอใจเพื่อให้มีการใช้บริการ G-Wallet อย่างต่อเนื่องสำหรับทุกเจนเนอเรชัน อันจะนำไปสู่สังคมไร้เงินสด และเป็นเครื่องมือของรัฐบาลในการจัดมาตรการเยียวยาและช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจ รวมทั้งกระจายรายได้ให้กับประชาชน ดังนั้นผู้ให้บริการควรเน้นการประชาสัมพันธ์แนะนำวิธีใช้เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่ายและนำเสนอการเข้าถึงประโยชน์ต่างๆ ในแอปพลิเคชันอย่างครอบคลุมและเป็นรูปธรรมให้มากขึ้น ประกอบกับลดความกังวลของผู้ใช้ในประเด็นความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล โดยใช้สื่อประชาสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเข้าถึงกลุ่มประชากรในแต่ละเจนเนอเรชัน

## เอกสารอ้างอิง


-Charat Wipashpreechakul. (2019).The study of behavior to continue using Paotang application of the population in Bankgok.(in Thai).(Master thesis, Ramkhamhaeng university).Retrived from https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/twin-9/6214155039.pdf

-ชรัชต์ วิภัชปรีชากุล. (2561).การศึกษาพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันเป๋าตังของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร.(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยรามคำแหง).สืบค้นจาก https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/twin-9/6214155039.pdf

- Davis, F.D. (1989). *Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology*. MIS Quarterly, 13(3), 319-340.

-Hong, S.J., Thong, J.Y., Moon, J.Y.&Tam, K.Y. (2008). Understanding the behavior of mobile data services consumers, Information System Frontiers, 10(4), 431

-Jirapat Mikhanmak., Nisarath Sodamuk., Panisara Tantikulchat., Nalinpat Bhumpenpein. (2021). *Factors influencing acceptance to use of PAOTANG application*. (in Thai) The 4th National Conferrence in Science and Technology : NCST4th 2021 (in Thai). Electronic copy available at: http://sci.chandra.ac.th/ncst2021/jdownloads/99/2/1.P-10.pdf

-จิรภัทร มิขันหมาก, นิสารัตน์ โสดามุก, ปณิสรา ตันติกุลชาติ, นลินภัสร์ บำเพ็ญเพียร. (2564). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้งานแอปพลิเคชันเป๋าตัง*. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4. สืบค้นจาก http://sci.chandra.ac.th/ncst2021/jdownloads/99/2/1.P-10.pdf

-Kumar, Adlakaha and Mukherjee (2017). *The effect of Perceived Security and grievance redressal on continuance intention to use M-Wallets in a developing country*. International Journal of Bank Marketing http://dx.doi.org/10.1108/IJBM-04-2017-0077

-Pramote Leunarm. (2013) .*Concepts and Evolution of Technology Acceptance Model*, Modern Management Journal (in Thai), Vol.9, No.1: Jan-Jun 2013 p9-17

-ปราโมทย์ ลือนาม. (2556) . *แนวคิดและวิวัฒนาการของแบบจำลองการยอมรับการใช้เทคโนโลยี*. วารสารการจัดการสมัยใหม่ Vol. 9 No.1 : มกราคม-มิถุนายน 2554 หน้า 9-17

-Rungkiet Ratanabarncheun. (2021). Digital economy and household readiness through “Digital Literacy” study. Puey Ungpakorn Institute For Economic Research (in Thai). Electronic copy available at https://www.pier.or.th/abridged/2021/04/

-รุ่งเกียรติ รัตนบานชื่น. (2564). ระบบเศรษฐกิจดิจิทัลกับความพร้อมของครัวเรือนไทยผ่านการศึกษา “Digital literacy”.สืบค้นจาก https://www.pier.or.th/abridged/2021/04/

-Sarmah, Dhiman and Kanojia (2021). Understanding intentions and actual use of mobile wallets by millnnial:an extended TAM model perspective.

-Siriluck Rotchanakitumnuai. (2019). Mobile banking acceptance for continuing usage of Thai commercial banks. (In Thai). Journal of Business Administration, 8(2), 10-21, Electronic copy available at http://www.vu.ac.th/apheitvu/journal/v8n2/chapter1.pdf

-ศิริลักษณ์ โรจนกิจอำนวย. (2562). การยอมรับการ ใช้โมบายแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ไทยอย่าง ต่อเนื่อง. วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ, 8(2), 10-21. สืบค้นจาก http://www.vu.ac.th/apheitvu/journal/v8n2/chapter1.pdf

# เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ราคาอนุพันธ์ โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

# Comparison of Derivative Price Forecasting by Deep Learning and Support Vector Machine Models

เกศินี ซ่อนกลิ่น
Kaesinee Sonklin
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ / สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
so.kaesinee_st@tni.ac.th

สรมย์พร เจริญพิทย์
Saromporn Charoenpit
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ / สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
saromporn@tni.ac.th

***บทคัดย่อ*** **— การพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ในตลาดสัญญาซื้อขายล่วงหน้า (ประเทศไทย) หรือ TFEX [1] เป็นเรื่องที่มีความน่าสนใจและเป็นการเพิ่มโอกาสของนักลงทุนที่ต้องการลงทุนต่ำแต่ได้รับผลตอบแทนสูง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (CNN), หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (LSTM) และแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) แบบถดถอย (Regression) เพื่อนำมาพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ SET 50 Index Futures ซึ่งเป็นอนุพันธ์ที่อ้างอิงราคาของ SET50 Index จากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย [2] และมีความนิยมสูง โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันมาคัดเลือกคุณลักษณะที่จะนำเข้าสู่แบบจำลอง และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE), ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE), ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAE) ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลอง LSTM มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ดีที่สุด รองลงมาคือแบบจำลอง SVR และ CNN ส่วนเวลาที่ใช้ฝึกสอนแบบจำลองที่ใช้น้อยที่สุดคือแบบจำลอง SVR รองลงมาคือแบบจำลอง CNN และ LSTM**

***คำสำคัญ*** **— การพยากรณ์ราคาอนุพันธ์, โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ,หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, การวิเคราะห์การถดถอย**

***ABSTRACT*** **— The forecasting of close price derivative in Thailand Futures Exchange (TFEX) [1] which seems interesting for investors who want low investment and high return. In this study had been used Deep learning models which are Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), and Machine Learning model which is a Support Vector Machine (SVM) regression analysis for forecasting the close price of SET 50 Index Futures derivative which has referred SET 50 Index price from the Stock Exchange of Thailand [2] and has been the popular derivative. Using Pearson's Correlation Analysis for choosing the feature to be a data input and evaluate the efficiency of all models by Mean Squared Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE). The results had been shown LSTM model which was the best and next SVR, CNN model. The minimal execution time was SVR model and next CNN, LSTM models**

***Keywords*** **— Derivative Price Forecasting, Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Support Vector Machine (SVM), Regression Analysis**

## I. บทนำ

อนุพันธ์ คือตราสารทางการเงินที่เป็นสัญญาหรือข้อตกลงที่ทำขึ้นในปัจจุบัน และจะมีการแลกเปลี่ยนสินค้าหรือให้สิทธิในการซื้อขายสินค้าอ้างอิงในอนาคต โดยลงทุนในจำนวนเงินประมาณ 10-15% ของการลงทุนในสินทรัพย์ และในปีค.ศ. 2021 ตลาดซื้อขายล่วงหน้า (TFEX) มีปริมาณการซื้อขายจำนวน 135,117,308 เพิ่มขึ้น 12.42% จากปี ค.ศ. 2020 [3] ด้วยเหตุนี้หากมีเครื่องมือที่สามารถพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ได้อย่างแม่นยำ จะเป็นการเพิ่มโอกาสในการทำกำไรของนักลงทุนและสร้างความมั่นใจให้กับนักลงทุนกลุ่มใหม่ที่สนใจการลงทุนสินทรัพย์ประเภทนี้ที่มีจุดเด่นคือลงทุนน้อยแต่มีโอกาสรับผลกำไรสูง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นหาคุณลักษณะและตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ประเภท SET 50 Index Futures ที่นิยมในตลาดซื้อขายล่วงหน้า

## II. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ประเภท SET50 Index Futures โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ, หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาวและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบถดถอย

III. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

*III.I. อนุพันธ์ประเภท SET 50 Index Futures*

เป็นอนุพันธ์ที่อ้างอิงกับดัชนี SET50 ซึ่งคำนวณมาจากหุ้นสามัญจดทะเบียนที่มีขนาดใหญ่ มีสภาพคล่องสม่ำเสมอจำนวน 50 ตัวแรกของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย [2] และนักวิจัยได้คัดเลือกเพียง 4 ชุด คือ ตัวอักษร H, M, U, Z ที่มีระยะเวลาเต็มช่วงสัญญา 12 เดือน มีระยะเวลารวมกัน 12 เดือน หรือ 4 ไตรมาส จากเดือนที่ครบกำหนดสัญญาเดือน 3, 6, 9, และ 12 โดยมีรายละเอียดแต่ละชุดสัญญาดังนี้ ชุดสัญญา H เดือนที่ครบกำหนดสัญญา คือ มีนาคม, ชุดสัญญา M เดือนที่ครบกำหนดสัญญา คือ มิถุนายน, ชุดสัญญา U เดือนที่ครบกำหนดสัญญา คือ กันยายน, และชุดสัญญา Z เดือนที่ครบกำหนดสัญญา คือ ธันวาคม จากชุดสัญญา H, M, U, และ Z ดังกล่าว ทำให้นักลงทุนได้มีเวลาที่เหมาะสมสำหรับพิจารณาการซื้อขายก่อนครบกำหนดที่ต้องจ่ายเงินเต็มมูลค่า 100% เช่น ชุดสัญญา H เดือนที่สัญญาเริ่มต้น คือ สิ้นเดือนธันวาคม และเดือนที่สัญญาสิ้นสุด คือ สิ้นเดือนมีนาคมของปีถัดไป มีระยะเวลาเต็มช่วงสัญญา 3 เดือน เป็นต้น

*III.II. โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (Convolutional Neural Network, CNN)*

เป็นการจำลองความสามารถการประมวลผลของสมองมนุษย์ ในงานวิจัยทั่วไปใช้วิธีการประมวลผลภาพ โดยใช้ค่าพิกเซลเป็นข้อมูลนำเข้า แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแบ่งข้อมูลของราคาปิดแบบ Sliding Window เป็นข้อมูลนำเข้า และเข้าสู่กระบวนการคอนโวลูชัน [4-6] ที่มีการใช้ตัวกรองหรือเคอร์เนลเพื่อสกัดลักษณะเด่นของข้อมูลออกมา และผ่านขั้นตอนเรลูเพื่อปรับตัวเลขที่ติดลบให้เป็นศูนย์, ขั้นตอนแม็กซ์พูลลิ่งเพื่อเลือกตัวเลขที่มากที่สุด, ขั้นตอนปรับเรียบเพื่อปรับข้อมูลหลายมิติให้เหลือมิติเดียว และเข้าสู่ขั้นตอนการพยากรณ์

*III.III. หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory, LSTM)*

เป็นหนึ่งในโครงข่ายประสาทเทียมเหมาะกับข้อมูลอนุกรมเวลา หลักการทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน [7-9] คือ 1) ขั้นตอนการลืมข้อมูลเป็นการพิจารณาว่าจะลบข้อมูลใดออกไปจากหน่วยความจำ, 2) ขั้นตอนการเขียนข้อมูลเป็นการพิจารณาว่าจะนำข้อมูลใหม่ชุดใดเข้าไปในหน่วยความจำ, 3) ขั้นตอนการอัพเดทข้อมูลเป็นการรวมข้อมูลจากขั้นตอนการรวมข้อมูลและการเขียนข้อมูล และ 4) ขั้นตอนการอ่านข้อมูลเป็นการพิจารณาว่าข้อมูลใดในหน่วยความจำที่จะส่งผลต่อการพยากรณ์ หลังจากนั้นจะได้ผลลัพธ์ออกมา และผลลัพธ์กับความจำที่ได้จะย้อนกลับมาเข้าสู่กระบวนการใหม่

*III.IV. ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine, SVM)*

เป็นเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยสร้างระนาบหลายมิติแบ่งแยกที่ดีที่สุด ที่ให้ระยะขอบระหว่างข้อมูลมากที่สุด [10-12] มีผลลัพธ์จากการทำนาย 2 รูปแบบ คือการแบ่งกลุ่มและตัวเลข ในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันให้ผลลัพธ์เป็นตัวเลข แต่จะสนใจข้อมูลที่อยู่ห่างจากขอบเขตอ่อน (Soft Margin) ด้วยการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในรูปฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) แบบ $\varepsilon$ – Insensitive และนำมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอินพุตเวกเตอร์และตัวแปรเอาท์พุต เพื่อให้ได้ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขออกมา

*III.V. การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)*

เป็นสถิติที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม [13] ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อทำนายโอกาสความสัมพันธ์ของตัวแปรตามเกณฑ์ของ Pearson (ค.ศ.1920) อ้างอิงตามงานวิจัยของ Parawee [14] หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันมีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน สามารถนำมาใช้ในตัวแบบในงานวิจัยได้ ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันสามารถคำนวณ [15] ได้ดังสมการที่ (1)

$$r_{xy} = \frac{n(\sum xy)-(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2-(\sum x)^2[n\sum y^2-(\sum y)^2]}} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ $r_{xy}$ คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน
$x$ คือตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น
$y$ คือตัวแปรตาม
n คือขนาดข้อมูล

*III.VI. การแบ่งข้อมูลรูปแบบ Sliding Window*

เป็นการแบ่งข้อมูลฝึกสอนก่อนนำเข้าตัวแบบพยากรณ์ [16] จุดเริ่มต้นของข้อมูลจะมีการขยับออกไปเรื่อยๆ แต่จำนวนข้อมูลทั้งหมดยังคงเท่าเดิม ส่วนข้อมูลทดสอบเป็นข้อมูลถัดไป การแบ่งข้อมูลแบบนี้เหมาะกับข้อมูลประเภทอนุกรมเวลา ที่มีการนำข้อมูลเรียงตามเวลามาพยากรณ์ค่าถัดไป

*III.VII. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่น่าสนใจได้ศึกษาการการทำนายดัชนีตลาดหลักทรัพย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก ดังตัวอย่างงานวิจัย เช่น

ในปี ค.ศ. 2013 Suwat Pinyopan [17] ได้นำเสนอ Support Vector Machine for Derivatives Prediction เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ประเภท SET 50 Index Futures ที่ทำการซื้อขายตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเดือนเมษายน ค.ศ. 2012 โดยเก็บข้อมูลเป็นรายนาที และคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี RReliefF ซึ่งใช้ตัวแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบถดถอย และประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความคาดเคลื่อน MAE และ MSE พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะที่คัดเลือกแล้วมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะทั้งหมดทั้งในช่วงตลาดแนวโน้มขึ้น, ลง และไม่เปลี่ยนแปลง

ในปีค.ศ. 2020 Penglei Gao , Rui Zhang และ Xi Yang [18] ได้นำเสนอ The Application of Stock Index Price Prediction with Neural Network เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์ราคา SP500, Nikkei225, CSI300 ซึ่งใช้ตัวแบบ 4 แบบดังนี้ เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (MLP), หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (LSTM), โครงข่ายประสาทเทียมแบบ

สังวัตนาการ (CNN) และ Uncertainty-aware Attention (UA) ผลที่ดีที่สุด (มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE, R และ MAPE น้อยที่สุดทั้งในข้อมูลของ SP500, Nikkei225 และ CSI300) ได้จากตัวแบบ UA รองลงมาคือ CNN, LSTM และ MLP

ในปีค.ศ. 2021 Ahmad Fauzi [19] ได้นำเสนอ Stock Price Prediction using Support Vector Machine in the Second Wave of Covid-19 Pandemic เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับทำนายราคาตลาดหุ้นของ JKSE ในช่วงโควิดระบาดครั้งที่สอง ซึ่งใช้ตัวแบบ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) ที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพด้วย RBF kernel ด้วย C=100, $\varepsilon$ =0.01 และ $\gamma$ = 3 มีค่าความเคลื่อน MAPE และ RMSE น้อยกว่าการปรับค่า C, $\varepsilon$ และ $\gamma$ ด้วยค่าอื่น

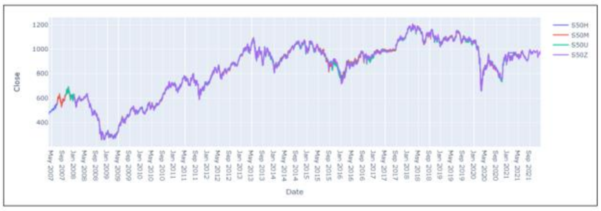
ในปี ค.ศ. 2021 Poomchai Jitchai และ Ohm Sornil [20] ได้นำเสนอ Stock Index Prediction Using Deep Learning Model เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับทำนาย ดัชนี SET และ SET50 ซึ่งใช้ตัวแบบจำนวน 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (CNN) และหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (LSTM) ผลที่ดีที่สุดได้จากตัวแบบ CNN โดยใช้ข้อมูลราคาปิด 5 วันก่อนหน้า มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE น้อยที่สุด ทั้งในข้อมูล SET และ SET50 คือ 0.029 และ 0.032 ตามลำดับ

## IV. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการตามรูปที่ II โดยมีขั้นตอนดังนี้

### *IV.I. รวบรวมข้อมูลอนุพันธ์ประเภท SET 50 Index Future*

รวบรวมจากตลาดสัญญาซื้อขายล่วงหน้า (ประเทศไทย) ตั้งแต่ชุดสัญญา S50H08 (สิ้นเดือนมีนาคม ปี ค.ศ.2007) ถึงชุดสัญญา S50Z21 (สิ้นเดือนธันวาคม ปี ค.ศ.2021) ประกอบด้วยชุดสัญญาตัวอักษร H, M, U, Z อย่างละ 14 ชุด และรวมข้อมูลของแต่ละสัญญาเป็นชุดเดียวทำให้เหลือเพียง 4 ชุด หลังจากนี้จะใช้การเขียนโปรแกรมภาษา Python Version 3.9.6 ในโปรแกรม Visual Studio Version 1.64.2 ในการจัดการข้อมูลต่อไป จากนั้นนำบรรทัดที่ไม่มีข้อมูลของราคาปิดออก และนำข้อมูลชุดสัญญา H, M, U, Z มาแสดงเป็นกราฟเชิงเส้น ดังรูปที่ I กำหนดแกน x คือ Date ซึ่งแสดงเดือนหรือปี และแกน y คือ Close (ราคาปิด) พบว่ากราฟของชุดสัญญาทั้ง 4 ตัวอักษรเป็นกราฟเชิงเส้นที่มีลักษณะคล้ายกัน แสดงว่าราคาปิดของชุดสัญญา H, M, U, Z มีค่าใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกชุดสัญญาตัวอักษร Z เพียงชุดเดียวมาเตรียมข้อมูล




รูปที่ I. กราฟแสดงราคาปิดของชุดสัญญา H, M, U, Z

### *IV.II. กำหนดชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลทดสอบ*

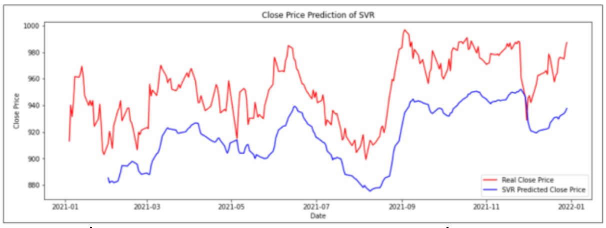
ชุดข้อมูลฝึกสอนเป็นข้อมูลในสิ้นปี ค.ศ. 2007 – 2020 (เฉพาะวันทำการจำนวน 3,125 วัน) และข้อมูลทดสอบเป็นข้อมูลในปี ค.ศ. 2021 (เฉพาะวันทำการจำนวน 220 วัน)

### *IV.III. การคัดเลือกคุณลักษณะ*

เนื่องจากข้อมูลมีคุณลักษณะ 9 คุณลักษณะ คือ 1) ราคาเปิด (Open), 2) ราคาสูงสุด (High), 3) ราคาต่ำสุด (Low), 4) ราคาปิด (Close), 5) ราคาชำระ (SP), 6) ราคาเปลี่ยนแปลง (Chg), 7) %ราคาเปลี่ยนแปลง (%Chg), 8) ปริมาณการสั่งซื้อ (Vol) และ 9) สถานะสัญญาคงค้าง (OI) ซึ่งอาจมีบางลักษณะที่มีผลต่อราคาปิด จึงใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทั้งหมดและราคาปิด โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกการหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า ราคาเปิด, ราคาสูงสุด, ราคาต่ำสุด, ราคาปิด และราคาที่ใช้ชำระ มีค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเทียบกับราคาปิดเท่ากับ 1 แสดงว่าทั้ง 5 คุณลักษณะนี้มีผลต่อการพยากรณ์ราคาปิดและสามารถเลือกเพียง 1 ลักษณะมาใช้แทนคุณลักษณะที่เหลือได้ นักวิจัยได้เลือกราคาปิดมาเป็นคุณลักษณะที่จะนำไปใช้ในแบบจำลองต่อไป

### *IV.IV. การปรับค่าด้วยวิธี Normalization*

จากนั้นปรับราคาปิดให้มีค่าตั้งแต่ 0 – 1 ด้วยวิธี Normalization [21] เฉพาะข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลอง CNN และ LSTM เนื่องจากหากใช้ข้อมูลที่ผ่านการปรับค่ากับแบบจำลอง SVR แล้ว พบว่ากราฟแสดงค่าจริงและค่าพยากรณ์มีเส้นที่ห่างกันมาก ดังรูปที่ II แต่เมื่อใช้ข้อมูลที่ไม่ปรับค่าพบว่าเส้นกราฟทั้ง 2 เส้นชิดกันมากกว่า ดังรูปที่ VI




รูปที่ II. กราฟแสดงผลลัพธ์จากการใช้ข้อมูลที่ปรับค่าด้วยวิธี Normalization ผ่านแบบจำลอง SVR

### *IV.V. การแบ่งข้อมูลด้วยวิธี Sliding Window*

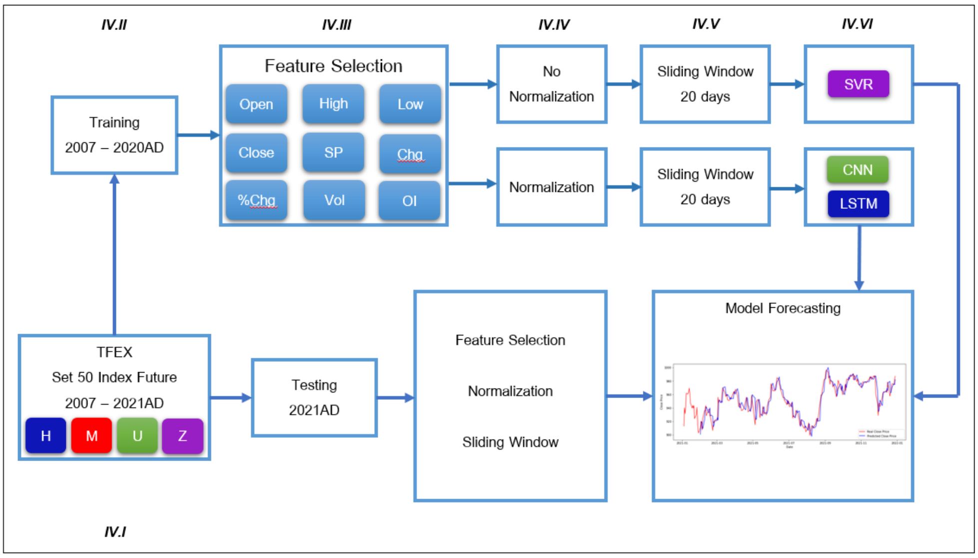
หลังจากนั้นแบ่งข้อมูลแบบอนุกรมเวลาด้วยวิธี Sliding Window เท่ากับ 20 [18] ดังตารางที่ I ซึ่งส่งผลให้รูปที่ IV – VII เส้นค่าพยากรณ์จะเริ่มจากวันที่ 21 ของค่าจริง

ตารางที่ I. แสดงการแบ่งข้อมูลด้วยวิธี Sliding Window

| ลำดับที่ 1 | ลำดับที่ 2 | ลำดับที่ ... | ลำดับที่ 19 | ลำดับที่ 20 |
|---|---|---|---|---|
| 973.60 | **969.50** | ... | 953.70 | **963.00** |
| **969.50** | 962.20 | ... | **963.00** | 928.90 |
| 962.20 | **958.40** | ... | 928.90 | **930.00** |
| **958.40** | 961.50 | ... | **930.00** | 927.60 |
| 961.50 | 958.40 | ... | 927.60 | 924.50 |

### *IV.VI. การสร้างแบบจำลอง*

ผู้วิจัยได้เลือกแบบจำลอง 3 แบบ คือ CNN, LSTM, และ SVR เนื่องจากวิธีการประมวลผลของทั้ง 3 แบบจำลองนี้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ 1) แบบจำลอง CNN มีการใช้กระบวนการคอนโวลูชันเพื่อสกัดลักษณะเด่นของข้อมูลออกมา, 2) แบบจำลอง LSTM มีช่วงความจำซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการลืมข้อมูล, การเขียนข้อมูล, การอัพเดทข้อมูล และขั้นตอนการอ่านข้อมูล,และ 3) แบบจำลอง SVR จำแนก




รูปที่ III. แสดงขั้นตอนการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ราคาปิด เรียงลำดับตาม *IV. วิธีดำเนินการวิจัย*

ข้อมูลด้วยการสร้างระนาบหลายมิติแบ่งแยกที่ดีที่สุด ที่ให้ระยะขอบระหว่างข้อมูลมากที่สุด และพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในรูปฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) แบบ $\varepsilon$ – Insensitive

ปรับมิติของข้อมูลฝึกสอนและทดสอบตามรูปแบบจำลอง ดังนี้ SVR 2 มิติ, CNN 3 มิติ, LSTM 3 มิติ จากนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองพยากรณ์ และกำหนดค่าดังตารางที่ II และ III

ตารางที่ II. ค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง CNN

| Model | Hidden Layer | | Output Layer | |
|---|---|---|---|---|
| CNN | จำนวนชั้น | 2 | Dense | 1 |
| | จำนวน filter | 80 | optimizer | adam |
| | ขนาด kernel | 3 | epochs | 100 |
| | activation | relu | Batch Size | 10 |
| | ขนาด Max Pooling | 2 | Validation split | 0.3 |
| | Flatten | 1 | | |

ตารางที่ III. ค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง LSTM

| Model | Hidden Layer | | Output Layer | |
|---|---|---|---|---|
| LSTM | จำนวนชั้น | 2 | Dense | 1 |
| | จำนวน filter | 80 | optimizer | adam |
| | ขนาด kernel | - | epochs | 100 |
| | activation | relu | Batch Size | 10 |
| | ขนาด Max Pooling | - | Validation split | 0.3 |
| | Flatten | - | | |

สำหรับแบบจำลอง SVR มีการใช้ค่าพารามิเตอร์ตามงานของ Ahmad Fauzi [18] ดังนี้ kernel="rbf" แทนค่าด้วย k, C=100 แทนค่าด้วย c, $\varepsilon$ =0.01 แทนค่าด้วย e และ $\gamma$ = 3 แทนค่าด้วย g โดยนำทั้งสามค่ามาทดสอบในแบบจำลอง SVR และได้ผลประเมินประสิทธิภาพดังตารางที่ IV ผลที่ดีที่สุดคือ C=100 และ การใช้ kernel="rbf" รวมกับ C=100 ซึ่งได้ ค่าเท่ากัน ผู้วิจัยจึงเลือก C=100 มาใช้สำหรับพยากรณ์ราคาปิดต่อไป หลังจากได้แบบจำลองที่เหมาะสมแล้ว ให้นำข้อมูลทดสอบมาผ่านขั้นตอนดังรูปที่ III

ตารางที่ IV. ประสิทธิภาพจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SVR

| Parameters | MSE | RMSE | MAE | Execution Times (sec) |
|---|---|---|---|---|
| No Parameter | 16.2205 | 4.0275 | 12.3522 | 0.8 |
| kernel="rbf" | 16.2205 | 4.0275 | 12.3522 | 0.8 |
| **C=100** | **8.5262** | **2.9200** | **6.2203** | **0.8** |
| gamma=3 | 58.9318 | 7.6767 | 54.0044 | 1.3 |
| epsilon=0.01 | 16.2262 | 4.0282 | 12.3602 | 0.8 |
| k + c + g + e | 60.1916 | 7.7583 | 55.3710 | 1.5 |
| k + c + g | 60.2055 | 7.7592 | 55.3861 | 1.4 |
| **k + c** | **8.5262** | **2.9200** | **6.2203** | **0.8** |
| k + g | 58.9318 | 7.6767 | 54.0044 | 1.3 |
| k + e | 16.2262 | 4.0282 | 12.3602 | 0.8 |
| c + g | 60.2055 | 7.7592 | 55.3861 | 1.5 |
| c + e | 8.5287 | 2.9204 | 6.2231 | 0.8 |
| g + e | 58.8893 | 7.6739 | 53.9585 | 1.4 |

### *IV.VII. การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง*

การประเมินประสิทธิภาพ [21] ของงานวิจัยนี้ทำโดยวัดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างราคาจริงกับราคาที่พยากรณ์ได้ ด้วยค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE), ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE), ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ซึ่งประสิทธิภาพของแบบจำลองจะมีค่ามาก เมื่อค่า MSE, RMSE และ MAE มีค่าน้อย ดังสมการ (2), (3) และ (4)

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|y_t - \hat{y}_t| \quad (4)$$

เมื่อกำหนดให้ $y_t$ คือค่าจริงที่เวลา t ใดๆ

$\hat{y}_t$ คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์ที่เวลา t ใดๆ

$n$ คือขนาดข้อมูล

## V. ผลการวิจัย

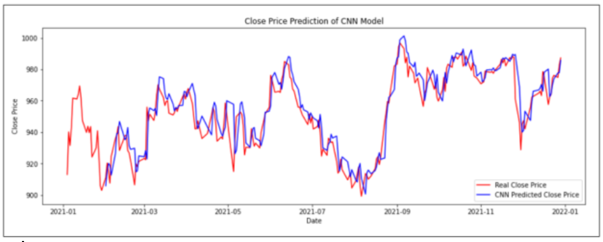
จากตารางที่ V แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ SET 50 Index Futures ชุดสัญญา Z พบว่าแบบจำลอง LSTM ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมาคือแบบจำลอง SVR และ CNN ส่วนเวลาในการฝึกสอนแบบจำลองที่น้อยสุดคือแบบจำลอง SVR รองลงมาคือแบบจำลอง CNN และ LSTM ตามลำดับ

จากรูปที่ VII แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริงของทุกแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลชุดทดสอบของปี ค.ศ.2021 กำหนดแกน X คือ Date ซึ่งแสดงเดือนหรือปี และแกน y คือ Close Price (ราคาปิด), เส้นสีแดงเป็นค่าจริง, เส้นสีเขียวเป็นค่าพยากรณ์ผ่านแบบจำลอง CNN, เส้นสีน้ำเงินเป็นค่าพยากรณ์ผ่านแบบจำลอง LSTM และเส้นสีม่วงเป็นค่าพยากรณ์ผ่านแบบจำลอง SVR ซึ่งเส้นสีน้ำเงินจากค่าพยากรณ์ผ่านแบบจำลอง LSTM จะมีความใกล้ชิดเส้นสีแดงที่เป็นค่าจริงมากกว่าเส้นสีอื่นๆ

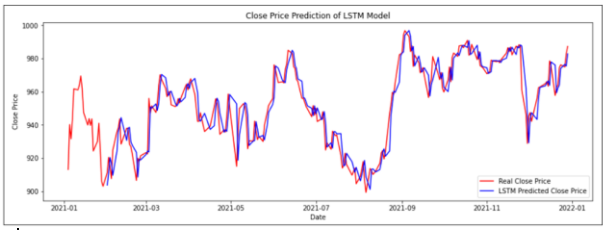
ตารางที่ V. แสดงประสิทธิภาพจากการพยากรณ์ของแบบจำลองทั้งหมด

| Models | Results | | | |
|---|---|---|---|---|
| | MSE | RMSE | MAE | Execution Times (sec) |
| CNN | 9.2064 | 3.0342 | 6.7403 | 60.6 |
| LSTM | **8.3335** | **2.8868** | **6.0934** | 364.3 |
| SVR(C=100) | 8.5262 | 2.9200 | 6.2203 | **0.8** |

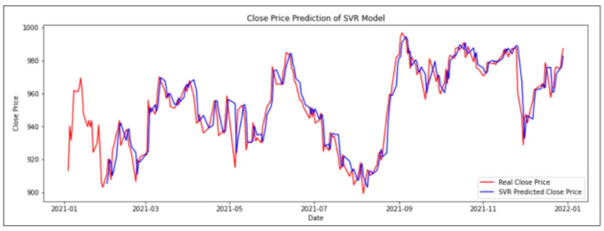
จากรูปที่ IV, V, และ VI แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าพยากรณ์ (เส้นสีน้ำเงิน) และค่าจริง (เส้นสีแดง) ของแบบจำลอง CNN, LSTM และ SVR โดยใช้ข้อมูลชุดทดสอบของปี ค.ศ.2021 กำหนดแกน X คือ Date ซึ่งแสดงเดือนหรือปี และแกน y คือ Close Price (ราคาปิด)




รูปที่ IV. แสดงราคาปิดจากการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงด้วย CNN




รูปที่ V. แสดงราคาปิดจากการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงด้วย LSTM




รูปที่ VI. แสดงราคาปิดจากการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงด้วย SVR

## VI. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ใช้รวบรวมข้อมูลราคาปิดแบบรายวัน ตั้งแต่ปี ค.ศ.2007-2021 โดยใช้ชุดสัญญา H, M, U, Z ที่ระยะสัญญา 12 เดือน มีระยะเวลารวมกัน 12 เดือน หรือ 4 ไตรมาส จากเดือนที่ครบกำหนดสัญญาเดือน 3, 6, 9, และ 12 โดยแบ่งข้อมูลฝึกสอนออกเป็นช่วง ค.ศ. 2007 - ค.ศ. 2020 และข้อมูลทดสอบเป็นช่วง ค.ศ. 2021 พร้อมกันนี้ยังใช้ข้อมูลจากตลาดสัญญาซื้อขายล่วงหน้า (ประเทศไทย) พบว่าการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ราคาปิดของอนุพันธ์ SET 50 Index Futures ชุดสัญญา Z แบบจำลองที่ให้ความแม่นยำสูงสุดคือ LSTM ที่ใช้ตัวแปร คือราคาปิดที่ได้จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน MSE, RMSE และ MAE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Penglei Gao [18] และ Poomchai Jitchai [20] ที่ได้ผลลัพธ์ คือแบบจำลอง CNN มีความแม่นยำมากกว่า LSTM เนื่องจากการปรับค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างอันเกิดมาจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ เช่น งานวิจัยนี้ใช้ Batch Size เท่ากับ 10 แต่งานวิจัย [18] ใช้ Batch Size เท่ากับ 64 และค่าอื่นๆที่งานวิจัยดังกล่าวสามารถปรับค่าที่สูงกว่าได้

หากพิจารณาจากความแม่นยำและระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลควรจะเลือกแบบจำลอง SVR ที่กำหนดค่า C=100 เนื่องจากมีความแม่นยำรองลงมาเพียงเล็กน้อยแต่ใช้เวลาน้อยกว่า (ใช้เวลา 0.8 วินาที) ส่วนแบบจำลอง CNN ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำน้อยกว่าแบบจำลอง LSTM และ SVR แต่ใช้เวลาน้อยกว่า (ใช้เวลา 60.6 วินาที) แบบจำลอง LSTM และใช้เวลามากกว่า (ใช้เวลา 364.3 วินาที) แบบจำลอง SVR

## VII. ข้อเสนอแนะ

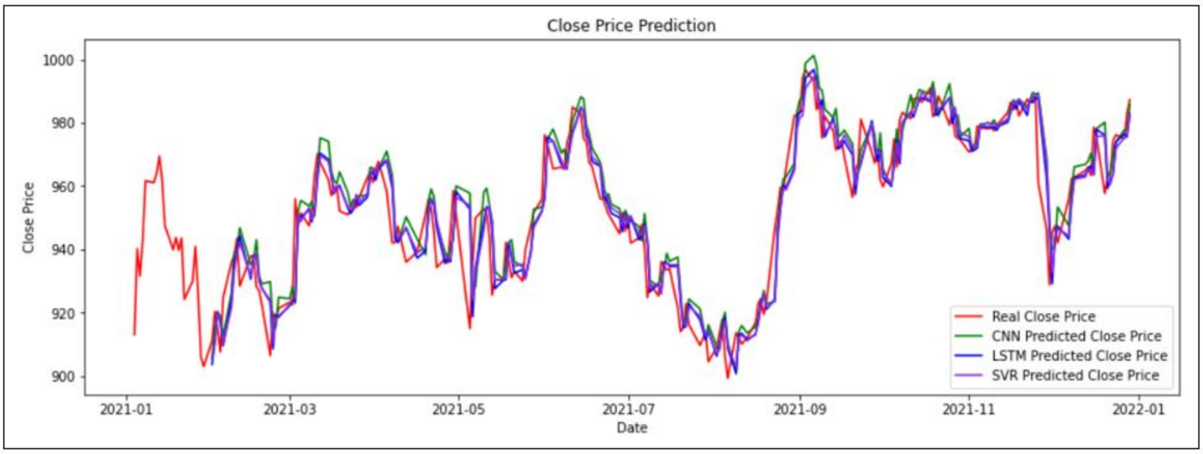
- ข้อจำกัดเกี่ยวกับการฝึกสอนแบบจำลอง เนื่องจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ หากมีคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพที่ดีจะสามารถปรับปรุงพารามิเตอร์สำหรับการฝึกสอนแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น
- เพิ่มการระบุช่วงเวลาที่มีเหตุการณ์สำคัญ เช่น สภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองในช่วงเวลาดังกล่าวว่ามีค่าความแม่นยำหรือถูกต้องแตกต่างกันอย่างไร
- นอกจากอนุพันธ์ประเภท SET 50 Index Futures ยังมีสินค้าในตลาดสัญญาซื้อขายล่วงหน้า) ประเทศไทย( อีก 11 ประเภทที่สามารถนำแบบจำลองในงานวิจัยนี้ไปต่อยอดได้

## เอกสารอ้างอิง

[1] TFEX. *"บริษัท ตลาดอนุพันธ์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) หรือ Thailand Futures Exchange (TFEX.)."* tfex.com. https://www.tfex.co.th/ (accessed Jan. 03, 2022).

[2] SET. *"ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หรือ The Stock Exchange of Thailand (SET)."* set.or.th. https://www.set.or.th/ (accessed Jan. 03, 2022).

[3] ศนิชา ละครพล. *"สรุปภาวะตลาดหุ้นไทยปี 2564 ดัชนี SET บวก 14.37% Market Cap พุ่งสู่ 19.5 ล้านล้านบาท ขณะที่มูลค่าการซื้อขายเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น 37%."* thestandard.co. https://thestandard.co/summary-of-thai-stock-market-conditions-in-2021. (accessed Jan. 03, 2022).




รูปที่ VII. กราฟแสดงราคาปิดจากการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงผ่านแบบจำลองทุกแบบ


[4 R. Neema, R. Rajkumar, D. A. Shaik, and J. Masih, "Forecasting of stock Market trends using neural network techniques," *Journal of Management Information and Decision Sciences*, vol.24, no. 3, 2021. [Online]. Available: https://www.abacademies.org/articles/forecasting-of-stock-market-trends-using-neural-network- techniques.pdf

[5] Q. Zhou, C. Zhoul, and X. Wang, "Stock prediction based on bidirectional gated recurrent unit with convolutional neural network and feature selection," *PLOS ONE* [Online], vol.17, no. 2, Feb. 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262501

[6] L. Marioni, "Exploiting deep learning techniques for stock price prediction," M.S. thesis, Dept. Math. Eng., College of Eng., Polytechnic Univ., Turin, Italy, 2021.

[7] H. Zheng, H. Wang, and J. Chen, "Evolutionary Framework with Bidirectional Long Short-Term Memory Network for Stock Price Prediction," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2021, Oct. 2021. [Online]. Available: https://www.bath.ac.uk/publications/library-guides-to-citing-referencing/attachments/ieee-style-guide.pdf

[8] M. Sahiner, D. G. McMillan, and D. S. Kambouroudis, "Do Artificial Neural Networks Provide Improved Volatility Forecasts: Evidence from Asian Markets," Dept. Account. Finance., Stirling Univ., United Kingdom, SSRN, 2021.

[9] S. Mehtab, J. Sen, and S. Dasgupta, "Analysis and Forecasting of Financial Time Series Using CNN and LSTM-Based Deep Learning Models," in *Conf. ICECA'20,* India, 2020, pp. 405-423.

[10] G. Gerholm and A. Lindberg, "Comparison of machine learning models for market predictions with different time horizons," M.S. thesis, Dept. Com. Sci., EECS School, Stockholm, Sweden, 2021.

[11] C Anand, "Comparison of Stock Price Prediction Models using Pre-trained Neural Networks," *Ubiquitous Computing and Communication Technologies (UCCT)*, vol.03, no.02, pp. 122-134, Jul 2021.

[12] M. Ali, D. M. Khan, M. Aamir, A. Ali, and Z. Ahmad, "Predicting the Direction Movement of Financial Time Series Using Artificial Neural Network and Support Vector Machine," *Complexity*, vol. 2021, Dec. 202. [Online]. Available: https://downloads.hindawi.com/journals/complexity/2021/2906463.pdf

[13] M. Agrawal, A. U. Khan, and P. K. Shukla, "Stock Price Prediction using Technical Indicators: A Predictive Model using Optimal Deep Learning," *Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 8, no. 2, Jul. 2019. [Online]. Available: https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i2/B3048078219.pdf

[14] P. Hongsai, "On the Study of Correlation between Futures Prices of SET50 Index in Thailand," M.S. thesis, Dept. Math., Kasetsart Univ., Thailand, 2020.

[15] C. Pruekpramool, N. Jaroentaku, and S. Srisuttiyakorn, "Efficiency of Pearson, Spearman and Kendall's Correlation Coefficients When Data is Non-normal Distributed," *OJED*, vol. 15, no. 2, Dec.2020. [Online]. Available: https://so01.tci-thaijo.org/index.php/OJED/article/view/245395/166218

[16] H. Lu and X. Peng, "Better Effectiveness of Multi-Integrated Neural Networks: Take Stock Big Data as an Example," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2021, Dec. 2021. [Online]. Available: https://downloads.hindawi.com/journals/wcmc/2021/3938409.pdf

[17] S. Pinyopan, "Support Vector Machine for Derivatives Prediction," M.S. thesis, Dept. Com. Eng., Chulalongkorn Univ., Thailand, 2013.

[18] P. Gao, R. Zhang, and X. Yang, "The Application of Stock Index Price Prediction with Neural Network," *Mathematical and Computational Applications*, vol. 25, no 3, Aug. 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/343758270_The_Application_of_Stock_Index_Price_Prediction_with_Neural_Network

[19] A. Fauzi, "Stock Price Prediction using Support Vector Machine in the Second Wave of Covid-19 Pandemic," *Insearch (Information System Research)*, vol. 1, no. 2, Aug. 2021. [Online]. Available: https://ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/insearch/article/download/3185/2030

[20] P. Jitchai and O. Sornil, "Stock Index Prediction Using Deep Learning Model," in *Conf. The 11th National and the 5th International PIM*, Thailand, 2021, pp. 616-652.

[21] S. Singh, "Stock Prediction Using Machine Learning," M.S. thesis, Dept. Com. Sci., CSUSM, California, United States, 2021.

# การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันประมาณค่าความขุ่นของน้ำ โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

# Web Application Development for Water Turbidity Estimation using Image Processing Technology

สิรินยา องคำแหง
Sirinya Ongkhamhaeng
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
sry.ongkh@gmail.com

ฉัตรชวิน เจตะภัย
Chatchwin Jatapai
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
chatchwinj@gmail.com

ภูมินทร์ พานทอง
Pumin Panthong
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
puminpanthong@gmail.com

เอกรินทร์ วรุตบางกูร
Ekarin Varutbangkul
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
ekarin_var@utcc.ac.th

ปิยะวรรณ คอนาแฮน
Piyawan Conahan
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย
piyawan.kas@gmail.com

***บทคัดย่อ***

น้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมถึงงานด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ความขุ่นของน้ำถือเป็นลักษณะทางกายภาพรูปแบบหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีตรวจสอบคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยต่อทัศนคติในการเลือกอุปโภคบริโภคและผลกระทบต่อระบบกรองน้ำ ปัจจุบันการตรวจสอบความขุ่นของน้ำทำได้โดยใช้เครื่องวัดความขุ่น หรือการเก็บตัวอย่างน้ำไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลานานและค่าใช้จ่ายสูง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ [1] ในการประมาณค่าความขุ่นของน้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการประเมินความขุ่นของน้ำจากภาพ 3 เทคนิค คือ โครงข่ายประสาทเทียม, เพื่อนบ้านใกล้สุด และการวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล การเก็บข้อมูลภาพจากตัวอย่างน้ำสร้างจากสารแขวนลอย เช่น ครีมอาบน้ำ ดิน และปุ๋ย ในปริมาณที่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียลให้ผลลัพธ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด และนำมาใช้เป็นโมเดลประมาณค่าความขุ่นน้ำภายใต้เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น

***คำสำคัญ: ความขุ่นของน้ำ, เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ, การเรียนรู้ของเครื่อง, เว็บแอปพลิเคชัน***

***ABSTRACT***

Water is essential to human life and is also important in agriculture and industry. One way to measure water quality and ecosystem health is to examine water turbidity. At present, it is measured using an instrument called a turbidimeter or turbidity sensor, or through an expensive and time-consuming lab test. However, image processing for water turbidity estimation is an emerging technology that may prove to be both faster and cheaper than the alternatives. The objective of this research is to compare the efficacy of the following three machine learning techniques in estimating water turbidity using images: (1) Artificial Neural Network, (2) k-Nearest Neighbors and (3) Polynomial Regression Analysis. Water sample data was collected by creating a suspension using varying amounts of shower cream, soil and fertilizer. The experiment showed that the polynomial regression analysis yielded the least mean squared error and was used as a water turbidity estimation model under the developed web application.

***Keywords:*** Water Turbidity, Image Processing, Machine Learning, Web Application

## I. บทนำ

น้ำเป็นสารประกอบที่พบมากถึง 3 ใน 4 ส่วนของพื้นโลกที่มีความสำคัญมากทั้งด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การอุปโภคและบริโภคของมนุษย์ ลักษณะทางกายภาพของน้ำเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่ใช้วัดคุณภาพของน้ำที่สำคัญ คุณภาพของน้ำทางกายภาพ ได้แก่สิ่งเจือปนที่มีลักษณะที่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น กลิ่น สี รส และความขุ่น งานวิจัยนี้มีความสนใจในการศึกษาเรื่องความขุ่นของน้ำ (Turbidity) เนื่องจากความขุ่นมีความสำคัญต่อทัศนคติในการเลือกอุปโภค บริโภคของผู้ใช้น้ำ มีผลกระทบต่อระบบการกรองน้ำ อุปกรณ์ชำรุดเร็วและประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนลดลง รวมถึงมีผลกระทบที่สำคัญในงานด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่ายและสัตว์น้ำ

ความขุ่นของน้ำเกิดจากอินทรีย์และอนินทรีย์สารในน้ำ สารแขวนลอย เช่น ดิน โคลน ทรายละเอียด สาหร่ายเซลล์เดียว โดยสิ่งเหล่านี้สามารถทำให้แสงเกิดการหักเหและอาจดูดซับปริมาณแสงที่ส่องผ่านเอาไว้ได้ หน่วยมาตรฐานที่ใช้ในการวัดค่าความขุ่นของน้ำคือ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย ปี พศ. 2553 [2] กำหนดให้ค่าความขุ่นมาตรฐานไม่เกิน 5 NTU หากเกินจากนี้น้ำจะมีลักษณะขุ่นที่เห็นได้ชัดเจนขึ้น ช่วงความขุ่นของลำธาร แม่น้ำ ทะเล ค่าจะอยู่ในช่วง 0 – 400 NTU น้ำเสียอาจจะมีค่าสูงถึง 1000 NTU ดังนั้นการตรวจจับความขุ่นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมทั้งต่อสัตว์น้ำ สิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศและน้ำดื่มที่สะอาดปลอดภัย

การตรวจวัดความขุ่นมีได้หลายวิธี เช่นการใช้เครื่องวัดความขุ่น-ใสในน้ำ หรือการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ ข้อดีของการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการคือมีความแม่นยำที่สูง แต่ข้อเสียคือราคาแพง ต้องตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น และใช้เวลานาน ซึ่งอาจจะไม่สะดวกสำหรับผู้ใช้ทั่วไปที่ต้องการตรวจวัดความขุ่น หรืออาจจะเป็นไปไม่ได้กับพื้นที่ตัวอย่างน้ำที่มีขนาดใหญ่ ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน และการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) [2] เข้ามาประยุกต์ในงานด้านต่างๆ เช่นการจดจำใบหน้า การระบุชนิดของต้นไม้ และการตรวจหาคลอโรฟิลล์และสารตกตะกอนในน้ำ จึงทำให้คณะผู้วิจัยเกิดแรงบันดาลใจในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพในการประมาณค่าความขุ่นของน้ำ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการตรวจวัดความขุ่นผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ (1) การสร้างโมเดลการประมาณค่าความขุ่นของน้ำจากเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ และ(2) การพัฒนาเว็บไซต์ประมาณค่าความขุ่นของน้ำจากโมเดลที่พัฒนาขึ้น

## II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

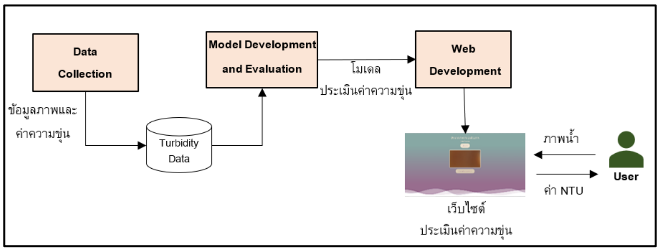
Cheng En และคณะ [3] ได้พัฒนาระบบตรวจจับและประเมินน้ำขุ่นอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ ด้วยเหตุผลหลายประการในประเทศจีนที่ตัดสินใจลงทุนเงินกับสิ่งประดิษฐ์ด้านการประปาเป็นจำนวนมาก เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องระบบนิเวศทางน้ำ และการอุปโภคบริโภคของประชาชน ด้วยเหตุนี้จึงใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล และเทคโนโลยีการจดจำรูปแบบบันทึกลักษณะของสารส้มในน้ำประปาจากภาพ โดยเปรียบเทียบผลกระทบของอัลกอริทึมหลายๆแบบ แล้วนำไปใช้กับ EmguCV ซึ่งเป็นไลบรารี่ที่ใช้ช่วยในการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับ computer vision แบบ real-time แล้วเลือกคุณสมบัติและจัดประเภทด้วย LibSVM ผลการวิจัยพบว่าระบบที่ออกแบบมีความสมเหตุสมผล และเป็นไปได้

V. Karnawat และคณะ [4] ได้พัฒนาเทคนิคการตรวจสอบความขุ่นของตัวอย่างน้ำโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ การตรวจสอบความขุ่นโดยทั่วไปใช้ระยะเวลานาน มีข้อผิดพลาดเล็กๆน้อยๆ และทำซ้ำได้ลำบาก งานวิจัยนี้ได้แนะนำเทคนิคอันประกอบไปด้วยการเก็บภาพตัวอย่างน้ำด้วยกล้องความละเอียดสูง เตรียมภาพให้มีความขุ่นที่ต่างกันแล้วทำการแปลงภาพเป็นไบนารี่เพื่อเกณฑ์เป็นค่า 0 แทนน้ำส่วนที่ใส และ 1 แทนน้ำส่วนที่มีความขุ่น และฐานข้อมูลที่มีข้อมูลของตัวอย่างน้ำที่มีค่าความขุ่นจากห้องปฏิบัติการสามารถตรวจสอบได้ทุกที่ทุกเวลา ผลลัพธ์ของการประมวลผลภาพคือ เมื่อเปรียบเทียบค่า NTU จากเทคนิคการประมวลผลภาพ กับฐานข้อมูลทั้งหมด 3 ภาพ ผลปรากฏว่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าในฐานข้อมูล ถือว่าแม่นยำภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว

YEQI LIU และคณะ [5] ได้สรุปวิธีการตรวจสอบความขุ่นน้ำโดยใช้ภาพจากนักวิจัยหลายๆ กลุ่ม การศึกษาตัวอย่างน้ำแบ่งออกเป็น 4 ประเภทจากแหล่งที่มาที่ต่างกัน ได้แก่ ภาพตัวอย่างน้ำทั่วไป (Sample image) ภาพใต้น้ำ (Under water image) ภาพบนผิวน้ำ(Water surface image) และภาพที่ใช้แสงที่มองไม่เห็น (Invisible light image) นักวิจัยมีการใช้ปัจจัยหลากหลายเช่น คุณภาพของรูป การสกัดตัวแปรของรูป การเลือกแบบจำลอง และอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบและกำหนดขอบเขตเพื่อค้นหาการสกัดตัวแปร และวิธีการตรวจสอบความขุ่น ผลการวิจัยพบว่า ค่า NTU อยู่ในช่วง 1 – 500 NTU และแบบจำลองความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียล (Polynomial relation) มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด คือ 2.8%

## III. วิธีดำเนินงานวิจัย

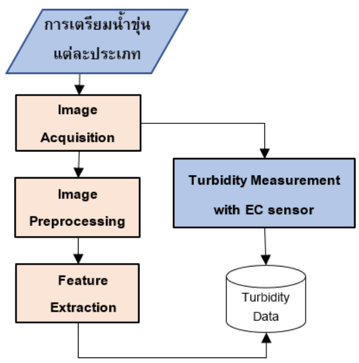
งานวิจัยนี้มีขั้นตอนดำเนินงานวิจัยทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection), (2) การพัฒนาและการประเมินโมเดล (Model Development and Evaluation) และ (3) การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Development) แสดงดังรูปที่ I. รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนจะอธิบายในหัวข้อต่อไป




รูปที่ I. ภาพรวมของวิธีการดำเนินงานวิจัย

### *III.I การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)*

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ คือ การสร้างข้อมูลตัวอย่างน้ำขุ่นและน้ำใสพร้อมทั้งค่าความขุ่นในหน่วย NTU เพื่อใช้ในการพัฒนาโมเดลประเมินความขุ่นน้ำด้วยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงดังรูปที่ II.




รูปที่ II. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

- การเตรียมน้ำขุ่น คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการสร้างตัวอย่างน้ำที่มีความขุ่นต่างกัน 4 ประเภท คือ (1) น้ำใส, (2) น้ำผสมครีมอาบน้ำ, (3) น้ำผสมดิน และ (4) น้ำผสมปุ๋ย ซึ่งแต่ละประเภทมีการใช้ปริมาตรของส่วนผสมที่แตกต่างกันต่อน้ำปริมาตร 7 ลิตร เพื่อให้ได้ความขุ่นของน้ำที่แตกต่างกัน 16 แบบ ดังแสดงในตารางที่ I

ตารางที่ I. แสดงสัดส่วนของการสร้างตัวอย่างน้ำทั้ง 16 แบบ

| แบบที่ | ประเภทน้ำ | ปริมาตรของส่วนผสมต่อน้ำ 7 ลิตร |
|---|---|---|
| 1 | น้ำเปล่า | - |
| 2 | น้ำเปล่าผสมครีมอาบน้ำ | 4 มิลลิลิตร |
| 3 | | 8 มิลลิลิตร |
| 4 | | 12 มิลลิลิตร |
| 5 | | 16 มิลลิลิตร |
| 6 | | 20 มิลลิลิตร |
| 7 | น้ำเปล่าผสมดิน | 20 กรัม |
| 8 | | 40 กรัม |
| 9 | | 60 กรัม |
| 10 | | 80 กรัม |
| 11 | | 100 กรัม |
| 12 | น้ำเปล่าผสมปุ๋ย | 15 กรัม |
| 13 | | 30 กรัม |
| 14 | | 45 กรัม |
| 15 | | 60 กรัม |
| 16 | | 75 กรัม |

- Image Acquisition เป็นการถ่ายภาพตัวอย่างน้ำที่สร้างขึ้นทั้ง 16 แบบ โดยใช้อุปกรณ์เป็นตู้เลี้ยงปลาขนาดกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตรและสูง 19 เซนติเมตร บรรจุน้ำได้ 7 ลิตร อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ คือ กล้องของ Smartphone รุ่น Samsung S10 โดยมีระยะห่างระหว่างตู้เลี้ยงปลากับกล้องระหว่าง 20-30 เซนติเมตร ใช้แสงธรรมชาติในการถ่ายภาพ และกำหนดขนาดภาพเท่ากับ 1920x1080 พิกเซล โดยเริ่มต้นจากการทดลองถ่ายภาพจากมุมมองด้านข้าง และมุมมองด้านบน (ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ III) จำนวนแบบละ 10 ภาพ เพื่อนำมาทำการประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นด้วยเทคนิคการเรียนรู้ทั้ง 3 เทคนิค และพบว่าภาพถ่ายจากมุมมองด้านบนให้ผลลัพธ์ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าที่น้อยกว่า (ดีกว่า) ภาพถ่ายจากมุมมองด้านข้าง ซึ่งเป็นจริงทั้ง 3 เทคนิค ดังแสดงในตารางที่ 2

มุมมองภาพถ่ายด้านข้าง มุมมองภาพถ่ายด้านบน

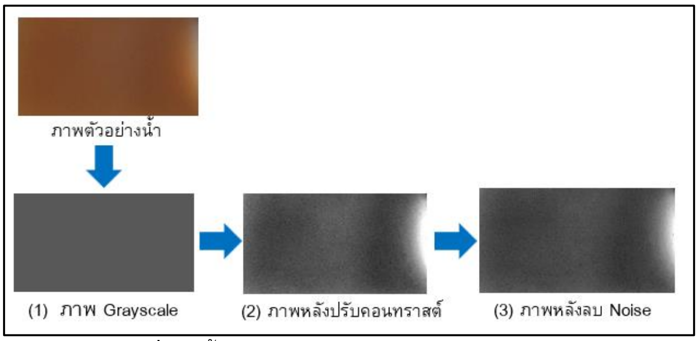
รูปที่ III. ตัวอย่างมุมมองการถ่ายภาพทั้ง 2 มุมมอง

ตารางที่ II. แสดงประสิทธิภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้ทั้ง 3 เทคนิคบนภาพถ่ายมุมมองด้านบนและมุมมองด้านข้าง

| แหล่งที่มาของภาพ | ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของชุดข้อมูล | | |
|---|---|---|---|
| | โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม | โมเดลเพื่อนบ้านใกล้เคียง (K=3) | โมเดลการวิเคราะห์การถดถอยโพลีโนเมียลพหุคูณ |
| ภาพด้านบน | 13.7827 | 9.4747 | 9.5376 |
| ภาพด้านข้าง | 17.2390 | 10.3327 | 10.8570 |

จากนั้นคณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลภาพด้วยมุมมองด้านบนจากตัวอย่างน้ำทั้ง 16 แบบ แบบละ 600 ภาพ ดังนั้นจำนวนรูปภาพที่นำมาใช้ในการสร้าง Turbidity Data มีทั้งหมด 9,600 ภาพ และนำไปใช้ในสกัดข้อมูลภาพ และเก็บข้อมูลความขุ่นของน้ำต่อไปด้วยเซ็นเซอร์

- Image Preprocessing เป็นขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนนำไปสกัดคุณลักษณะเฉพาะของภาพ การเตรียมภาพประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับ คือ (1) การเปลี่ยนภาพต้นฉบับให้เป็น Grayscale, (2) การปรับ Contrast ด้วยไลบรารี่ Pillow ของภาษา Python ในการปรับแต่งความเข้มของภาพ, (3) การลบ Noise ของภาพด้วยตัวกรองสัญญาณรบกวนแบบ Minimum Filter ของไลบรารี่ Pillow ตัวอย่างการทำ Image Preprocessing แสดงดังรูปที่ IV.




รูปที่ IV: ขั้นตอนการทำ Image Preprocessing

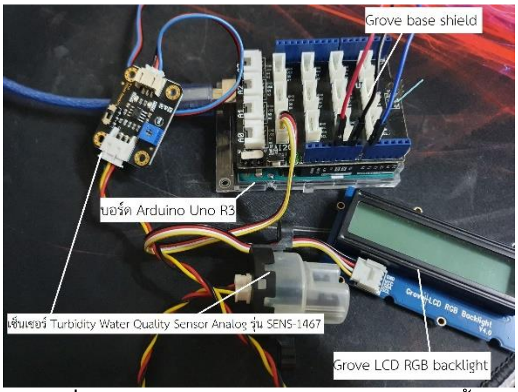
- Feature Extraction เป็นขั้นตอนสกัดคุณลักษณะของภาพให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปใช้งานกับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) คุณลักษณะที่สกัดจากภาพ ประกอบด้วย 12 ตัวแปร ที่มาจากคำแนะนำตัวแปรจากวิธีการของภาพตัวอย่างน้ำของงานวิจัย [5] และทำการเพิ่มเติมตัวแปรต่างๆดังนี้ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรต่าง ๆ (greyscale, red, green, blue, luminance) ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของ greyscale คำอธิบายของแต่ละตัวแปรแสดงดังตารางที่ III.

ตารางที่ III. แสดงตัวแปรจากการสกัดตัวแปรของภาพและคำอธิบาย

| ชื่อตัวแปร | คำอธิบาย |
|---|---|
| max_gry | ค่าสูงสุดของค่า grayscale |
| min_gry | ค่าต่ำสุดของค่า grayscale |
| mean_gry | ค่าเฉลี่ยของค่า grayscale |

| ชื่อตัวแปร | คำอธิบาย |
|---|---|
| std_gry | ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของค่า grayscale |
| mean_lu | ค่าเฉลี่ยของค่าแสง |
| std_lu | ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของค่าแสง |
| mean_r | ค่าเฉลี่ยของค่าสีแดง |
| std_r | ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของค่าสีแดง |
| mean_g | ค่าเฉลี่ยของค่าสีเขียว |
| std_g | ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของค่าสีเขียว |
| mean_b | ค่าเฉลี่ยของค่าสีน้ำเงิน |
| std_b | ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของค่าสีน้ำเงิน |

- Turbidity Measurement เป็นการวัดค่าความขุ่นของน้ำในหน่วย NTU สำหรับภาพตัวอย่างแต่ละภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ คือ Analog Turbidity Sensor Module เซ็นเซอร์วัดความขุ่นในน้ำ โดยวัดค่าแสงที่หักเหในน้ำ และให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่า Analog และ Digital รูปที่ V. แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความขุ่นน้ำ




รูปที่ V: อุปกรณ์วัดค่าความขุ่นของภาพตัวอย่างน้ำ

ผลลัพธ์ค่าความขุ่นที่ได้จะถูกเพิ่มเข้าไปใน Turbidity Data ในส่วนของ Output เพื่อใช้เป็นข้อมูลฝึกฝนสำหรับการพัฒนาโมเดลประเมินค่าความขุ่นของน้ำ ตารางที่ IV. แสดงรายละเอียดช่วงค่าความขุ่นของน้ำในหน่วย NTU ที่มีส่วนผสมเหมือนกัน วัดในเวลาที่แตกต่างกัน ค่าความขุ่นเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความขุ่น

ตารางที่ IV. แสดงรายละเอียดค่าความขุ่นของน้ำทั้ง 16 แบบ

| แบบที่ | ประเภทน้ำ | ช่วงค่าความขุ่น | ค่าความขุ่นเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|---|
| 1 | น้ำเปล่า | 0-1 | 0.03 | 0.17 |
| 2 | น้ำเปล่าผสมครีมอาบน้ำ 4 มิลลิลิตร | 3-4 | 3.22 | 0.41 |
| 3 | น้ำเปล่าผสมครีมอาบน้ำ 8 มิลลิลิตร | 8-10 | 8.76 | 0.63 |
| 4 | น้ำเปล่าผสมครีมอาบน้ำ 12 มิลลิลิตร | 14-16 | 14.53 | 0.68 |
| 5 | น้ำเปล่าผสมครีมอาบน้ำ16 มิลลิลิตร | 20-23 | 20.97 | 0.97 |
| 6 | น้ำเปล่าผสมครีมอาบน้ำ20 มิลลิลิตร | 24-25 | 24.48 | 0.73 |
| 7 | น้ำเปล่าผสมดิน 20 กรัม | 24-26 | 34.97 | 1.25 |
| 8 | น้ำเปล่าผสมดิน 40 กรัม | 54-59 | 56.36 | 1.35 |
| 9 | น้ำเปล่าผสมดิน60 กรัม | 67-70 | 67.87 | 0.80 |
| 10 | น้ำเปล่าผสมดิน 80 กรัม | 76-79 | 77.37 | 1.16 |
| 11 | น้ำเปล่าผสมดิน 100 กรัม | 85-87 | 85.79 | 0.84 |
| 12 | น้ำเปล่าผสมปุ๋ย 15 กรัม | 24-26 | 24.97 | 0.72 |
| 13 | น้ำเปล่าผสมปุ๋ย 30 กรัม | 45-47 | 45.89 | 0.79 |
| 14 | น้ำเปล่าผสมปุ๋ย 45 กรัม | 63-66 | 64.38 | 1.28 |
| 15 | น้ำเปล่าผสมปุ๋ย 60 กรัม | 69-72 | 70.22 | 1.22 |
| 16 | น้ำเปล่าผสมปุ๋ย 75 กรัม | 77-82 | 79.93 | 1.67 |

*III.II การพัฒนาและการประเมินโมเดล*

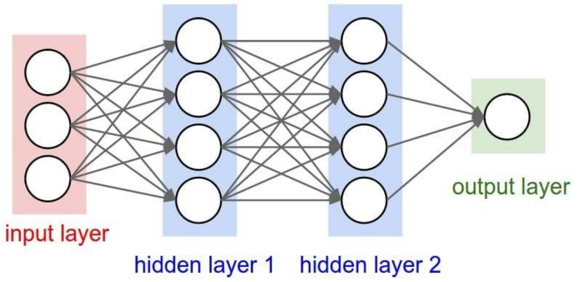
*(Model Development and Evaluation)*

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งข้อมูล Turbidity Data ที่ได้จากขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนแบบสุ่ม โดยส่วนที่ 1 ร้อยละ 67 ของข้อมูลทั้งหมดเป็นชุดข้อมูลฝึกฝนสำหรับการสร้างโมเดล และส่วนที่ 2 ร้อยละ 33 ของข้อมูลทั้งหมดเป็นชุดข้อมูลทดสอบสำหรับการทดสอบและประเมินสมรรถนะของโมเดล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ไลบรารี่ของ Scikit-Learn สำหรับการเรียนรู้ของเครื่องด้วยภาษา Python คณะผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิคในการเรียนรู้โมเดลสำหรับการประเมินความขุ่นของน้ำจำนวน 3 เทคนิค คือ การวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล (Polynomial Regression), โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และ เพื่อนบ้านใกล้สุด (k-Nearest Neighbors) เนื่องจาก 3 เทคนิคดังกล่าวเป็นเทคนิคที่นิยมใช้สำหรับการประมาณค่า โดยการวิเคราะห์การถดถอย และเพื่อนบ้านใกล้สุด เป็นเทคนิคที่เข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลไม่มากนัก ส่วนโครงข่ายประสาทเทียมแม้เป็นเทคนิคที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าแต่โมเดลที่ได้มักมีสมรรถนะที่ดีและนิยมประยุกต์ใช้ในงานหลากหลายด้าน

การเตรียมข้อมูล )Data Preprocessing( ก่อนการนำข้อมูลไปสร้างโมเดลผู้วิจัยมีการเตรียมข้อมูลโดยการทำ Normalization เพื่อแปลงข้อมูลให้ทุกตัวแปรมีค่าอยู่ในช่วงสเกลเดียวกันคือ 0 ถึง 1 ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเพื่อนบ้านใกล้สุด และเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล

- โครงข่ายประสาทเทียม (ใช้คลาส MLPRegressor ของไลบรารี่ neural_network)

โครงข่ายประสาทเทียม [6] เป็นเทคนิคที่เกิดจากการพยายามจำลองให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานคล้ายกับสมองของสิ่งมีชีวิตโดยการจำลองเป็นโครงข่ายของหน่วยประมวลผลจำนวนมากที่มีการเชื่อมโยงกันเหมือนกับโครงข่ายของเซลล์ประสาทในสมอง (neurons) โดยหน่วยประมวลผลเหล่านี้มีการเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่ายหลายระดับชั้น (multilayer network) ซึ่งแต่ละระดับชั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ ระดับชั้นนำเข้า (input layer) 1 ชั้น ระดับชั้นที่ถูกซ่อน (hidden layers) อย่างน้อยหนึ่งชั้นขึ้นไปหรืออาจมีได้หลายชั้น และระดับชั้นส่งออก (output layer) 1 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ VI.




รูปที่ VI. ตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งมีระดับชั้นที่ถูกซ่อน 2 ชั้น

การเชื่อมโยงในโครงข่ายประสาทเทียมทุกเส้นการเชื่อมโยงจะมีค่าน้ำหนักกำกับ ซึ่งใช้ในการคำนวณเพื่อส่งค่าไปยังระดับชั้นถัดไป ซึ่งโมเดลที่ได้ของโครงข่ายประสาทเทียมคือค่าน้ำหนักที่ถูกปรับให้เหมาะสมที่สุดทั้งโครงข่ายเพื่อการประมาณค่าผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดด้วยอัลกอริทึมการแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation algorithm) โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ hidden_layer_sizes = (512, 256, 128, 56, 32) hidden layer เป็น 5 ชั้น แต่ละชั้นมี nodes ดังนี้ ชั้นที่ 1 มี 512 nodes ชั้นที่ 2 มี 256 nodes ชั้นที่ 3 มี 128 nodes ชั้นที่ 4 มี 56 nodes และชั้นที่ 5 มี 32 nodes ใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) แบบ relu กำหนดจำนวนรอบการฝึกฝน 200 รอบ

- เพื่อนบ้านใกล้สุด (ใช้คลาส KNeighborsRegressor ของไลบรารี neighbors)

เพื่อนบ้านใกล้สุด [7] เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ง่ายที่สุดเทคนิคหนึ่ง ไม่มีการสร้างโมเดลขึ้นมาจากชุดข้อมูลฝึกฝนแต่ในการประมาณค่าข้อมูลแต่ละตัวอย่างจะต้องเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละตัวอย่างนั้นกับชุดข้อมูลฝึกฝนทั้งหมดโดยตรงเพื่อหาเพื่อนบ้านหรือตัวอย่างในชุดข้อมูลฝึกฝนที่ใกล้หรือคล้ายคลึงกับตัวอย่างที่ต้องการประมาณค่าที่สุดจำนวน k ตัวอย่าง แล้วประมาณค่าตัวแปรเป้าหมายของตัวอย่างที่ต้องการประมาณค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรเดียวกันของเพื่อนบ้าน k ตัวอย่างนั้น โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้ กำหนดค่า k หรือพารามิเตอร์ n_neighbors จากการทดลองด้วยค่า 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 ค่าที่เลือกไม่ควรเกินรากที่สองของจำนวนตัวอย่างในชุดข้อมูลฝึกฝนซึ่งเท่ากับ 97 แต่จากการทดลองพบว่าตั้งแต่ k เท่ากับ 11 ขึ้นไป ค่าความคลาดเคลื่อนยิ่งมีค่ามากขึ้นจึงไม่ได้นำมาเปรียบเทียบ จากการทดลองพบว่าค่า k ที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 และจากการทดสอบความคลาดเคลื่อนของชุดข้อมูลฝึกฝนและชุดข้อมูลทดสอบแตกต่างกันไม่มากนักซึ่งแสดงว่าไม่เกิดปัญหาการเข้ารูปมากเกินไป (overfitting) นอกจากนี้มีการกำหนดพารามิเตอร์ p ซึ่งเป็นเลขยกกำลังของตัววัดระยะห่างของ Minkowski เป็น 2 ซึ่งเรียกชื่อระยะห่างเมื่อเลขยกกำลังเป็น 2 นี้ว่าระยะห่างยุคลิด (Euclidean Distance)

- การวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล (ใช้คลาส PolynomialFeatures ของไลบรารี preprocessing ในการหาพจน์ทั้งหมดตามค่าดีกรีที่กำหนด แล้วหาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของแต่ละพจน์เพื่อสร้างสมการถดถอยด้วยคลาส PolynomialLinearRegression ของไลบรารี linear_model)

การวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล [8] เป็นเทคนิคการประมาณค่าทางสถิติที่นิยมใช้เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามไม่เป็นเส้นตรง โมเดลที่ได้ในการเรียนรู้จากข้อมูลฝึกฝนคือ สมการโพลิโนเมียลสำหรับการประมาณค่าตัวแปรตาม โดยในการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของคลาส PolynomialFeatures ในไลบรารี preprocessing และคลาส PolynomialLinearRegression ในไลบรารี linear_model ใช้ค่าเริ่มต้น )default) ทั้งหมดยกเว้นค่าดีกรีของโพลิโนเมียล โดยมีการทดสอบดีกรีของโพลิโนเมียลเป็น 1, 2, และ 3 พบว่าเมื่อดีกรีของโพลิโนเมียลเท่ากับ 3 จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าต่ำที่สุด ตัวอย่างของสมการถดถอยแบบโพลิโนเมียลเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระ 2 ตัว และมีดีกรีของโพลิโนเมียลเท่ากับ 2 เป็นดังแสดงในสมการที่ 1

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 + \beta_4 X_1^2 + \beta_5 X_2^2 \quad (1)$$

โดย $\hat{y}$ คือตัวแปรตาม, $\beta_i$ คือสัมประสิทธิ์ถดถอย และ $X_i$คือตัวแปรอิสระจากสมการที่ 1 จะเห็นว่าแต่ละพจน์จะเป็นชุดค่าผสม (combinations) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตัวแปรอิสระ 2 ตัวเมื่อมีค่าผลรวมของเลขยกกำลังไม่เกินดีกรีของโพลิโนเมียล แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีตัวแปรอิสระ 12 ตัว เมื่อกำหนดดีกรีของโพลิโนเมียลเป็น 3 จะมีจำนวนพจน์ในสมการเป็นจำนวนมากและไม่เหมาะในการแสดงทั้งสมการในบทความนี้ จึงขอยกเว้นการแสดงสมการดังกล่าว

การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลใช้ตัววัดความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าคือค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) โดยมีสูตรการคำนวณตามสมการที่ 2 โมเดลที่มีสมรรถนะในการประมาณค่าสูงจะมีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ต่ำ และโมเดลที่มีค่า RMSE ต่ำที่สุดจะถูกเลือกเพื่อใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการนำไปใช้งานจริงในหัวข้อต่อไป

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Error)^2} \quad (2($$

*III.III การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Development)*

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการประเมินค่าความขุ่นของน้ำจากภาพ โดยใช้โมเดลประเมินความขุ่นที่สร้างขึ้นมา เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ คือ การใช้ Flask เป็นเว็บเฟรมเวิร์ค และใช้ภาษา HTML, CSS, และJavaScript ในการพัฒนา ผู้ใช้สามารถ Upload รูปภาพตัวอย่างน้ำ จากนั้นระบบจะประมวลผลภาพและแสดงผลลัพธ์ค่าความขุ่นน้ำในหน่วย NTU กลับไปให้ผู้ใช้ ตัวอย่างการประมาณค่าความขุ่นด้วยภาพแสดงดังรูปที่ VII. (ตัวอย่างน้ำที่มีความขุ่นน้อย) และรูปที่ VIII. (ตัวอย่างน้ำที่มีความขุ่นเยอะ)


รูปที่ VII. ตัวอย่างการประมาณค่าความขุ่นของน้ำที่มีความขุ่นน้อย


รูปที่ VIII. ตัวอย่างการประมาณค่าความขุ่นของน้ำที่มีความขุ่นเยอะ

## IV. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโมเดลประเมินค่าความขุ่นของน้ำจากการประมวลผลภาพ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบงานวิจัยให้มีการฝึกฝนโมเดลโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ทั้งหมด 3 เทคนิคด้วยพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันบนข้อมูลชุดเดียวกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องทั้ง 3 เทคนิค เพื่อเลือกโมเดลที่ให้ค่า RMSE จากการทดสอบโมเดลด้วยชุดข้อมูลทดสอบต่ำที่สุด

จากข้อมูลตัวอย่างภาพน้ำ 9,600 ภาพที่ประกอบด้วยน้ำใส และน้ำขุ่นที่มีค่าความขุ่นแตกต่างกัน โดยในชุดข้อมูลมีค่า NTU เฉลี่ย คือ 42.4818 ค่า NTU สูงสุด คือ 82 และค่า NTU ต่ำสุด คือ 0 ภาพตัวอย่างน้ำทั้งหมดผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพและสกัดข้อมูลให้พร้อมสำหรับการฝึกฝนและทดสอบโมเดลทั้ง 3 เทคนิค โดยการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มออกเป็นชุดข้อมูลฝึกฝนร้อยละ 67 และชุดข้อมูลทดสอบร้อยละ 33 เพื่อทำการทดสอบเทคนิควิธีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่สุด ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ IV.

ตารางที่ IV. แสดงผลการวัดสมรรถนะของโมเดลต่าง ๆ ด้วยการวัดค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

| โมเดล | | ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของชุดข้อมูลฝึกฝน | ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของชุดข้อมูลทดสอบ |
|---|---|---|---|
| โครงข่ายประสาทเทียม | | 5.0851 | 5.2482 |
| เพื่อนบ้านใกล้เคียง | ค่า k | | |
| | 1 | 0.0 | 6.3646 |
| | 3 | 3.8220 | 6.0030 |
| | 5 | 4.5950 | 6.0397 |
| | 7 | 4.9895 | 6.1075 |
| | 9 | 5.3151 | 6.2840 |
| | 11 | 5.5465 | 6.3911 |
| การวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล | | 3.3058 | 3.5534 |

จากตารางที่ IV. พบว่าโมเดลการประมาณความขุ่นของน้ำที่มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของชุดข้อมูลทดสอบต่ำที่สุดคือการวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียลด้วยค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด โดยมีค่า RMSE = 3.5534 และนำโมเดลนี้ไปใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งผลจากการทดสอบด้วยภาพใหม่ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการฝึกฝนโมเดลพบว่าสามารถประมาณค่าความขุ่นของน้ำได้ใกล้เคียงความเป็นจริง

## V. สรุปและข้อเสนอแนะ

ความขุ่นของน้ำถือเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการวัดคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้เสนอทางเลือกในการวัดความขุ่นของน้ำด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพผ่านการใช้งานบนเว็บไซต์ ขั้นตอนดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างน้ำที่มีความขุ่นแบบต่างๆ ทั้งหมด 16 แบบ จำนวน 9600 ภาพตัวอย่างพร้อมข้อมูลความขุ่นในหน่วย NTU จากเซ็นเซอร์วัดความขุ่นเพื่อใช้เป็นข้อมูลผู้ฝึกสอนโมเดล การพัฒนาโมเดลฯ ใช้เทคนิคการเรียนรู้ 3 เทคนิค คือ โครงข่ายประสาทเทียม, เพื่อนบ้านใกล้สุด, และการวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียล จากการทดลองพบว่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบโพลิโนเมียลให้ผลลัพธ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด และนำมาใช้เป็นโมเดลประมาณค่าความขุ่นน้ำภายใต้เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของภาพน้ำที่นำมาใช้ในการทดสอบโมเดล ฯ เป็นภาพน้ำอย่างเดียวที่ไม่มีองค์ประกอบอื่นๆ ในภาพ โดยเป็นภาพถ่ายจากมุมมองด้านบนและใช้แสงธรรมชาติ งานวิจัยในอนาคตควรจะศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับ Texture ของสารละลายที่ปนอยู่ในน้ำชนิดต่างๆ รวมถึงการเพิ่มตัวอย่างน้ำขุ่นที่มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ผลการประเมินค่าความขุ่นของน้ำมีความถูกต้องแม่นยำสูงขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

[1] Admin, “หลักการพื้นฐานในการประมวลผลภาพดิจิตอล (Fundamental Steps in Digital Image Processing).”, 2561. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.imageprocessinglab.org/image-theory/หลักการพื้นฐานในการประ/. [เข้าถึงเมื่อ: 28 กันยายน 2564].

[2] ศูนย์ห้องปฏิบัติการ กรมอนามัย., “คุณภาพน้ำทางกายภาพและผลกระทบต่อสุขภาพ,” 2553. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://rldcold.anamai.moph.go.th/images/FileDownloads/Chemical_New.pdf. [เข้าถึงเมื่อ: 1 มกราคม 2565].

[3] Cheng En., “Automatic Detection and Assessment System of Water Turbidity based on Image Processing.”, TELKOMNIKA, pp.1506 – 1513, Mar. 2013.

[4] Vaibhav Karnawat and Dr.S.L. Patil, “Turbidity detection using Image Processing,” in 2016 International Conference on Computing, *IEEE Communication and Automation (ICCCA)*, pp. 1-4, Apr. 2016.

[5] YEQI LIU, YINGYI CHEN and XIAOMIN FANG, “A Review of Turbidity Detection Based on Computer Vision,” *IEEE Access*, pp. 3-17, Sep – Oct, 2018.

[6] John J. Hopfield, “Artificial neural networks.” *IEEE Circuits and Devices Magazine.*, vol 4 (5), pp. 3-10, Sep. 1988.

[7] Cover, Thomas M. “Estimation by the Nearest Neighbor Rule.” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol 14, pp. 50–55. Jan. 1968.

[8] Ralph A Bradley and Sushil S Srivastava, “Correlation in polynomial regression.”, The American Statistician, vol 33, no 1, pp. 11-14, Feb. 1979.

# ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

ญาณิศา อยู่ทองคำ[1*] ธันยมัย เจียรกุล[2]

[1*] *คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*
[2] *คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : yo.yarnisar_st@tni.ac.th

**_บทคัดย่อ_**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนประสมทางการตลาดบริการที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยศึกษาจากลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ตัวอย่าง และคัดเลือกเฉพาะผู้ที่เคยใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า ส่วนประสมทางการตลาดบริการด้านสภาพแวดล้อมของร้าน และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้บริการการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 เนื่องจากในปัจจุบันเว็ปไซต์ แอพพลิเคชั่นในการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่มีมากขึ้น ผู้บริโภคยังคงเลือกใช้บริการการเว็ปไซต์ แอพพลิเคชั่นที่มีความน่าเชื่อถือ และทันสมัย เมื่อผู้บริโภคใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่แล้ว ผู้บริโภคมักจะคาดหวังว่าจะได้รับอาหารที่อยู่ในสภาพดี หน้าตาอาหารยังคงน่ารับประทาน ส่วนช่องทางการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ที่มีหลากหลายช่องทาง แต่ละช่องสามารถสั่งซื้อได้สะดวก สั่งซื้อได้ทั้งออฟไลน์ และออนไลน์ มีธุรกิจร้านอาหารที่ให้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ในพื้นที่ที่คลอบคลุมมากขึ้น จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่

**_คำสำคัญ_** : ส่วนประสมการตลาดบริการ, กระบวนการตัดสินใจ. การสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่

# Service marketing mix factors affecting purchasing decision process of food delivery in Bangkok and metropolitan area

Yarnisar Yoothongkam[1*] Tanyamai Chiarakul[2]

[1*] *Business Administration Thai-Nichi Institute of Technology*

[2] *Business Administration Thai-Nichi Institute of Technology*

*Corresponding Author. E-mail address: yo.yarnisar_st@tni.ac.th

## *Abstract*

The purpose of this research was to study the service marketing mix factors affecting the purchasing decision process of food delivery. Using quantitative research, 400 consumer samples were collected. Multiple regression statistics were used. The hypothesis results showed that the service marketing mix in terms of place and physical evidence significantly influenced the food delivery purchasing decision process at 0.05. Consumers were still choosing to use web services, which were reliable and up-to-date application when consumers used food delivery services. Consumers tended to expect food to be in good condition. The appearance of the food was still appetizing. There were many channels for ordering food delivery. All channels could be ordered at your convenience. Consumers could order both offline and online. There were many restaurants offering food delivery services in a more comprehensive area. Therefore, they were important factors in the decision to use food delivery services.

***Keywords***: Service marketing mix, Purchasing decision process, Food delivery

1) บทนำ

ปัจจุบันร้านอาหารมีอัตราเติบโตอย่างต่อเนื่อง มูลค่าร้านอาหารในปี 2564 ยังคงมีความท้าทาย แม้จะได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบายของเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) ซึ่งมีมูลค่ารวม 4.10 – 4.15 แสนล้านบาท ขยายตัว 1.4 – 2.6% ส่วนใหญ่ร้านอาหารที่เปิดใหม่อยู่ในจังหวัดกรุงเทพ และจังหวัดในเขตปริมณฑล นนทบุรี สมุทรปราการ ปทุมธานี ตามลำดับ (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2564)

ศูนย์วิจัยกสิกรไทยคาดว่า จากการลงทุนในธุรกิจร้านอาหารอย่างต่อเนื่องของผู้ประกอบการ รวมถึงตลาดนักท่องเที่ยวต่างชาติที่มีการขยายตัวอยู่บ้าง จึงทำให้ธุรกิจร้านอาหารยังคงสามารถเติบโตได้ ทำให้คาดว่ามีมูลค่ารวมอยู่ที่ 4.37-4.41 แสนล้านบาท ซึ่งสูงที่สุดในรอบ 5 ปี ในนช่วง 4-5 ปีที่ผ่านมา การขยายตัวของธุรกิจร้านอาหาร มาจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ยอมใช้จ่ายเพื่อคุณภาพอาหารและความสะดวกสบายที่มากขึ้น และการลงทุนขยายสาขาของผู้ประกอบการ โดยส่วนใหญ่มักเป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ อีกทั้งความน่าสนใจของตลาดยังดึงดูดผู้เล่นรายใหม่ จากทั้งนอกและในธุรกิจร้านอาหารให้เข้ามาลงทุนอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มเป้าหมายราคาระดับกลาง ซึ่งเป็นตลาดหลักของผู้ประกอบการร้านอาหารขนาดกลาง – เล็ก รวมทั้งร้านอาหารข้างทาง (Street Food) ในขณะเดียวกันการแข่งขันที่รุนแรงก็ทำให้เกิดการหมุนเวียนเปิด – ปิดกิจการของผู้เล่นรายใหม่และเก่าเป็นจำนวนไม่น้อยเช่นกัน (Chayanis Ngamrabiab, 2 กุมภาพันธ์ 2563)


ภาพที่ 1 มูลค่าธุรกิจร้านอาหารในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2559–2563

*ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2564*

ในสถานการณ์ปัจจุบันการใช้ชีวิตของประชากรเปลี่ยนไปอย่างมาก เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น และเกิดจากสถานการณ์โรคระบาดไวรัสโคโรนา (Covid-19) ส่งผลให้พฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนไป ลูกค้าใช้บริการเดลิเวอรีมากกว่าการออกไปนั่งกินที่ร้าน ต้องการความสะดวกรวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องใช้ระยะเวลาเดินทาง หลีกเลี่ยงปัญหารถติด ไม่เสียเวลาต่อคิวรออาหาร ลดความเสี่ยงในการพบปะผู้คนเป็นจำนวนมาก และลดความเสี่ยงติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) ส่งผลให้ร้านอาหารเดลิเวอรี่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก รวมถึงมีการปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินธุรกิจให้สอดคล้องกับพฤติกรรม และความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันร้านอาหารมีบริการจัดส่งอาหารให้แก่ผู้บริโภค เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

ทิศทางตลาดการสั่งอาหารไปส่งยังที่พัก (Food Delivery) ปี 2565 คาดว่าจะปรับขึ้น จากการที่ผู้ใช้บริการแอพพลิเคชั่นจัดส่งอาหารมีการจัดโปรโมชั่นกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมขยายฐานร้านค้า และกลุ่มลูกค้าใหม่มากขึ้น ส่งผลให้ดัชนีจำนวนครั้งในการสั่งอาหารของผู้บริโภคในปี 2565 เพิ่มขึ้นร้อนละ 2.9 (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2565)

ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาถึงปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการสั่งอาหารแบบ Delivery เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการธุรกิจอาหาร Food Delivery เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการบริการ เพื่อให้บริการได้อย่างครบวงจร และเพื่อตอบสนองพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

3) วิธีดำเนินการวิจัย

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ขอบเขตประชากรที่ใช้ศึกษา คือ กลุ่มประชากรอาศัยอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เนื่องจากผู้วิจัยไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่ชัด ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการแบบกรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชากร ภายใต้

สมมติฐานข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ซึ่งกำหนดระดับความแปรปรวนสูงสุด คือ p = 50% หรือ 0.5 และ q = 50% หรือ 0.5 ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และยอมรับความคลาดเคลื่อนที่ 5% พบว่า กรณีที่ไม่ทราบความแน่นอนของประชากร จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม สามารถนำมาอ้างอิงเป็นจำนวนของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด เท่ากับ 385 ตัวอย่าง เพื่อเป็นการเผื่อความผิดพลาดจากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเก็บแบบสอบถามจำนวน 400 ตัวอย่าง โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น ขอบเขตประชากรที่กำหนดไว้ คือ ประชากรเพศชาย เพศหญิง อายุ 20 – 50 ปีขึ้นไป อาศัยอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เคยใช้และไม่เคยบริการสั่งซื้ออาหารแบบ Delivery โดยแบ่งเก็บแบบสอบถามอิงตามสัดส่วนจำนวนประชากรของจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ดังนี้

| จังหวัด | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|
| กรุงเทพมหานคร | 201 | 50% |
| ปทุมธานี | 50 | 13% |
| สมุทรปราการ | 49 | 12% |
| นนทบุรี | 46 | 12% |
| นครปฐม | 34 | 8% |
| สมุทรสาคร | 20 | 5% |
| **รวม** | **400** | **100%** |

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการเก็บแบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม ดังนี้

1. การตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยการนำเสนอแบบสอบถามต่อผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความชัดเจน ความถูกต้อง และความเหมาะสมของคำถามแต่ละข้อแต่ละข้อตรงตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยหรือไม่ ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความสอดคล้อง (IC or IOC: Index of Item – Objective Congruence) เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นหลักของเนื้อหา (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) ข้อคำถามแต่ละข้อต้องมีค่า IOC เท่ากับหรือมากกว่า 0.60 จึงถือว่าข้อคำถามนั้นใช้ได้ หากข้อคำถามใดมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.06 ข้อคำถามนั้นจะต้องถูกปรับปรุงหรือเปลี่ยนคำถามใหม่จนกว่าจะใช้ได้ ซึ่งแบบสอบถามของงานวิจัยฉบับนี้ มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาเท่ากับ 1 และไม่มีคำถามข้อใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.60

2. การตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ได้ตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่าง ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัค (Cronbachs' Alpha Coefficiant) เมื่อคำนวณสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัค พบว่าแบบสอบถามมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัคเท่ากับ 0.959

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

การศึกษาการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลได้มาจากการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่เคยใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ โดยผู้วิจัยใช้การส่งแบบสอบถามออนไลน์ ผ่านทางแอพพลิเคชั่น Line และ Facebook ตั้งแต่วันที่ 15 - 23 ตุลาคม 2564

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณา (Descriptive Statistics) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะประชากรศาสตร์ โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) และการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการ โดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าเฉลี่ย (Mean)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ในการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้สถิติการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

## 4) ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็น เพศหญิงร้อยละ 57.9 โดยส่วนใหญ่มีอายุ 20 – 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 69.3 สถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 61.8 ระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ

68.8 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001 – 30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.2 อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 65.1 และพักอาศัยอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 53.6

ตารางที่ I ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) ของระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการของบริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่

| ปัจจัย | Mean | S.D. | การแปลค่า |
|---|---|---|---|
| **1. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product)** | | | |
| 1.1 รสชาติอาหารมีความอร่อย | 3.99 | 0.665 | เห็นด้วยมาก |
| 1.2 วัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารมีคุณภาพ สด สะอาด | 3.89 | 0.642 | เห็นด้วยมาก |
| 1.3 บรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมกับการจัดส่งแบบเดลิเวอรี่ | 3.88 | 0.726 | เห็นด้วยมาก |
| 1.4 ร้านอาหารเป็นที่รู้จัก มีชื่อเสียง | 3.88 | 0.715 | เห็นด้วยมาก |
| 1.5 บริการจัดส่งรวดเร็ว ตรงตามเวลาที่กำหนด | 3.94 | 0.684 | เห็นด้วยมาก |
| **2. ปัจจัยด้านราคา (Price)** | | | |
| 2.1 ราคาอาหารมีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับปริมาณอาหาร | 3.87 | 0.726 | เห็นด้วยมาก |
| 2.2 ราคาค่าบริการจัดส่งคุ้มค่าต่อการสั่งแต่ละครั้ง | 3.89 | 0.672 | เห็นด้วยมาก |
| 2.3 มีการแจ้งราคาอาหาร และค่าบริการอย่างชัดเจน | 3.97 | 0.708 | เห็นด้วยมาก |
| 2.4 ราคาค่าบริการจัดส่งมีความเหมาะสมกับระยะทาง | 3.91 | 0.662 | เห็นด้วยมาก |
| **3. ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย** | | | |
| 3.1 ช่องทางการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่มีหลากหลายช่องทาง | 3.89 | 0.672 | เห็นด้วยมาก |
| 3.2 สามารถสั่งซื้อได้ทั้งออฟไลน์และออนไลน์ | 3.84 | 0.746 | เห็นด้วยมาก |
| 3.3 สามารถสั่งซื้อได้สะดวก | 3.98 | 0.687 | เห็นด้วยมาก |
| 3.4 สามารถกำหนดระยะเวลาจัดส่งได้ | 3.80 | 0.723 | เห็นด้วยมาก |
| 3.5 สถานที่จัดส่งครอบคลุมทุกพื้นที่ | 3.85 | 0.719 | เห็นด้วยมาก |
| **4. ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด** | | | |
| 4.1 มีส่วนลดค่าจัดส่งทุกเดือน | 3.84 | 0.672 | เห็นด้วยมาก |
| 4.2 มีการประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่างๆ เช่น โทรศัพท์ โฆษณาต่างๆ | 3.85 | 0.651 | เห็นด้วยมาก |
| 4.3 มีการแนะนำร้านอาหารใหม่ๆ | 3.79 | 0.665 | เห็นด้วยมาก |
| 4.4 มีการแนะนำโปรโมชั่น | 3.92 | 0.688 | เห็นด้วยมาก |
| 4.5 โปรโมชั่นแบบเดลิเวอรี่มีความหลากหลาย | 3.90 | 0.677 | เห็นด้วยมาก |
| **5. ปัจจัยด้านบุคคล** | | | |
| 5.1 พนักงานจัดส่ง จัดส่งอาหารได้ตามเวลาที่กำหนด | 3.79 | 0.660 | เห็นด้วยมาก |
| 5.2 พนักงานจัดส่งให้บริการด้วยความสุภาพอ่อนโยน | 3.81 | 0.649 | เห็นด้วยมาก |
| 5.3 พนักงานจัดส่ง จัดส่งอาหารถูกต้อง | 3.87 | 0.701 | เห็นด้วยมาก |
| 5.4 พนักงานจัดส่งมีการเตรียมความพร้อม เช่น เตรียมเงินทอน โทรแจ้งลูกค้าก่อนออกจัดส่ง | 3.76 | 0.715 | เห็นด้วยมาก |
| 5.5 พนักงานจัดส่งสามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับการให้บริการได้ | 3.62 | 0.753 | เห็นด้วยมาก |
| **6. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ** | | | |
| 6.1 อาหารที่ลูกค้าได้รับอยู่ในสภาพดี | 3.76 | 0.734 | เห็นด้วยมาก |
| 6.2 มีการจัดหมวดหมู่อาหาร ทำให้สั่งซื้อได้ง่าย | 3.82 | 0.654 | เห็นด้วยมาก |
| 6.3 เว็ปไซต์ หรือแอพพลิเคชั่นมีความน่าเชื่อถือ ทันสมัย | 3.97 | 0.697 | เห็นด้วยมาก |
| 6.4มีใบเสร็จค่าอาหารแนบมาด้วยทุกครั้ง | 3.95 | 0.782 | เห็นด้วยมาก |
| **7. ปัจจัยด้านกระบวนการ** | | | |
| 7.1 ขั้นตอนการสั่งอาหารใช้งานง่าย | 3.86 | 0.672 | เห็นด้วยมาก |
| 7.2 มีการอธิบายขั้นตอนการสั่งอาหารอย่างชัดเจน | 3.82 | 0.660 | เห็นด้วยมาก |
| 7.3 มีระบบตรวจสอบการจัดส่งอาหารแบบ Real Time | 3.95 | 0.727 | เห็นด้วยมาก |
| 7.4 กรณีเกิดปัญหาการจัดส่งสามารถติดต่อผู้ให้บริการได้ตลอดเวลา | 3.44 | 1.015 | เห็นด้วยมาก |
| 7.5 มีระบบการชำระเงินที่ง่ายและสะดวก | 3.91 | 0.667 | เห็นด้วยมาก |

ในการทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ให้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics) โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุของตัวแปร (Multiple Regression) และจากการทดสอบ

สมมติฐานที่ 1

H0: ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการทีไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

H1: ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ตารางที่ II ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

| Model | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | Std.Error | Beta | | | Tolerance | VIF |
| ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด | 0.086 | 0.060 | 0.095 | 1.426 | 0.155 | 0.404 | 2.473 |
| ปัจจัยด้านบุคคล | 0.049 | 0.064 | 0.056 | 0.764 | 0.445 | 0.339 | 2.949 |
| ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ | 0.137 | 0.061 | 0.156 | 2.254 | 0.025* | 0.374 | 2.671 |
| ปัจจัยด้านกระบวนการ | 0.056 | 0.060 | 0.070 | 0.936 | 0.350 | 0.322 | 3.101 |
| R Square = 0.345, Adjusted R Square = 0.332 | | | | | | | |

หมายเหตุ : *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ II ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลคิดเป็น ร้อยละ 33.2 (Adjusted $R^2$ = 0.332) ส่วนที่เหลือคิดเป็นร้อยละ 66.8 มาจากอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ พิจารณาค่า Sig. สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑลอย่างมีนัยสำคัญซึ่งมีระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 นั้นมีทั้งหมด 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ ส่วนปัจจัยที่เหลือ 5 ปัจจัย มีค่าระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 ซึ่งแต่ละปัจจัยมีรายละเอียด ดังนี้

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ เป็นปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาการแบบเดลิเวอรี่ในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจากในปัจจุบันเว็ปไซต์ แอพพลิเคชั่นในการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่มีมากขึ้น ผู้บริโภคยังคงเลือกใช้บริการการเว็ปไซต์ แอพพลิเคชั่นที่มีความน่าเชื่อถือ และทันสมัย มีการจัดหมวดหมู่ของอาหาร ทำให้สั่งซื้อได้ง่าย เมื่อผู้บริโภคใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่แล้ว ผู้บริโภคมักจะคาดหวังว่าจะได้รับอาหารที่อยู่ในสภาพดี หน้าตาอาหารยังคงน่ารับประทาน ในทุกการใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ทางร้านอาหารจะแนบใบเสร็จค่าอาหารไปด้วย ซึ่งเป็นการสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภค ว่าอาหารกับราคา รวมถึงค่าบริการมีความเหมาะสมต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่

ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เป็นปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอทิธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาการแบบเดลิเวอรี่ในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สามารถอธิบายได้ว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญต่อปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เนื่องจากในปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนไปอย่างมาก ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการรับประทานอาหาร ซื้อกลับมาทานที่บ้านมากขึ้น ดังนั้น ช่องทางการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ที่มีหลากหลายช่องทาง แต่ละช่องสามารถสั่งซื้อได้สะดวก สั่งซื้อได้ทั้งออฟไลน์ และออนไลน์ มีธุรกิจร้านอาหารที่ให้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ในพื้นที่ที่คลอบคลุมมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคสามารถกำหนดระยะเวลาการรอได้ จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ และจากการวิเคราะห์ผลการวิจัย สามารถเขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

กระบวนการตัดสินใจซื้อ = 1.565 + 0.172 (ช่องทางการจัดจำหน่าย) + 0.137 (สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ)

## 5) สรุปและอภิปรายผล

กลุ่มตัวอย่างเป็น เพศหญิงร้อยละ 57.9 โดยส่วนใหญ่มีอายุ 20 – 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 69.3 สถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 61.8 ระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 68.8 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001 – 30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.2 อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 65.1 และพัก

อาศัยอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 53.6 และจากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑลอย่างมีนัยสำคัญนั้นมี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล พบว่า ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อกระบวนตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ในจังหวัดกรุงเทพ และปริมณฑล คือ ด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนรัตน์ ศรีสำอางค์ (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่องพฤติกรรมผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครต่อการใช้บริการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ผ่านเว็ปไซต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐศาสตร์ ปัญญานะ และวัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการอาหารตามสั่งแบบจัดส่ง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพุมผกา บุญธนาพีรัชต์ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ Food Delivery ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ Food Delivery ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล คือ ปัจจัยด้านความสะดวกรวดเร็วในการใช้บริการและสภาพสินค้า ปัจจัยด้านช่องทางในการชำระเงิน ปัจจัยด้านภาพลักษณ์และพาร์ทเนอร์ร้านอาหาร นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐศาสตร์ ปัญญานะ และวัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการอาหารตามสั่งแบบจัดส่ง พบว่า ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย สามารถชำระผ่านช่องทางออนไลน์ และการสั่งอาหารผ่านแอพพลิเคชั่นมากที่สุด ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด การจัดโปรโมชั่นและการจัดส่งฟรี

ส่วนปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการด้านอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ ในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้น พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการด้านอื่นๆ น้อยกว่าปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่ส่งผลเนื่องจากพฤติกรรมการใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ผู้บริโภคจึงคำนึงถึงเรื่องบรรจุภัณฑ์อาหารที่มีความเหมาะสมกับอาหาร และระยะเวลาจัดส่งได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดมากกว่า ก่อนที่จะตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่

## 6) ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ และปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ซึ่งระบุความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามระดับความสำคัญมากน้อยเพียงใด การวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการ คือ ด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ส่งผลต่อการตัดสินใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผลการวิจัยดังกล่าวสามารถนำมาเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการได้ ดังนี้

ในส่วนของปัจจัยด้านสิ่งแวดทางกายภาพ ผู้ประกอบการควรปรับบรรจุภัณฑ์อาหารให้เหมาะสมกับอาหาร เนื่องจากในระหว่างการจัดส่งอาหาร อาหารอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้อาหารหก เลอะเทอะ หรืออยู่ในสภาพที่ไม่น่ารับประทาน เมื่ออาหารอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ให้บริการที่ดี และรวดเร็ว จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยยกระดับอาหารเดลิเวอรี่ให้น่ารับประทานมากขึ้น และทำให้ผู้ประกอบการสามารถแข่งขันในตลาดเดลิเวอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในส่วนของปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ผู้ประกอบการ/ผู้ให้บริการจัดส่ง ควรให้ความสำคัญเรื่องระยะเวลาในการจัดเตรียมอาการ และระยะเวลาจัดส่ง หากผู้ประกอบการ/ผู้ให้บริการจัดส่งสามารถควบคุมเวลาไม่ให้เกินจากที่กำหนดได้ เมื่อเกิดปัญหาจากการจัดส่งผู้ประกอบการควรปรับปรุงช่องทางการติดต่อให้สามารถติดต่อผู้ประสานงานได้ง่ายมากขึ้น ติดตามการแก้ไขปัญหาได้ง่าย จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ และตัดสินใจกลับมาใช้บริการอีกครั้ง

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุน ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. ธันยมัย เจียรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบพระคุณที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และ

ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย และขอบคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ สละเวลาในการตอบแบบสอบถามงานวิจัยนี้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่ง งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นต่อธุรกิจร้านอาหาร และผู้ให้บริการจัดส่งแบบเดลิเวอรี่ ตลอดจนผู้ที่สนใจในงานวิจัยนี้ หากงานวิจัยฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

## REFERENCES

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. (พิมพ์ครั้ง ที่ 7). กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ธนรัตน์ ศรีสำอางค์ (2558). วิจัยเรื่องพฤติกรรมผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครต่อการใช้บริการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ผ่านเว็ปไซต์

พิมพุมผกา บุญธนาพีรัชต์ (2560). วิจัยเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ Food Delivery ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ณัฐศาสตร์ ปัญญานะ และวัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ (2562) วิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการอาหารตามสั่งแบบจัดส่ง

บวรลักษณ์ เสนาะคำ (2562) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในกรุงเทพมหานคร

ทิศทางธุรกิจร้านอาหารปี 2020. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2563. สืบค้นจาก https://www.bltbangkok.com/lifestyle/work-wellness/12441/

ศูนย์วิจัยกสิกร. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/business/Pages/z3175-restuarant-2021.asp

ศูนย์วิจัยกสิกร. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 เมษายน 2565. สืบค้นจาก https://brandinside.asia/kresearch-on-thai-food-delivery-industry-2022

# แอปพลิเคชันป้องกันการหลับใน
# An Application for Microsleep Prevention

1st สมหมาย บัวแย้มแสง
SOMMAI BUAYAMSANG
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย
sommai.b@rsu.ac.th

2nd จตุพล ศรีวิลาศ
JATUPOL SRIVILAS
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย
jatupol@rsu.ac.th

3rd อภิรักษ์ ภักดีวงษ์
APIRUK PUCKDEEVONGS
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย
apiruk.pu@rsu.ac.th

4rd ชนินท์ วงษ์ใหญ่
CHANIN WONGYAI
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย
chanin.w@rsu.ac.th

***บทคัดย่อ*** **— อาการหาวเป็นหนึ่งในปฏิกิริยาตอบสนองต่อร่างกายเมื่อมีออกซิเจนไม่เพียงพอ หรือร่างกายพักผ่อนไม่เพียงพอก็จะเกิดอาการหาว ซึ่งอาการหาวยังส่งผลเป็นแนวโน้มเกิดเป็นการหลับใน เป็นอาการเมื่อพักผ่อนไม่เพียงพอจนร่างกายจนเกิดความเหนื่อยล้าและหลับไป**

**แอปพลิเคชันป้องกันการหลับในเป็นโครงงานที่ใช้กิริยาการหาวของผู้ใช้งานในการระบุว่าผู้ใช้งานมีอาการง่วงนอนหรือไม่ โดยการใช้ Face Landmarks Detection ตรวจจับปากของผู้ใช้งานแล้วส่งให้ระบบตรวจสอบเงื่อนไขและแสดงผลเป็นเสียงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งาน โดยหวังว่าแอปพลิเคชันนี้จะถูกนำไปเป็นส่วนหนึ่งของระบบความปลอดภัยบนท้องถนน**

***คำสำคัญ*** **—*อาการหาว, การหลับใน, การตรวจจับใบหน้า***

***ABSTRACT*** **— A yawn is one of the reactions in the body when there is not enough oxygen, or the body is not resting enough. The yawning may also result in a tendency to doze off as a symptom of insufficient rest until the body becomes tired and falls asleep.**

**An application for microsleep prevention is a project that uses a user's yawning behavior to determine if a user is sleepy or not. Using Face Landmarks Detection detects the user's mouth and sends it to them. The system checks the conditions and displays the results as a warning sound to the user. With the hope that this applications will become part of daily life and will become part of the road safety system**

***Keywords*** **— yawn, doze off, Face Landmarks Detection**

## I. บทนำ

พฤติกรรมหลับในเป็นปฏิกิริยาของร่างกายที่อธิบายถึงการเข้าสู่ภาวะหลับตื้นโดยไม่ตั้งใจ สาเหตุส่วนใหญ่มักมาจากการพักผ่อนไม่เพียงพอ ในบางครั้งอาจเป็นสัญญาณของโรค ผลข้างเคียงจากฤทธิ์ของยา พฤติกรรมการนอนหลับที่ไม่เหมาะสม รวมถึงสภาพแวดล้อมของสถานที่พักผ่อน การหลับในเกิดขึ้นได้ทุกที่ ไม่ว่าจะเป็นห้องเรียนหรือที่ทำงาน เพียงแต่บางครั้งการหลับในที่เกิดระหว่างขับรถหรือขณะทำงานกับเครื่องจักรอาจก่อให้เกิดผลร้ายที่ไม่สามารถคาดเดาได้แก่ตนเองและผู้อื่น โดยพฤติกรรมการหลับในจะแสดงอาการผ่านทางร่างกายเช่น หาวบ่อย

การหาวเป็นกลไกหนึ่งของร่างกาย[1] ที่ต้องการจะรับเอาออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่กระแสเลือด พร้อมกันและช่วยขับคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดออกไป ทั้งนี้เพื่อรักษาความสมดุลของร่างกาย ซึ่งการหาวจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อร่างกายเรามีออกซิเจนไม่เพียงพอ หรือมีคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมากเกินไป จนก่อให้เกิดอาการง่วงและหาวขึ้น โดยปกติอาการหาวที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ มากกว่า 1 ครั้งต่อนาที หากเกินมากกว่านี้จะเป็นสัญญาณบ่งบอกถึงความผิดปกติของร่างกาย ดังนั้นจึงนำมาทำโครงงานโปรแกรมตรวจจับพฤติกรรมของผู้ขับขี่ผ่านกล้องเพื่อตรวจจับและแจ้งเตือนให้ผู้ขับขี่ตื่นจากการหลับ เหตุผลที่ใช้การตรวจจับการหาวแทนการตรวจจับการหลับตาเพราะการหาวเป็นอาการเริ่มต้นเมื่อตรวจจับพบสามารถส่งสัญญาณเตือนได้ทันแต่ถ้ามีอาการหลับตาแสดงว่าเกิดการหลับในแล้วอาจไม่สามารถเตือนได้ทัน

## II. วัตถุประสงค์

เพื่อทำแอปพลิเคชันป้องกันการหลับใน ใช้สำหรับตรวจจับและแจ้งเตือนด้วยเสียงผู้ใช้งานเมื่อเกิดอาการหลับใน ส่งเสริมด้านความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้งานและเป็นอุปกรณ์เครื่องมือทางเลือกสำหรับด้านความปลอดภัยบนพาหนะ เป็นโปรแกรมที่จะใช้ในการฝึกสอน คอมพิวเตอร์เพื่อเรียนรู้พฤติกรรมการหลับใน โดยควบคู่กับการใช้ OpenCV [2] ในการตรวจจับหน้าคนผ่านกล้อง Webcam เมื่อผู้ขับขี่มีพฤติกรรมเข้าข่ายการหลับในก็จะแจ้งเตือนให้ผู้ขับขี่รับรู้

## III. วิธีการดำเนินงาน

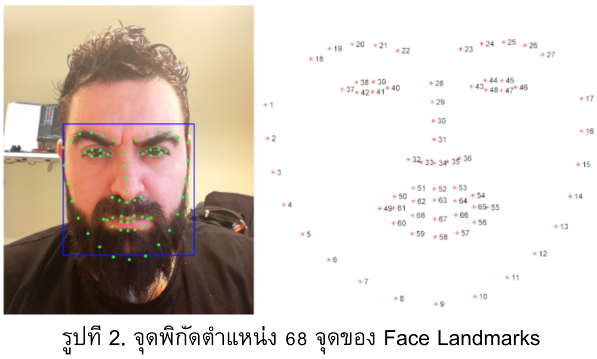
การทำงานโดยรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 1 เริ่มต้นตั้งแต่เปิดโปรแกรม กล้องดิจิตอลจะรับภาพของผู้ใช้งานและนำภาพที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนของการประมวลผลภาพโดยจะทำการวิเคราะห์หาส่วนบริเวณที่เป็นใบหน้า จากนั้นใช้ Face Landmarks [2] กำหนดพิกัดจุดต่าง ๆ บน

ใบหน้าโดยทั้งส่วนวิเคราะห์หาส่วนบริเวณที่เป็นใบหน้าและส่วน Face Landmarks จะเรียกใช้จากไลบราลี่ Dlib ของ C++ [3] นำข้อมูลทั้งหมดส่งต่อให้ส่วนโปรแกรมไปคำนวณและประมวลผลเพื่อทำการตรวจสอบว่าภาพใบหน้าอยู่ในอาการหาวหรือไม่ โดยตรวจสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของการหาวที่ตั้งค่าไว้จากนั้นแสดงผลที่ได้ให้ผู้ใช้งานทราบผ่านการแจ้งเตือนด้วยเสียงที่มีความดังสูงเพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งาน


รูปที่ 1. ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

IV. การทำงานของ Face Landmarks

หลักการทำงานของ Face Landmarks จะเริ่มจากกระบวนการค้นหาส่วนใบหน้าของผู้ใช้งาน (Face Detector) โดยจะตัดส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องให้เหลือเพียงเฉพาะส่วนใบหน้าเท่านั้นจากนั้น Face Landmark จะทำการดึงไฟล์จากโมเดลตำแหน่งพิกัด 68 จุดตามรูปที่ 2 จากนั้นวางเทียบซ้อนกับส่วนใบหน้าของผู้ใช้งานให้ Matching กับส่วนของใบหน้าผู้ใช้งานตัว Face Landmarks สามารถหดหรือขยายเพิ่มได้ตามขนาดของใบหน้าผู้ใช้งาน แต่หากกระบวนการค้นหาส่วนใบหน้าของผู้ใช้งานไม่สามารถค้นหาใบหน้าของผู้ใช้งานได้ ตัว Face Landmarks จะหยุดการทำงานทันที



รูปที่ 2. จุดพิกัดตำแหน่ง 68 จุดของ Face Landmarks

การตรวจจับอาการหาวจะใช้ระยะความห่างของริมฝีปากบนและริมฝีปากล่างเป็นตัววัดเพราะช่วงเวลาที่เกิดอาการหาวปากจะเปิดกว้างที่สุดซึ่งริมฝีปากจะอยู่ห่างกันและใช้ความห่างของริมฝีปากบนและล่างสร้างเป็นค่าระยะห่างของปาก (Lip Distance) แต่ว่าการหาจุดกึ่งกลางริมฝีปากบนตำแหน่งที่ 52, 63 และริมฝีปากล่างตำแหน่งที่ 67, 58 จะใช้ค่า Mean เป็นตัวกำหนดจุดกึ่งกลางโดยพิจารณาจากแกน Y เป็นหลักสูตรคำนวณหาค่า mean เป็นไปตามสมการที่ 1

$$Yt = ( y1+y2+y3+\ldots+yn )/n \qquad (1)$$

เมื่อ $Yt$ คือค่า mean ของชุดริมฝีปากบนและล่าง $y1,y2,y3,\ldots,yn$ คือค่าข้อมูลในแกน y ส่วน n คือจำนวนข้อมูล หลังจากได้ค่า $Yt$ ของริมฝีปากบน และริมฝีปากล่าง แล้วกำหนดให้เป็นค่าของ $Yt$ ของริมฝีปากบนและ $Yt$ ของริมฝีปากล่าง จากนั้นนำตัวแปรทั้งสองมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างริมฝีปากบนและล่างตามสมการ (2) เพื่อนำไปเป็นตัวชี้วัดว่าผู้ใช้งานมีอาการหาวหรือไม่

$$Lip\_distance = \text{Abs}(Yt\text{ของริมฝีปากบน} - Yt\text{ของริมฝีปากล่าง}) \qquad (2)$$

เมื่อได้ค่า Lip Distance แล้วจะนำค่าดังกล่าวไปวัดระยะค่าเทียบกับเกณฑ์กำหนดไว้ ถ้า Lip Distance มีค่าที่น้อยกว่าเกณฑ์จะหมายถึงลักษณะการอ้าปากที่แคบไม่ใช่ปฏิกิริยาของการหาว แต่ถ้า Lip Distance มีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หมายถึง ปากมีลักษณะการอ้าปากที่กว้างอาจบ่งบอกถึงกิริยาการหาวได้

```
def geting_landmarks (im):
    rects = detector(im, 1)
    if len(rects) > 1:
        return "error"
    if len(rects) == 0:
        return "error"
    return np.matrix([[p.x, p.y]
```

รูปที่ 3. ฟังก์ชัน getting_landmarks ใช้ตรวจสอบจำนวนผู้ใช้งาน

ฟังก์ชัน getting_landmarks ตามรูปที่ 3 เป็นฟังก์ชันที่ตรวจสอบจำนวนผู้ใช้งานโดยจะเรียก im เป็น Input ของภาพวิดีโอมาตรวจจับใบหน้าของผู้ใช้งานโดยเรียกใช้ detector ตรวจสอบจากนั้นเก็บไว้ที่ตัวแปร rects จากนั้นตรวจสอบว่าในภาพวิดีโอมีผู้ใช้งานหรือไม่ (if len(rects) == 0) หรือ ผู้ใช้งานมีมากกว่าจะ 1 คน (if len(rects) > 1) ระบบจะไม่ทำงาน และถ้ามีผู้ใช้งาน 1 คน โปรแกรมจะสร้างอาเรย์ของ Numpy ไว้สำหรับเก็บค่าแกน x และแกน y

ฟังก์ชัน top_lip(landmarks) ตามรูปที่ 4 เป็นฟังก์ชันหาค่าแกน x และแกน y โดยใช้ข้อมูลพิกัดจุดต่าง ๆ ของ Face Landmarks โดยสร้างอาเรย์ของ top_lip_pts ไว้เก็บค่าพิกัดแกน x และแกน y ไว้สำหรับตรวจสอบข้อมูล สำหรับตัวแปร top_lip_mean ถูกสร้างเพื่อใช้เก็บค่าเฉลี่ยของแกน x และ แกน y ที่ได้จากการคำนวณหาค่า Mean

ฟังก์ชัน mouth_open ตามรูปที่ 5 ทำหน้าที่คำนวณหาระยะห่างระหว่างริมฝีปากบน และริมฝีปากล่าง ค่าที่ได้จากการคำนวณริมฝีปากบนเก็บค่าไว้ที่ top_lip_center และ ริมฝีปากล่างเก็บไว้ที่ bottom_lip_center เพื่อไว้ใช้คำนวณหา lip_distance แต่เพื่อไม่ให้ค่าที่ได้มีค่าเป็นลบได้เพิ่มฟังก์ชัน Absolute ดังนี้ lip_distance = abs(top_lip_center - bottom_lip_center) เมื่อได้ผลลัพธ์เก็บค่าไว้ที่ตัวแปร lip_distance

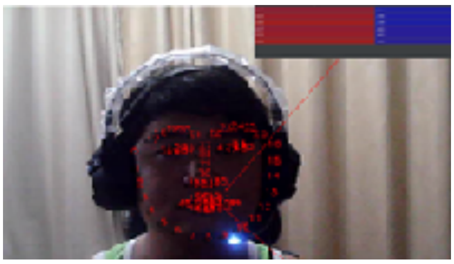
```
def top_lip(landmarks):
    top_lip_pts = []
    for i in range(50,53):
      top_lip_pts.append(landmarks[i])
    for i in range(61,64):
       op_lip_pts.append(landmarks[i])
    top_lip_all_pts =
    np.squeeze(np.asarray(top_lip_pts))
    top_lip_mean =
    np.mean(top_lip_pts, axis=0)
    return int(top_lip_mean[:, 1])
```

```
def mouth_open(image):
    landmarks = geting_landmarks(image)
    top_lip_center = top_lip(landmarks)
    bottom_lip_center =
bottom_lip(landmarks)
    lip_distance = abs(top_lip_center -
bottom_lip_center)
    return image_with_landmarks,
lip_distance
```

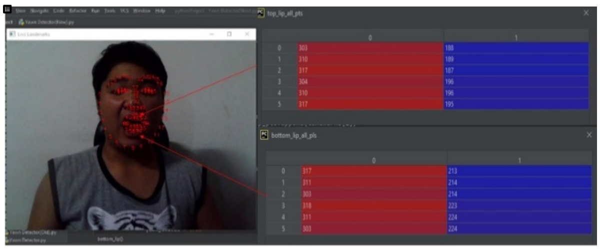
ต่อไปที่จะเป็นนำค่าที่ได้มาตรวจสอบว่ามีค่ามากกว่าที่กำหนดหรือไม่ ในการทดลองนี้ใช้ค่าประมาณ 25 จุดภาพเป็นตัวตรวจสอบโดยที่ผู้ใช้งานอยู่ห่างจากกล้องประมาณ 40 – 50 เซนติเมตร ถ้าระยะห่างระหว่างระหว่างริมฝีปากบนและล่างมีค่ามากกว่า 25 จุดภาพนานมากกว่า 2 วินาที[4] จะถือว่าผู้ใช้งานมีอาการหาว เมื่อเงื่อนไขถูกต้องระบบจะแสดงข้อความและแจ้งเตือนด้วยเสียงแต่เสียงในระดับความดังที่ต่างกันจากน้อยไปหามากเพื่อบังคับให้ผู้ใช้งานรู้สึกตัว

## V. ผลการทดลอง

ทำการทดสอบการทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ Notebook Acer Intel Core i3 การทดลองหาค่า Lip Distance ขณะที่ผู้ใช้งานกำลังปิดปากว่าในช่วงเวลาที่เปิดปากจะวัดข้อมูลได้ค่าเท่าไร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 6 โดยค่าสีแดงในตารางคือค่าพิกัด x ส่วนค่าสีน้ำเงินคือค่าพิกัด y



การทดลองหาค่า Lip Distance ขณะที่ผู้ใช้งานกำลังเปิดปากหาวว่าในช่วงเวลาที่เปิดปากจะวัดข้อมูลได้ค่าเท่าไร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 7 โดยค่าสีแดงในตารางคือค่าพิกัด x ส่วนค่าสีน้ำเงินคือค่าพิกัด y

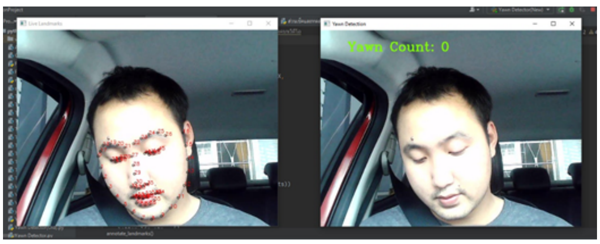


รูปที่ 7. ค่า Lip Distance ขณะที่ผู้ใช้งานกำลังเปิดปากหาว

งานวิจัยนี้เป็นแอปพลิเคชันด้านความปลอดภัยบนถนนดังนั้นการทดสอบจะนำอุปกรณ์นำไปติดตั้งในรถยนต์เพื่อเป็นการทดสอบการใช้งานคำนวณหามุมที่ดีที่สุดสำหรับการติดตั้งกล้องโดยจากการติดตั้งส่วนตำแหน่งมุมกล้องที่ติดตั้งผู้จัดทำได้กำหนดการทดสอบทั้งหมด 5 จุดบนบริเวณคอนโซลรถยนต์ได้ดังรูปที่ 8 ตำแหน่ง 1 คือมุมหน้าตรง,ตำแหน่ง 2 คือมุมขวาล่าง,ตำแหน่ง 3 คือมุมขวาบน,ตำแหน่ง 4 คือมุมซ้ายบน,ตำแหน่ง 2 คือมุมซ้ายล่าง

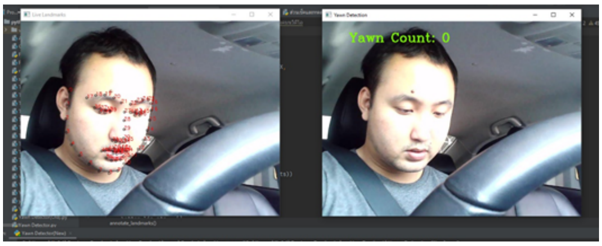

ระยะห่างของกล้องและผู้ขับขี่จากการติดตั้งกล้องตามจุดต่าง ๆ ดังรูปที่ 9 ซึ่งระยะกล้องที่ติดตั้งห่างจากผู้ขับขี่มีพื้นที่จำกัด คือระยะที่กำหนดนั้นตายตัวจะเป็นระยะห่างอยู่ที่ประมาณ 40 - 50 ซมเป็นระยะที่ได้จากการ. วัดระยะทางระหว่างผู้ขับขี่กับกล้อง การขับขี่ของผู้ใช้งานจะงอแขนระดับหนึ่งเพื่อจะสามารถหมุนพวงมาลัยได้อย่างสะดวกดังนั้นระยะห่างอาจสั้นลงเล็กน้อย


การทดลองในตำแหน่งที่ 1 มุมหน้าตรงบริเวณหลังพวงมาลัยของคนขับดังรูปที่ 10 การทดลองหน้าตรงนี้เป็นมุมมองที่เห็นใบหน้าของผู้ขับขี่ชัดเจนที่สุดดังนั้นการจับใบหน้าจึงง่ายทำให้ผลที่ออกถูกต้องและแม่นยำ



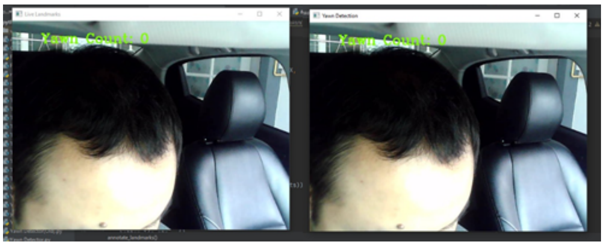
รูปที่ 10. ตำแหน่งกล้องมุมหน้าตรงบริเวณหลังพวงมาลัย

การทดลองในตำแหน่งที่ 2 มุมขวาล่างบริเวณคอนโซลรถยนต์ดังรูปที่ 11 เป็นการทดลองจากมุมต่ำขึ้นมาจับใบหน้าผู้ขับพบว่าการจับใบหน้า Face Detection สามารถจับได้ปกติและสามารถจับการหาวได้แต่เนื่องจากเป็นมุมเอียงจึงมีความคาดเคลื่อนเล็กน้อยเวลาผู้ขับขี่เอียงใบหน้าเกินองศาทำให้การจับใบหน้าหลุดไปชั่วขณะหนึ่ง



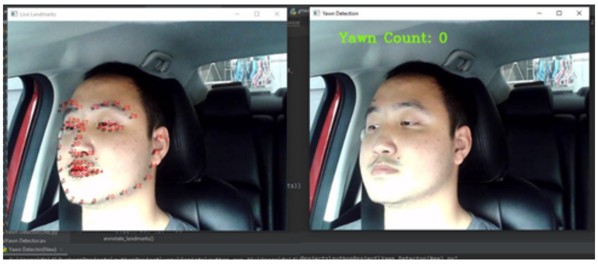

รูปที่ 11. ตำแหน่งกล้องบริเวณคอนโซลรถยนต์

การทดลองในตำแหน่งที่ 3 มุมขวาบนบริเวณขอบกระจกเหนือผู้ใช้งานดังรูปที่ 12 การทดลองครั้งนี้ไม่สามารถได้จริงเนื่องจากมุมติดตั้งค่อนข้างแคบและหลุดได้ง่าย มุมในการจับกล้องก็สูงเกินไปทำให้การจับใบหน้าไม่เต็มจึงไม่สามารถวัดผลได้



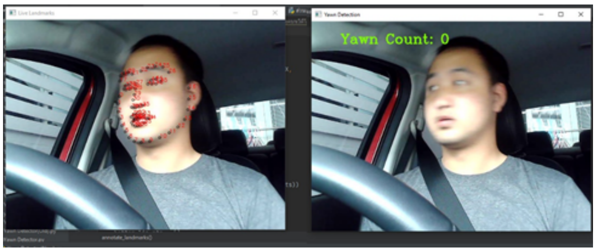

รูปที่ 12. ตำแหน่งกล้องมุมขวาบนบริเวณขอบกระจก

การทดลองในตำแหน่งที่ 4 มุมซ้ายบนบริเวณกระจกมองหลังดังรูปที่ 13 สามารถจับใบหน้าการทำงานได้ปกติมีการคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเพราะความแตกต่างของมุมกล้อง แต่การใช้งานจริงสามารถใช้งานได้อีกทั้งยังเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การติดตั้งของกล้อง




รูปที่ 13. ตำแหน่งกล้องมุมซ้ายบนบริเวณกระจกมองหลัง

การทดลองในตำแหน่งที่ 5 มุมซ้ายล่างบริเวณเหนือคอนโซลแอร์รถยนต์ดังรูปที่ 14 การทดลองค่อนข้างเห็นใบหน้าไกลกว่ามุมอื่น ๆ แต่เห็นใบหน้าที่ชัดเจน ด้วยความที่มุมกล้องที่ไกลขึ้นทำให้การจับปากไม่ชัดเจนมีความคลาดเคลื่อน




รูปที่ 14. ตำแหน่งกล้องมุมซ้ายล่างบริเวณเหนือคอนโซลแอร์

จากการทดลองทั้งหมดทั้ง 5 มุมโดยทดสอบการหาวจำนวน 10 ครั้งในแต่ละการแจ้งเตือน ซึ่งให้มีการแจ้งเตือนทั้งหมด 3 ครั้งสรุปผลลัพธ์ได้ตามตารางที่ I พบว่ามุมที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะเป็นมุมหน้าตรงเพราะจับภาพได้ดีที่สุดและเห็นชัดเจนที่สุด รองลงมาคือมุมซ้ายบนแต่ในมุมมองการใช้งานและการติดตั้ง มุมที่ดีที่สุดคือมุมซ้ายบนเพราะติดตั้งได้ง่ายและไม่บังสายตาของคนขับทำให้ความปลอดภัยสูงกว่าแบบมุมอื่น

ตารางที่ I. ผลการทดสอบของแต่ละมุมกล้องจำนวน 10 ครั้ง

| ตำแหน่งกล้อง | การแจ้งเตือนครั้งที่ 1 | การแจ้งเตือนครั้งที่ 2 | การแจ้งเตือนครั้งที่ 3 | ความถูกต้อง |
|---|---|---|---|---|
| 1.มุมหน้าตรง | ถูกต้อง 10 ครั้ง | ถูกต้อง 10 ครั้ง | ถูกต้อง 9 ครั้ง | 96.7% |
| 2.มุมขวาล่าง | ถูกต้อง 7 ครั้ง | ถูกต้อง 8 ครั้ง | ถูกต้อง 8 ครั้ง | 76.7% |
| 3.มุมขวาบน | ถูกต้อง 2 ครั้ง | ถูกต้อง 0 ครั้ง | ถูกต้อง 1 ครั้ง | 10% |
| 4.มุมซ้ายบน | ถูกต้อง 8 ครั้ง | ถูกต้อง 9 ครั้ง | ถูกต้อง 9 ครั้ง | 86.7% |
| 5.มุมซ้ายล่าง | ถูกต้อง 8 ครั้ง | ถูกต้อง 9 ครั้ง | ถูกต้อง 8 ครั้ง | 83.3% |

## V. สรุป

แอปพลิเคชันป้องกันการหลับในเป็นโปรแกรมที่ใช้ OpenCV ในการจับใบหน้าผู้ใช้งานโดยใช้เครื่องมือ Machine Learning มาช่วยให้ระบบการทำงานดียิ่งขึ้นและใช้ Face Landmarks กำหนดจุดพิกัดบนบริเวณใบหน้าก่อนส่งค่าไปประมวลผลเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการหาว ถ้าเงื่อนไขถูกต้องจะทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนาย พิสิฐรัตน์ พัชรจริกุล และนาย นพรัตน์ พัชรจริกุล นักศึกษาโครงงานที่ช่วยในการถ่ายภาพ ติดตั้งกล้องและทำการทดสอบโปรแกรมเป็นผลให้งานสาเร็จได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

[1] กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข https://www.dmh.go.th

[2] Adrain Rosebrock. (2560). Drowsiness detection with OpenCV. https://www.pyimagesearch.com/2017/05/08/drowsiness-detection-opencv/

[3] Nitish Raj Pathak. (2563). Yawn Detection using OpenCV and Dlib. https://medium.com/anslytics-vidhya/yawn-detection

[4] Pankaj. (2561). Python time sleep(), Python time sleep() function syntax. https://www.journaldev.com/15797/python-time-sleep

# เว็บสเครพพิงและการนำเสนอข้อมูลการท่องเที่ยวภูเก็ตเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการการท่องเที่ยวภูเก็ต

# Web scraping and Phuket Tourism Data Visualization to Support Phuket Tourism Management Decisions


ศิวัช วัฒนวิไลกุล
Siwat Vattanavilaikul
*หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล*
*สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์*
*คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*
*จังหวัดภูเก็ต*
s6210886109@pkru.ac.th

ศตวรรษ รามไชย
Sadtawad Ramchai
*หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล*
*สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์*
*คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*
*จังหวัดภูเก็ต*
S6210886107@pkru.ac.th

ผุสดี พรผล
Putsadee Pornphol
*หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล*
*สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์*
*คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี*
*มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*
*จังหวัดภูเก็ต*
putsadee.p@pkru.ac.th



***บทคัดย่อ*** **— จังหวัดภูเก็ตเป็นเมืองท่องเที่ยวติดอันดับโลกและมีการเจริญเติบโตทางการท่องเที่ยวที่สูงที่สุดเป็นอันดับสองรองจากกรุงเทพมหานคร แต่อย่างไรก็ตามหลังเกิดการระบาดของโควิด19 การท่องเที่ยวของภูเก็ตได้รับผลกระทบอย่างหนักอย่างที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน หลายกิจการทางการท่องเที่ยวปิดตัวลงทำให้การท่องเที่ยวของภูเก็ตจากพื้นที่ที่เต็มไปด้วยนักท่องเที่ยวและการลงทุนทางด้านการท่องเที่ยวหยุดชะงักลง หลายพื้นที่มีสภาพเป็นเหมือนเมืองร้าง ต่อมาหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนในภูเก็ตได้ร่วมมือกันผลักดันโครงการภูเก็ตแซนด์บ็อกซ์ เพื่อให้การท่องเที่ยวของภูเก็ตกลับมาฟื้นตัวอีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตามการฟื้นตัวทางด้านการท่องเที่ยวของภูเก็ตในครั้งนี้คงไม่เหมือนกับครั้งที่ผ่านมาเช่นหลังวิกฤติต้มยำกุ้ง หรือหลังการเกิดสึนามิ เนื่องด้วยผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการระบาดของโควิด19 นั้นได้ทำลายอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวในทุกพื้นที่และทุกอุตสาหกรรม ดังนั้นข้อมูลสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องทางธุรกิจการท่องเที่ยวจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบสารสนเทศนำเสนอข้อมูลทางด้านการท่องเที่ยวโดยใช้เว็บสเครพพิง ในการรวบรวมข้อมูลออนไลน์ทางด้านการท่องเที่ยวและใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอเดสก์ท็อปสำหรับนำเสนอข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ**



***คำสำคัญ*** **— เว็บสเครพพิง, การวิเคราะห์ข้อมูล, การนำเสนอข้อมูล, โควิด19, การท่องเที่ยวภูเก็ต**



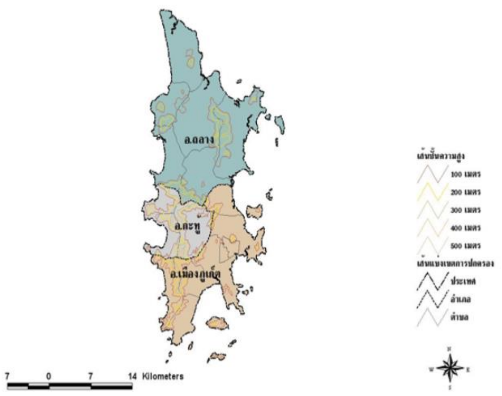
***ABSTRACT*** **— Phuket is the world's top tourist destination and has the second highest tourism growth in Thailand. However, after the outbreak of COVID-19, Phuket's tourism has been hit hard like never. Many tourism businesses have shut down. Several areas are like abandoned cities. Subsequently, both of government and private agencies in Phuket joined together to push the Phuket Sandbox Project. They hope that, it can bring Phuket tourism recover again. Nevertheless, Phuket's tourism recovery this time will not be the same as in the previous, such as after the Tom Yum Kung crisis or after the tsunami. Because of the impact caused by the COVID-19 outbreak that has destroyed the tourism industry in all areas and industries. Hence, information for decision support for those involved in the tourism industry is very important. This research presents the development of information systems for presenting tourism information by using Web Scraping to collect online tourism information and use Microsoft Power BI Desktop to visualize information for decision-making.**



***Keywords*** **— Web Scraping, Data Analysis, Data Visualization, COVID-19, Phuket Tourism**


## I. บทนำ

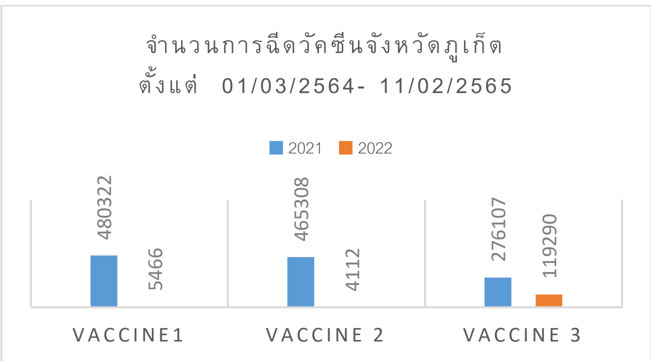
ภูเก็ตเป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยทางด้านฝั่งอันดามัน มีลักษณะเป็นเกาะที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ทิศเหนือติดกับจังหวัดพังงา ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดพังงาและจังหวัดกระบี่ การเดินทางเข้าออกจังหวัดภูเก็ตได้ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ โดยรถยนต์เข้าสู่จังหวัดภูเก็ตผ่านสะพานท้าวเทพกระษัตรีและสะพานท้าวศรีสุนทร การเดินทางอากาศผ่านสนามบินนานาชาติภูเก็ต และมีท่าเทียบเรือหลายแห่งสำหรับการเดินทางทางเรือ [1]




รูปที่ I. แผนที่จังหวัดภูเก็ต

*แหล่งที่มา : [1]*

ภูเก็ตมีการท่องเที่ยวเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจทั้งด้านการสร้างรายได้และการจ้างงาน และเมื่อพิจารณาถึงรายได้ของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวในภูเก็ตพบว่ารายได้ส่วนใหญ่อยู่ในธุรกิจโรงแรมและที่พัก มีระดับการแข่งขันสูง แต่ตั้งแต่ต้นปี 2563 ประเทศไทยประสบปัญหาจากการระบาดของโควิด19 ซึ่งถือว่าเป็นวิกฤติที่รุนแรงที่สุดในรอบ 100 ปี และภูเก็ตเป็นจังหวัดที่ได้รับผลกระทบอย่างหนักจากวิกฤติในครั้งนี้ โดยธุรกิจที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ ธุรกิจนันทนาการ ธุรกิจนำเที่ยว ธุรกิจอาหารและ เครื่องดื่ม ธุรกิจจำหน่ายสินค้าและของที่ระลึก ธุรกิจโรงแรมที่พัก และธุรกิจการขนส่ง [2] โครงการภูเก็ตแซนด์บ็อกซ์ (Phuket Sandbox) เป็นโครงการที่รัฐบาลกำหนดเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวให้นักท่องเที่ยวที่ได้รับวัคซีนครบโดสแล้วสามารถเข้าประเทศไทยได้โดยไม่ต้องกักตัว [3] รัฐบาลกำหนดให้ภูเก็ตเป็นจังหวัดนำร่องในการรับนักท่องเที่ยว ดังนั้นการฉีดวัคซีนให้กับประชากรที่อาศัยในจังหวัดภูเก็ตจึงมีความสำคัญโดยจังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดแรก ๆ ของประเทศไทยที่ได้รับวัคซีนเร็วที่สุด และมีจำนวนผู้ได้รับวัคซีนครบสามเข็มสูงที่สุดจังหวัดหนึ่งด้วย รูปที่ 2 แสดงจำนวนการรับวัคซีนของจังหวัดภูเก็ต [4]




รูปที่ II. จำนวนการรับวัคซีนของจังหวัดภูเก็ตภูเก็ต

ปัจจุบันข้อมูลเปรียบได้เหมือนอาวุธ หน่วยงานหรือองค์กรใดมีข้อมูลที่บริหารจัดการที่ดีและสามารถแปรผลข้อมูลนั้นมาใช้งานได้เปรียบเสมือนมีอาวุธที่สามารถจะต่อสู้ได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่มีนั้นจะต้องมีคุณลักษณะที่เชื่อถือได้ มีความทันสมัย และตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน หลังเกิดการระบาดของโควิด19 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก การมีข้อมูลสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพราะจะทำให้ความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นลดน้อยลงได้ จากปัญหาที่เกิดขึ้นกับการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตผู้วิจัยเห็นถึงโอกาสในการที่จะพัฒนาระบบสารสนเทศในการบริหารการจัดการข้อมูลทางด้านการท่องเที่ยวให้กับผู้ใช้งานทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่ต้องการใช้ข้อมูลในการสนับสนุนการตัดสินใจทั้งการลงทุน และการพัฒนาธุรกิจการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยการใช้เว็บสเครพพิง ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่มีการเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ประกอบด้วย ข้อมูลที่พัก ข้อมูลร้านอาหาร ข้อมูลร้านสปา ข้อมูลโรงพยาบาล มาจัดเก็บในคลังข้อมูลเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับผู้ใช้งานในระบบออนไลน์ได้โดยตรง

## II. เว็บสเครพพิงและการนำเสนอข้อมูล

เว็บสเครพพิง (Web Scraping) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่ใช้ในการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บเพจหรือหน้าเว็บไซต์ได้อย่างอัตโนมัติทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการโดยไม่ต้องนั่งคัดลอกข้อมูล เว็บสเครพพิงสามารถใช้ได้กับหลากหลายภาษาโปรแกรมมิ่ง เช่น Python, R, JavaScript, Java, Go และ PHP เป็นต้น เว็บสเครพพิงเป็นเครื่องมือที่นำไปใช้กับงานหลายงาน เช่น การเปรียบเทียบราคาสินค้าออนไลน์ที่รวบรวมราคามาจากผู้ค้าปลีกหลายรายเพื่อนำมาเสนอในที่เดียวผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบราคาได้อย่างสะดวก การรวบรวมราคาตั๋วเครื่องบินจากผู้ขายหลาย ๆ ที่มานำเสนอในที่เดียวกันเพื่อเปรียบเทียบราคา นำมาใช้ในการเปรียบเทียบราคาอสังหาริมทรัพย์ นำมาใช้ในงานของตลาดหลักทรัพย์ในการรวบรวมข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงราคาที่ผ่านมาเพื่อนำเสนอให้เห็นถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลง นอกจากการใช้ เว็บสเครพพิงสำหรับการนำข้อมูลมาใช้ทางธุรกิจแล้ว เว็บสเครพพิงยังถูกนำมาใช้กับการรวบรวมข้อมูลที่เผยแพร่ทางการแพทย์เพื่อการสร้างคลังข้อมูลสำหรับการวินิจฉัยโรคเป็นต้น [5] นอกจากนั้นมีงานวิจัยที่นำเสนอให้เห็นว่า เว็บสเครพพิงเป็นเครื่องมือสำคัญในการรวบรวมข้อมูลมาใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City) [6] [7] ซึ่งจังหวัดภูเก็ตถูกกำหนดให้เป็นจังหวัดนำร่องการพัฒนาเป็นเมืองอัจฉริยะหนึ่งของประเทศไทย

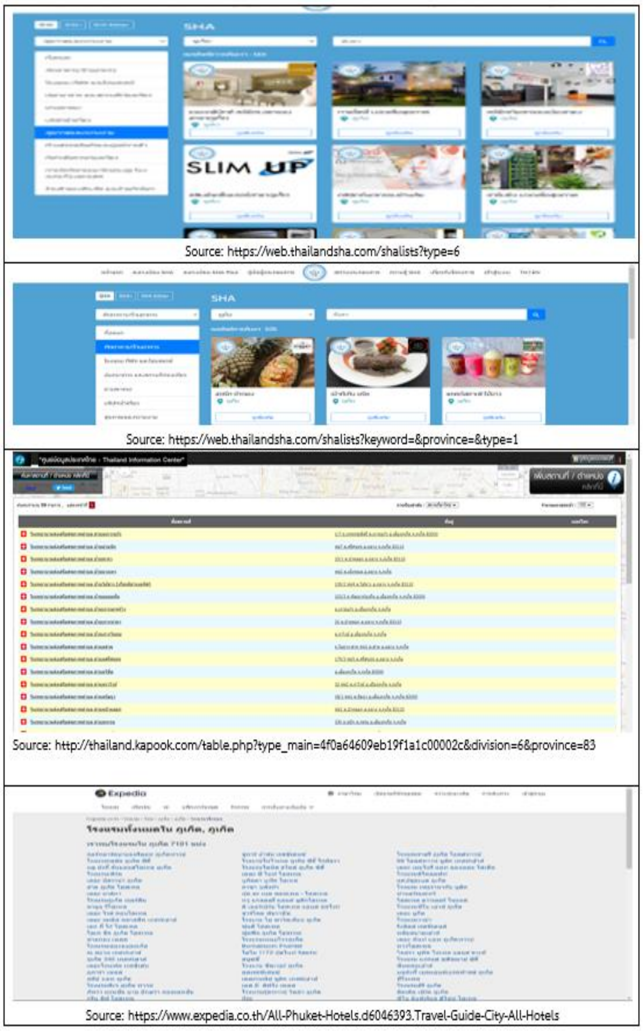
การนำเสนอข้อมูล (Data Visualization) ในปัจจุบันมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในทุกธุรกิจ เนื่องด้วยเป็นการนำเสนอข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลที่ทำให้ผู้ใช้ข้อมูลเข้าใจกับข้อมูลที่นำเสนอได้ง่ายดังนั้นหลายธุรกิจในปัจจุบันจึงให้ความสำคัญกับการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญในการที่ผู้ใช้ข้อมูลสามารถที่จะใช้ข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ให้เกิดประสิทธิภาพได้สูงสุดหรือไม่นั้น การออกแบบการนำเสนอข้อมูลมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งโดยต้องวิเคราะห์ให้ได้ว่าข้อมูลที่นำเสนอนั้นตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานและมีความเชื่อมโยงของข้อมูลที่นำเสนอต่อการตัดสินใจในแต่ละดับของข้อมูลได้ดี [8] และสำหรับประโยชน์ของการทำการนำเสนอข้อมูลที่สำคัญสำหรับธุรกิจต่าง ๆ ที่ต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจประกอบด้วย 1) ความรวดเร็วของข้อมูลในการตอบสนองซึ่งหมายถึงข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นต้องเป็นข้อมูลปัจจุบัน 2) การนำเสนอข้อมูลต้องเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อน 3) การเชื่อมโยงข้อมูลที่จะส่งผลต่อการตัดสินใจในแต่ละดับของข้อมูลที่สัมพันธ์กัน [9] [10]

## III. การพัฒนาระบบ

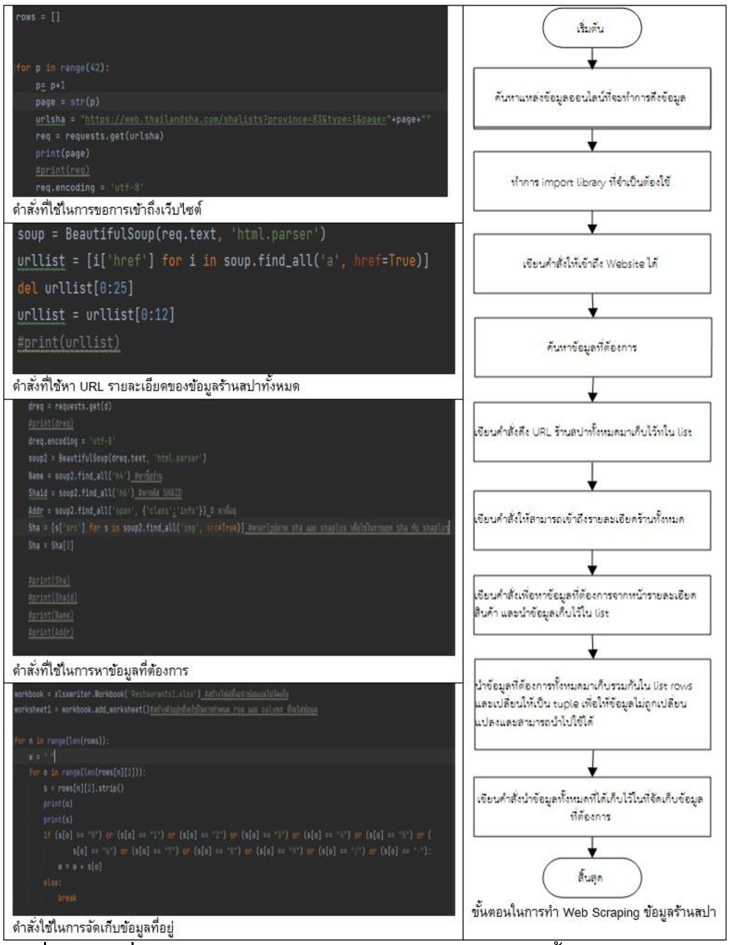
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อรวบรวมข้อมูลทางด้านการท่องเที่ยวที่มีการเผยแพร่ข้อมูลผ่านเว็บไซต์มาจัดเก็บเป็นคลังข้อมูลเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้ข้อมูลอยู่ภายใต้กระบวนการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ [11] สำหรับการรวบข้อมูลของงานวิจัยนี้ใช้เว็บสเครพพิงด้วยภาษา Python [12] [6] และใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์พาวเวอร์บีไอเดสก์ท็อป [13] เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล

### *III.I เว็บสเครพพิงด้วยภาษาไพทอน*

ข้อมูลการท่องเที่ยวที่ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศนี้ ประกอบด้วย ข้อมูลที่พักทุกประเภททุกระดับในจังหวัดภูเก็ต สำหรับแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลที่พักมาจากเว็ปไซต์ Expedia ข้อมูลร้านอาหารและร้านสปาทั้งหมดในจังหวัดภูเก็ตจากเว็ปไซต์การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย ข้อมูลโรงพยาบาลจากศูนย์ข้อมูลประเทศไทย รูปที่ 3 แสดงแหล่งข้อมูลสำหรับการทำเว็บสเครพพิงของระบบงาน รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างคำสั่งในการทำเว็บสเครพพิงด้วยภาษาไพทอน และขั้นตอนการทำเว็บสเครพพิงของข้อมูลร้านสปา

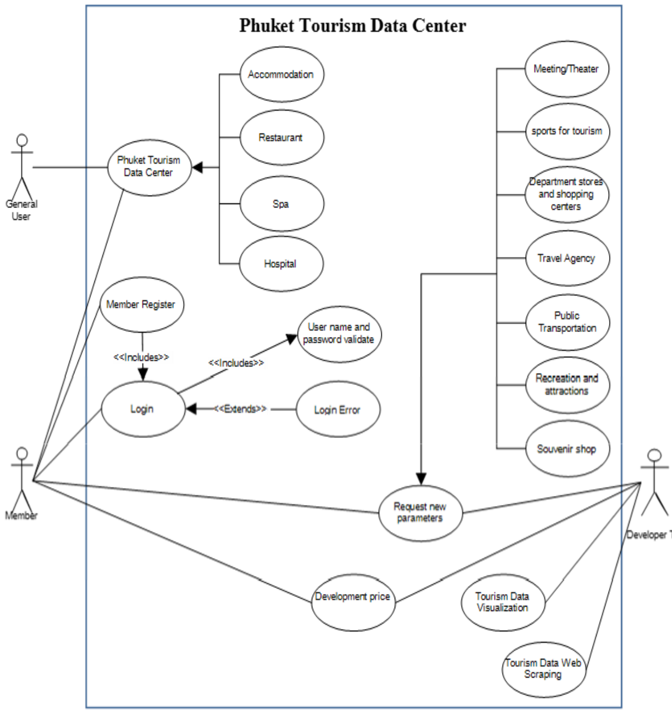



รูปที่ III. แหล่งข้อมูลในการทำเว็บสเครพพิง



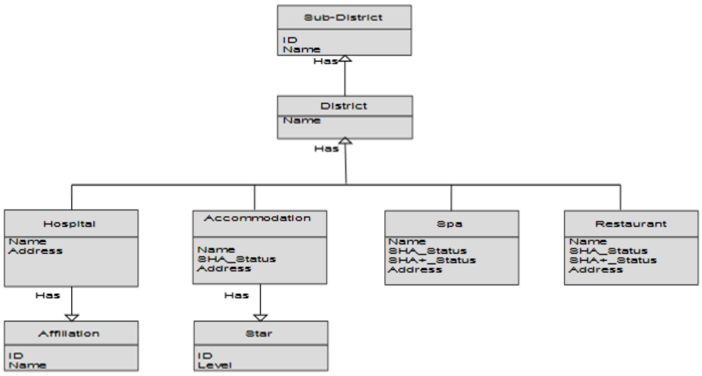

รูปที่ IV. คำสั่งในการทำเว็บสเครพพิงด้วยภาษาไพทอน และขั้นตอนการทำเว็บสเครพพิงของข้อมูลร้านสปา

### *III.II ขอบเขตของระบบ*




รูปที่ V. Use Case Diagram ของระบบงาน

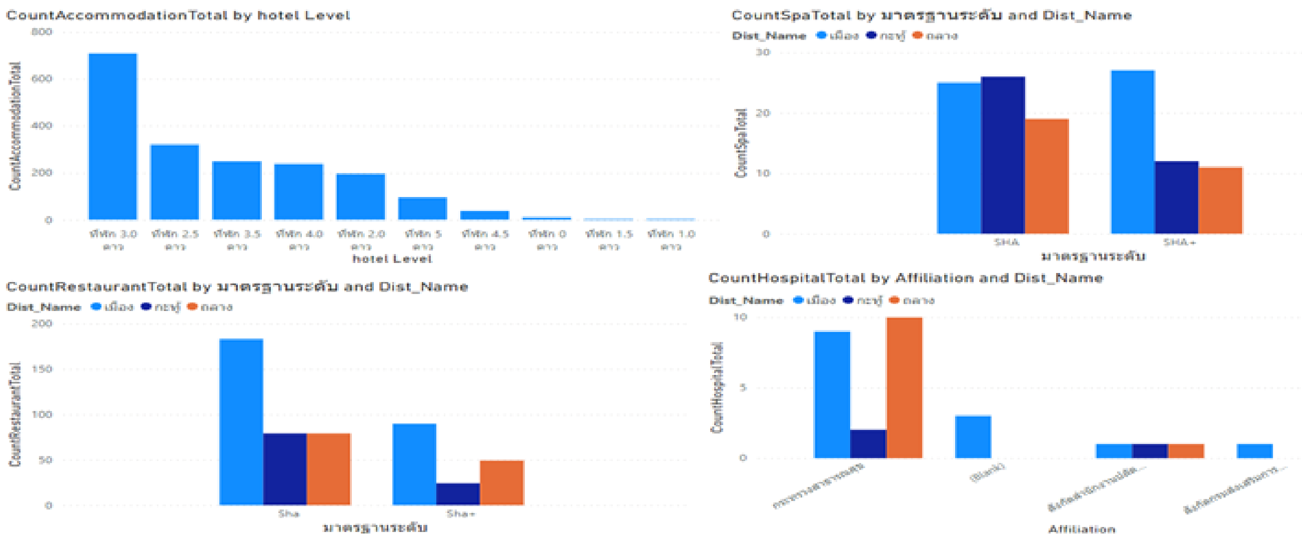
รูปที่ 5 แสดงขอบเขตของระบบสารสนเทศ ในส่วนของการนำเสนอข้อมูลการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตโดยผู้ใช้งานทั่วไปสามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ของ ที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาล และสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลทางด้านนันทนาการและสถานที่ท่องเที่ยว การเดินทางและยานพาหนะ บริษัทนำเที่ยว ห้างสรรพสินค้าและศูนย์การค้า การกีฬาเพื่อการท่องเที่ยว การจัดนิทรรศการและการประชุม และ ร้านค้าสำหรับขายของที่ระลึก ก็สามารถสมัครสมาชิกเพื่อแจ้งความจำนวนในการได้รับข้อมูลไปยังผู้พัฒนาระบบได้ โดยผู้พัฒนาระบบจะทำการประเมินค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับสมาชิกที่ต้องการจะได้ข้อมูลเพิ่มเติม รูปที่ 6 แสดง Class Diagram ของระบบ




รูปที่ VI. Class Diagram ของระบบงาน

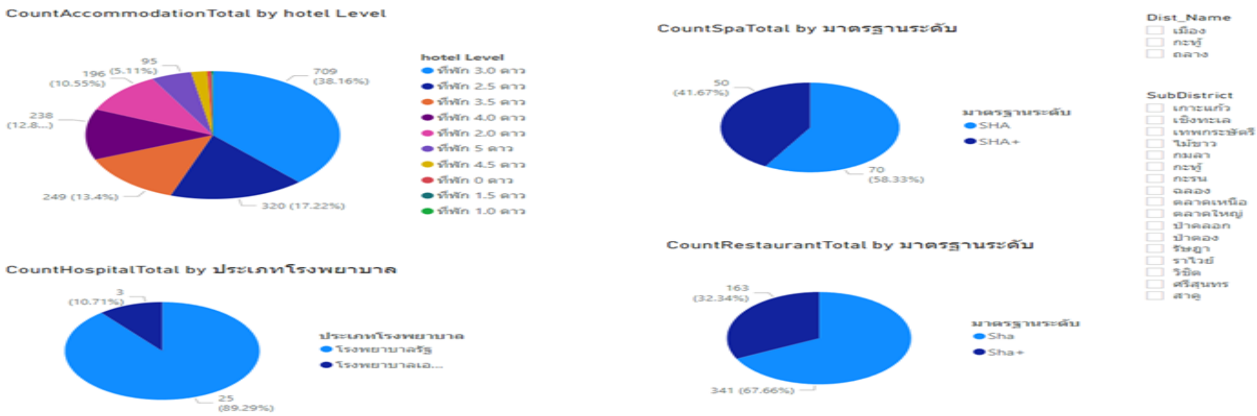
*III.III การนำเสนอข้อมูล*

การนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ที่พัก ร้านอาหาร สปา และ โรงพยาบาล ของจังหวัดภูเก็ตแสดงการนำเสนอบางส่วนดังรูปที่ 7-10



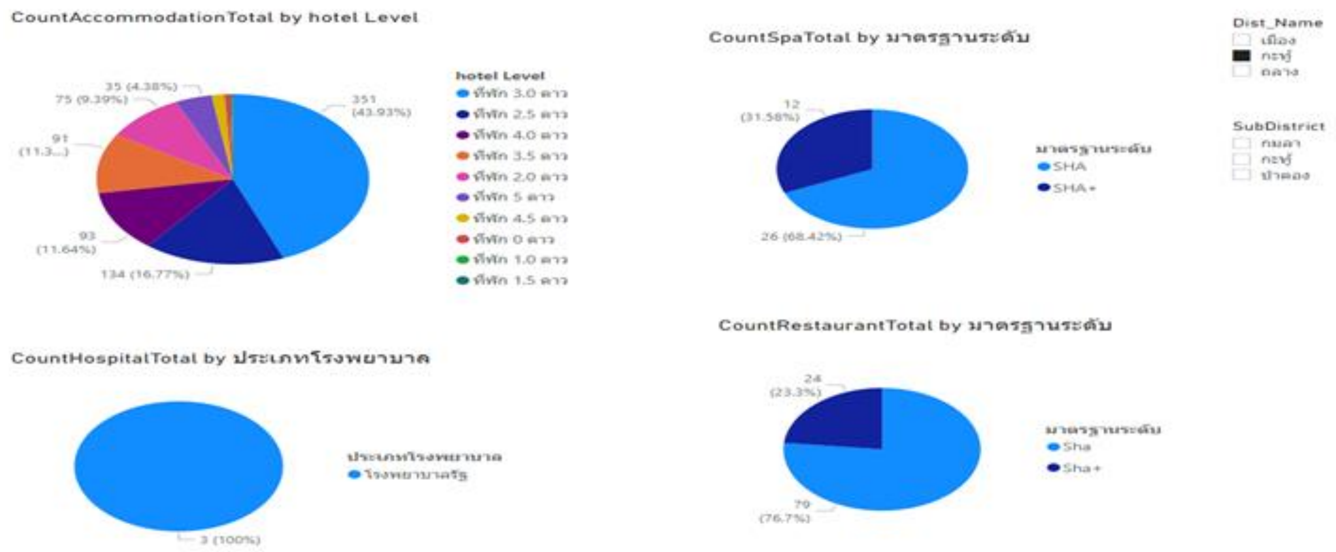

รูปที่ VII. Data Visualization แสดงจำนวนรวมของ ที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และ โรงพยาบาล

รูปที่ 7 แสดงจำนวนรวมของที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลทั้งหมดในจังหวัดภูเก็ต โดยกราฟด้านบนซ้ายมือนำเสนอจำนวนรวมของที่พัก โดยแสดงให้เห็นว่าที่พักที่มีจำนวนมากที่สุดในจังหวัดภูเก็ตคือที่พักระดับ 3 ดาว และ ที่พักที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือที่พักระดับ 1 ดาว ขณะที่ กราฟบนขวานำเสนอจำนวนรวมของร้านสปาโดยแยกประเภทตามมาตรฐาน SHA และ SHA+ ของทั้งสามอำเภอในจังหวัดภูเก็ต กราฟด้านล่างซ้ายนำเสนอจำนวนรวมของร้านอาหารโดยแยกประเภทตามมาตรฐาน SHA และ SHA+ของทั้งสามอำเภอในจังหวัดภูเก็ต และ กราฟล่างขวานำเสนอจำนวนโรงพยาบาลทั้งหมดในแต่ละสังกัดของทุกอำเภอในจังหวัดภูเก็ต



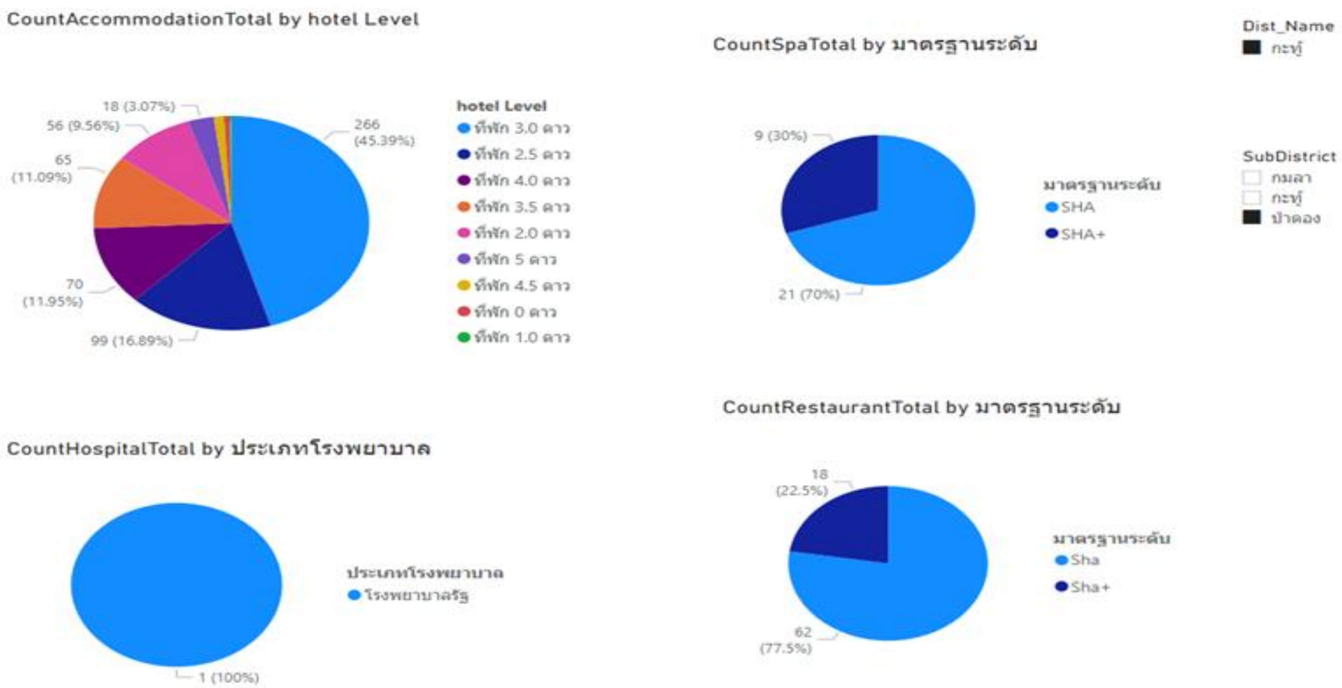

รูปที่ VIII. Data Visualization นำเสนอร้อยละของข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลในจังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 8 นำเสนอร้อยละของข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลในจังหวัดภูเก็ตซึ่งพบว่า ที่พักระดับสามดาวในจังหวัดภูเก็ตมีจำนวนถึง 38.16% ร้านสปาตามมาตรฐาน SHA มี 58.33% ร้านอาหารตามมาตรฐาน SHA มี 67.66% และจังหวัดภูเก็ตมีโรงพยายาลที่ให้บริการโดยสังกัดรัฐบาล 89.29% และมีโรงพยาบาลเอกชน 10.71% สำหรับการกรองข้อมูลในส่วนนี้สามารถกรองข้อมูลได้ตั้งแต่ระดับอำเภอ และ ระดับตำบล




รูปที่ IX Data Visualization นำเสนอร้อยละของข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลของอำเภอกะทู้

รูปที่9 Data Visualization นำเสนอร้อยละของข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลของอำเภอกะทู้ ซึ่งพบว่าที่พักระดับสามดาวยังคงมีจำนวนสูงที่สุดถึง 43.93% ร้านสปาตามมาตรฐาน SHA มี 68.42% ร้านอาหารตามมาตรฐาน SHA มี 76.7% และมีโรงพยาบาลที่ให้บริการโดยสังกัดรัฐบาลเพียงอย่างเดียว




รูปที่ X Data Visualization นำเสนอร้อยละของข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลของตำบลป่าตอง

รูปที่10 นำเสนอร้อยละของข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลของตำบลป่าตองซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง พบว่าที่พักระดับสามดาวยังคงมีจำนวนสูงที่สุดถึง 45.39% ร้านสปาตามมาตรฐาน SHA มี 70% ร้านอาหารตามมาตรฐาน SHA มี 77.5% และมีโรงพยายาลที่ให้บริการโดยสังกัดรัฐบาลเพียงอย่างเดียว

## IV. สรุป

ข้อมูลสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะข้อมูลสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจลงทุนทางด้านการท่องเที่ยว ในจังหวัดภูเก็ตในยุคที่โรคระบาดยังคงมีอยู่ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแสดงให้เห็นว่าถ้าจะทำการลงทุนทั้งด้านที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และการมีโรงพยาบาลให้บริการในพื้นที่นั้น นักลงทุนจะเลือกลงทุนอย่างไรถึงจะเกิดความเสี่ยงน้อยที่สุด ซึ่งถ้าย้อนกลับไปพิจารณาข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาลในจังหวัดภูเก็ตก่อนที่จะมีโรคระบาดนั้นจะมีการเติบโตที่สูงมาก โดยมีจำนวนที่พักในทุกระดับเป็น 1,858 ที่ รานอาหาร 504 ที่ ร้านสปาทั้งสิ้น 120 ที่ และขณะที่มีโรงพยาบาลทั้งสังกัดรัฐบาลและเอกชนทั้งสิ้น 28แห่ง ดังนั้นการพัฒนาระบบสารสนเทศนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาล ซึ่งมีการเผยแพร่ข้อมูลออนไลน์ด้วยวิธีการเว็บสเครพพิง ด้วยภาษาไพทอน เพื่อเป็นคลังข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับผู้ใช้งานทั่วไปเข้ามาใช้งานเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตได้แก่ การลงทุน การศึกษา งานวิจัย การวางแผนงบประมาณ การท่องเที่ยว และ อื่น ๆ เพื่อให้การตัดสินใจนั้นมีความถูกต้องสูงสุดและลดความเสี่ยงมากที่สุด และสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมจากที่มีอยู่นี้ก็สามารถระบุความต้องการไปยังผู้พัฒนาระบบผ่านการเป็นสมาชิก เนื่องด้วยขอบเขตความต้องการใช้ข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละคนมีความต้องการที่แตกต่างกัน ระบบงานนี้จึงได้เพิ่มส่วนที่ผู้ใช้งานแต่ละคนสามารถที่จะระบุความต้องการใช้ข้อมูลเพิ่มเติมได้นอกจากข้อมูลพื้นฐานทางด้านการท่องเที่ยวที่ควรจะรู้อันได้แก่ ที่พัก ร้านอาหาร ร้านสปา และโรงพยาบาล

## เอกสารอ้างอิง


]1[ วิกิพีเดีย, "จังหวัดภูเก็ต," ed. https://shorturl.asia/pQMXo, 2565.

[2] ส. โพธิยะราช and ฉ. คงดี, "COVID-19 ต่อภาคการท่องเที่ยวไทย ผลกระทบและแนวทางการแก้ปัญหา," *UWV Policy Brief Tourism* vol. 1, p. 8, 2564.

[3] ThaiOnTour. (2565, 22/01/2565). ภูเก็ตแซนด์บ็อกซ์ (*Phuket Sandbox):* แผนการเปิดประเทศไทยโดยไม่ต้องกักตัว. Available: https://shorturl.asia/PjT9u

[4] กรมควบคุมโรค. (2565, 02/02/2565). ข้อมูลเชิงวิเคราะห์รายจังหวัด. Available: https://shorturl.asia/Cz8Q6

[5] E. Persson, "Evaluating tools and techniques for web scraping," Master in Computer Science, SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE, KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2019.

[6] C.-C. CHUNG and T.-S. JENG, "INFORMATION EXTRACTION METHODOLOGY BY WEB SCRAPING FOR SMART CITIES," in 23*rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)* Beijing, China, 2018, p. 10.

[7] C. e. Nicolas, J. Kim, and S. Chi, "Natural language processing-based characterization of top-down communication in smart cities for enhancing citizen alignment," *Sustainable Cities and Society,* vol. 66, p. 15, 2020.

[8] CRGroup. (2017). *There's Magic in Graphs: How Data Visualization Leads to Better Decision Making*. Available: http://crgroup.com/wp-content/uploads/data-visualization-eBook.pdf

[9] MapBusinessOnline. (2022, 23/01/2565). *Data Visualization's Positive Impact on Decision Making*. Available: https://shorturl.asia/OKke0

[10] A. Shen-Hsieh and M. Schindl, "Data visualization for strategic decision making " presented at the CHI02: Human Factors in Computing Systems, Minnesota 2002.

[11] U. Makchan and P. Pornphol, "Phuket Mangrove Gastronomy Information System Development," presented at the 2019 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST), Luang Prabang, Laos, 2019.

[12] S. v. Broucke and B. Baesens, *Practical Web Scraping for Data Science: Best Practices and Examples with Python*: Apress, 2018.

[13] Microsoft. (2022, 08/01/2022). *Power BI documentation*. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/

# ความเป็นไปได้ในการผลิตและคุณภาพของน้ำส้มสายชูมะม่วงมหาชนกในระดับ SME

# Processing Feasibility and Qualities of Mahachanok Mango Vinegar for SME Scale

1st วรัญญู โตชูวงศ์
Varanyu Tojuvong
*คณะวิศวกรรมศาสตร์/ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
กรุงเทพทหานคร / ประเทศไทย
60601013@kmitl.ac.th

2nd วรีสา ชูวัฒนกูล
Varesa Chuwattanakul
*คณะวิศวกรรมศาสตร์/ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
กรุงเทพทหานคร / ประเทศไทย
varesa.ch@kmitl.ac.th

3rd พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
Pimpen Pornchaloempong
*คณะวิศวกรรมศาสตร์/ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
*กรุงเทพทหานคร / ประเทศไทย*
pimpen.po@kmitl.ac.th

4st วราวุฒิ ครูส่ง
Warawut Krusong
คณะอุตสาหกรรมอาหาร/ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพทหานคร / ประเทศไทย
warawut.kr@kmitl.ac.th

***บทคัดย่อ —*** การผลิตหมักน้ำส้มสายชูจากมะม่วงมหาชนกวัตถุดิบโดยใช้ไวน์มะม่วงมหาชนก ที่มีเอทานอลร้อยละ 83.10 ± 0.00 กรัมต่อลิตร ในระยะเวลาการหมัก 7 วัน ด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* FER1 ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตหมักน้ำส้มสายชูจากมะม่วงมหาชนกในระดับ SME ที่สภาวะการเติมอากาศ 0.5 บาร์ อุณหภูมิ 30.0 ± 0.1 องศาเซลเซียส มีปริมาตรความเข้มข้นรวมเริ่มต้นอยู่ที่ 80 กรัมต่อลิตร(Total Solution Concentration 8 (TC8) ) โดยถังหมักกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar Production Process) ด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ (Internal Venturi Ejector System) ที่ระยะการหมัก Start-Up phase (250 ลิตร) 1 รอบการหมัก และ Acetification operation phase (600 ลิตร) 3 รอบการหมัก ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้ อัตราการผลิตกรดแอซีติกเฉลี่ยต่อวัน (Acetification rate (ETA)) เท่ากับ 12.84 กรัมต่อลิตร และผลิตภัณฑ์กรดแอซีติกเฉลี่ย (Acid products (AP)) เท่ากับ 30 กรัมต่อลิตร โดยเชื้อสายพันธุ์ *Acetobacter aceti* WK

***คำสำคัญ — มะม่วงมหาชนก, น้ำส้มสายชูหมัก, กรดแอซีติก***

***ABSTRACT*** **— Production of fermented vinegar from Mahachanok mango, raw material using Mahachanok mango wine containing ethanol 83.10 ± 0.00 g/l during the 7-day fermentation period with *Saccharomyces cerevisiae* FER1. The objective of this research is to produce fermented vinegar from Mahachanok mango for SME scale under 0.5 bar aeration at 30.0 ± 0.1 ° C, the initial Total Solution Concentration 80 g/l (TC8) by fermented vinegar production process with Internal Venturi Ejector System. Fermentation was divided into 2 fermentation phases, Start-Up phase (250 L) one cycle and Acetification operation phase (600 L) three cycles. The results of the experiment are as follows: acetification rate (ETA) was 12.84 g/l and average acid products (AP) was 30 g/l by strains of *Acetobacter aceti* WK.**

**Keywords—Mahachanok Mango, Fermented Vinegar, Acetic Acid**

## I. บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย รองลงมาจาก ทุเรียน ลำไย และมังคุด ในช่วง 4 เดือนแรกของปี 2654 ไทยส่งออกมะม่วงสด 45,610 ตัน มูลค่ารวม 1,220.61 ล้านบาทโดยตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ มาเลเซีย เกาหลีใต้ เวียดนาม ญี่ปุ่น ฮ่องกง สิงคโปร์ จีน รัสเซีย ลาว และเมียนมา พันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูกเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศมีอยู่หลายพันธุ์ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง มะม่วงฟ้าลั่น มะม่วงมันขายตึก มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงโชคอนันต์ มะม่วงมหาชนก เป็นต้น [1]

น้ำส้มสายชู (vinegar) จัดเป็นสิ่งที่ใช้ปรุงแต่งรสของอาหารที่นิยมใช้ในประเทศไทย โดยเติมในอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติให้เปรี้ยวเพิ่มขึ้น และยังถูกใช้ในการถนอมอาหารจำพวกของหมักดอง ประเภทของน้ำส้มสายชูที่บริโภคกันมีปริมาณกรดน้ำส้มอยู่ประมาณร้อยละ 4-7 ของน้ำหนักทั้งหมด น้ำส้มสายชูหมักสามารถผลิตได้จากผลไม้ ธัญพืช หรือแม้แต่การนำผลผลิตที่เหลือใช้คุณภาพไม่ได้มาตรฐาน ตัวอย่างงานวิจัย การผลิตน้ำส้มสายชูจากเปลือกและแกนสับปะรด และการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยที่สุกจัด ขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก เริ่มจากการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์โดยกระบวนการหมักของยีสต์ จากนั้นนำไปหมักเพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดแอซีติก โดยเชื้อจำพวก Acetic Acid Bacteria (AAB) [2]

บทความที่เผยแพร่ระหว่าง 1995 และ 2018 มีการศึกษาผลกระทบของการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักต่อ glycemic profile ในเลือดของมนุษย์

และ putative mechanistic cellular pathways ในทั้งแบบมนุษย์และสัตว์ [5] มีการศึกษาจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าน้ำส้มสายชูหมักมีศักยภาพในการรักษาโรคอ้วน เบาหวาน โรคหัวใจ มะเร็งและการติดเชื้อจุลินทรีย์ และรวมถึงการดื่มเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มสายชูหมัก 15 มิลลิลิตรต่อวัน (กรดแอซีติก 750 มิลลิลิตร) เป็นประจำทุกวันช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือด และโรคอ้วน [6] งานวิจัยของ W. Krusong และคณะ ทำการศึกษา ผลกระทบของความเข้มข้นเริ่มต้นของกรดแอซีติกและเอทานอลภายในถังหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous Acetification) โดยการปรับสภาพของ *A. aceti* WK ให้มีความทนทานต่อปริมาณกรดที่สูงและใช้เอทานอลเป็นสารอาหาร ผลที่ได้สามารถผลิตกรดแอซีติกต่อวันโดยเฉลี่ย 9.12 กรัมต่อลิตร และค่าผลได้ร้อยละ 94.4 ซึ่งช่วยลดต้นทุนให้กับผู้ผลิตสินค้าที่ต้องใช้น้ำส้มสายชูหมักเป็นองค์ประกอบหลัก [7]

กระบวนการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องเป็นกระบวนการหมักที่ได้รับความนิยมในอุสกรรมการผลิตน้ำส้มสายชูเนื่องจากพระช่วยลดความเสี่ยงของการยับยั้งสารตั้งต้นและการสะสมของสารแคแทบอไลต์ ยิ่งไปกว่านั้น ยังช่วยให้สามารถนำกรดกลับมาใช้ซ้ำได้ในรอบถัดไป ซึ่งส่งผลให้การผลิตกรดแอซิติที่มีความเข้มข้นสูง เป็นความต้องการหลักของอุตสาหกรรมน้ำส้มสายชู [8-9]

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยแรกที่ผลิตน้ำส้มสายชูจากมะม่วงมหาชนกในระดับ SME โดยศึกษากระบวนการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องกำลังการผลิตได้สูงสุด 600 ลิตร ในสภาวะการเติมอากาศอยู่ที่ 0.5 บาร์ กระบวนการหมักนี้อ้างอิงมาจาก Prediction of influence of stepwise increment of initial acetic acid concentration in charging medium on acetification rate of semicontinuous process by artificial neural network [10] ซึ่งมีถังหมักกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar Production Process) ด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ (Internal Venturi Ejector System) เลขที่ทรัพย์สินทางปัญญา : 12907 ในนาม ศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ

## II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Warawut และ Assanee ได้ศึกษาระบบ ALMR (Novel Air-Lift Acetifier with Mash Recycling) สำหรับการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องที่ 30 องศาเซลเซียส สำหรับผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวโพด โดยใช้ฟองน้ำรังบวบขนาด 1 นิ้ว ดูดสับเซลล์ของเชื้อ *A. aceti* WK ในการทดลองนี้ ใช้อัตราการให้อากาศ 200 ลิตรต่อชั่วโมง เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตน้ำส้มสายชู ซึ่งมีปริมาณไวน์ข้าวโพดที่ใช้ศึกษา ดังนี้ต่อไปนี้ 40% 50% และ 60% พบว่า ปริมาณของไวน์ 50% เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด โดยมีปริมาณกรดสุดท้าย 6.8-7.2% ภายใน 4-5 วัน อัตราการผลิตกรดอยู่ที่ 0.0183 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ถึง 0.0260 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) เพื่อยืนยันถึงโครงสร้าวที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับเซลล์ *A. aceti* WK บนฟองน้ำรังบวบ [11]

ในการศึกษากระบวนการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องของการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าว โดย Thitima และ คณะ วัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นทั้งหมด (Total Concentration) ระหว่างความเข้มข้นของกรดแอซีติกและความเข้มข้นของเอทานอล โดยใช้ Near-infrared spectroscopy เพื่อตรวจสอบความในระหว่าง 10 รอบของกระบวนการหมัก และแบบจำลอง partial least squares regression (PLS-regression) ในการทำนาย สำหรับการทำนายความเข้มข้นของกรดแอซิติก มีตัวแปรดังต่อปนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) คาความคลาดเคลื่อนจากการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการ (RMSEC) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายด้วยตัวอย่างกลุ่มตรวจสอบความถูกต้อง (RMSECV) ค่าอัตราส่วนระหว่าง SEP กับ SD และ ความผิดพลาด (Bias) ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.96 2.30 กรัมต่อลิตร 2.44 กรัมต่อลิตร 1.11 กรัมต่อลิตร และ 5.56 ตามลำดับ ในส่วนเอทานอล มีตัวแปรเช่นเดียวกับกรดแอซิติกค่าที่ได้ดังนี้ 0.94, 3.15 กรัมต่อลิตร 2.73 กรัมต่อลิตร 0.40 กรัมต่อลิตร และ 4.04 ตามลำดับ จากค่าทั้งหมดแสดงถึงความสามารถใช้ในการตรวจวัดอย่างหราบเท่านั้น [12]

จากศึกษาอิทธิพลของ $CaCl_2$ ในการผลิตกรดแอซีติกที่อุณหภูมิสูง โดยเชื้อ *A. aceti* WK ของ W. Krusong และ คณะ อุณหภูมิสูงที่ใช้อยู่ที่ 36 ± 1 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของ $CaCl_2$ ในการวิจัยนี้อยู่ที่ 0.05 0.1 0.15 0.2 และ0.25% พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณของ ฟอสโฟลิพิด (phosphotidylcholine และ phosphatidylglycero) ไขมันอิสละ (cis-vaccenic acid, palmitic acid และmyristicacid) และเอนไซม์ที่ยึดเหนี่ยวเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกรดแอซิติก (alcohol dehydrogenase และaldehyde dehydrogenase) ต่างจากตัวควบคุมที่ไม่ได้เติม $CaCl_2$ (0%) ในส่วนของการผลิตกรดแอซิติกนั้นพบว่าการเติม $CaCl_2$ 0.15% มีการผลิตกรดแอซิติกสูงสุด มีผลการผลิตกรดแอซิติกสามรอบดังนี้ 9.33±0.6 8.67±0.8 และ9.67±0.7 กรัมลิตรต่อวัน ตามลำดับ ในการศึกษานี้มีประโยชน์อย่างมากในการลดต้นการผลิตของระบบควบคุมความเย็น [13]

ไหมข้าวโพดอ่อนเป็นของเสียที่ได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวโพด ซึ่งส่วนใหญ่ถูกทิ้งหรือเป็นอาหารสัตว์ มีส่วนประกอบของสารต่างที่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ น้ำมันหอมระเหยสเตียรอยด์ ซาโปนินและสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ มากกว่านั้นพบ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน แทนนินและเกลือแร่ ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย จึงทำให้นักวิจัย W. Krusong และคณะ ได้ไหมข้าวโพดออกมาอบแห้งเพื่อป้องกันเกิดเชื้อรา หลังจากนั้นได้นำไปผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวโพดอ่อนอบแห้ง ซึ่งการวิเคราะห์สารสำคัญในน้ำส้มสายชู 9 รอบในการหมักประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด DPPH ABTH และFIC มีผลการวิเคราะห์ดังนี้ .21± 0.05 มิลิกรัม GAE ต่อมิลิลิตร 10.72± 0.3 % การยับยั้ง 4.06± 0.79 % การยับยั้ง และ19.93± 0.17 % ตามลำดับ ซึ่งมีการกรดแอซิติก 75 ± 1 กรัมต่อลิตร ในการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง [14]

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

*III.I การเตรียมตัวอย่าง*

วัตถุดิบมะม่วงมหาชนก (*Mangifera indica Linn*. cv. 'Maha Chanok') จากบริษัทเชียงใหม่ เฟรช จำกัด ตั้งอยู่ที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกมะม่วงสุกที่มีเปลือกมะม่วงมหาชนกจะต้องมีสีเหลืองอมแดง เพื่อนำมาทำมะม่วงพิวเร่ โดยเก็บรักษาที่ - 18 องศาเซลเซียส ก่อนทำการหมักต่อไป

*III.II การหมักไวน์*

นำมะม่วงพิวเร่แช่แข็ง 10 กิโลกรัม ละลายโดยการแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และปรับปริมาตร 95 กิโลกรัม โดยน้ำเชื่อมและมีปริมาตรของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ที่ 18 °Brix – 19 °Brix นำไปฆ่าเชื้อ หลังจากนั้นเติมหัวเชื้อ *S. cerevisiae* FER1 5 ลิตร ใช้เวลาในการหมัก 7-9 วัน

*III.III การหมักน้ำส้มสายชู*

นำไวน์มะม่วงมหาชนากจากหัวข้อ *III.II.* มาหมักต่อกับเชื้อ *A. aceti* WK ถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงในการหมัก Start-Up phase (250 ลิตร) และ Acetification operation phase (600 ลิตร) มีความเข้มข้นรวมเริ่มต้นอยู่ที่ 80 กรัมต่อลิตร (TC8) ประกอบไปด้วยปริมาณกรดแอซีติก 45 กรัมต่อลิตร และแอลกอฮอล์ 35 กรัมต่อลิตร โดยปริมาณการเติมอาการอยู่ที่ 0.5 บาร์ อุณหภูมิ 30.0 ± 0.1 องศาเซลเซียส ในทุกรอบของการหมักต้องเติมอาหารเลี้ยงเชื้อดังนี้ yeast extract 5 กรัมต่อลิตร Glucoss 5.0 กรัมต่อลิตร Magnesium Sulphate Heptahydrate 0.2 กรัมต่อลิตร และ Diammonium Phosphate 0.5 กรัมต่อลิตร [10]

*III.VI วิธีการวิเคราะห์*

ไวน์ถูกวิเคราะห์หาปริมาตรแอซีดิตี ปริมาตรแอลกอฮอล์ (Ethanol (ET)) พีเอช (pH) และ ปริมาตรของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Soluble Solids (TSS))

น้ำส้มสายชูถูกวิเคราะห์หาปริมาตรแอซีดิตี ET น้ำหนักเซลล์แห้ง (Cell Dry Weight (CDW)) และ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen (DO))

แอซีดิตี (กรัมต่อลิตร) โดยการการใช้ NaOH 0.1 N ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ [15] และปริมาณแอลกอฮอล์ (กรัมต่อลิตร) โดยเครื่องอีบลูมิเตอร์ (Dujadin–Salleron, France)

พีเอชถูกวิเคราะห์โดยเครื่อง pH meter (Lab855, SI Analytics, Germany) และ TSS โดย Refractometer (HI96800, Hanna, Romania) รายงานเป็น °Brix

DO โดยเครื่อง Dissolved Oxygen Meter (HANNA, HI9146) รายงานผลเป็นหนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm) และ CDW โดยการนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงที่ 6000 รอบต่อนาที ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ได้ส่วนที่เป็นส่วนเหนือตะกอนและตะกอน นำส่วนที่เป็นตะกอนนพมาเป็นกราฟมาตรฐานวัดความยาวคลื่นที่ 600 นาโนเมตร ดัดแปลงจาก [10]

*III.V การวิเคราะห์ทางสถิติ*

งานวิจัยนี้ใช้การทดลองออกแบบแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้ IBM SPSS สำหรับ Windows (Armonk, NY: IBM Corp) เพื่อคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้วิธีของ Duncan ระดับความเชื่อมั่น 95%

## VI. ผลการวิจัย

*VI.I ผลการผลิตไวน์มะม่วงมหาชนก*

จากผลการทดลองหมักไวน์มะม่วงมหาชนก 1,200 ลิตร จำนวน 12 ถัง โดยทำการตรวจวัด ET TSS แอซิดิตี(กรดแลกติก) และ ค่าพีเอช โดยตรวจวัดทุก 0 1 3 5 และ7 วัน พบว่าปริมาณ TSS วันที่ 0 และ 7 มีปริมาณ TSS อยู่ที่ 18.78 ± 0.49 °Brix และ 9.54 ± 1.42 °Brix ตามลำดับ ทำให้ได้เอทานอล 83.10 ± 0.00 กรัมต่อลิตร ในวันที่ 7 พร้อมกับปริมาณกรดรวมที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.63 ± 0.10 กรัมต่อลิตร จึงส่งทำให้ค่าพีเอช ลดลง แสดงในตารางที่ 1

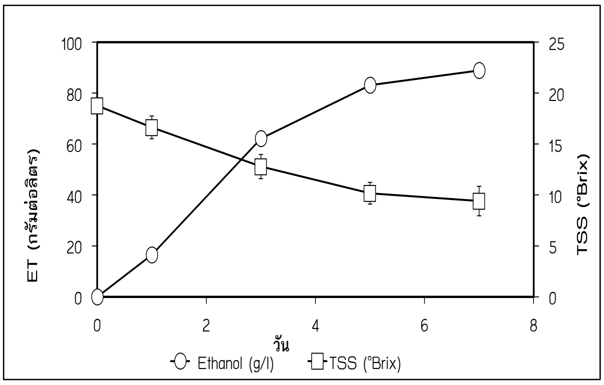
จากรูปที่ I ช่วงแรกในการหมัก วันที่ 0-1 เอทานอลอย่างช้าๆ พร้อมกับลดลงของ TSS อย่างช้า ๆ แต่เมื่อวันที่ 1-2 เชื้อมีการผลิตเอทานอลอย่างรวดเร็ว และในช่วงต่อ 3-7 วัน มีการผลิตเอทนอลเพิ่มช้าลง แสดงให้เห็นว่าเชื้อมีการใช้น้ำตาล

ตารางที่ I การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักไวน์มะม่วงมหาชนกเป็นเวลา 7 วัน

| เวลา (วัน) | TSS (°Brix) | ET (กรัม/ลิตร) | กรดแลกติก (กรัม/ลิตร) | พีเอช |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 18.78±0.49 | 0±0.00 | 0.40±0.80 | 4.54±0.37 |
| 1 | 16.63±1.13 | 16.50±0.00 | 2.40±0.50 | 3.38±0.40 |
| 3 | 12.79±1.20 | 62.20±0.00 | 2.60±0.20 | 2.91±0.06 |
| 5 | 10.18±1.04 | 83.10±0.00 | 2.63±0.10 | 2.86±0.10 |

*VI.II ผลการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย A. aceti WK ในสภาวะการเติมอากาศ 0.5 บาร์*

จากการศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วงมหาชนกในความเข้มข้นรวมเริ่มต้น TC 8 โดยการเติมอากาศที่ 0.5 บาร์ ในช่วง start-up มีปริมาตรเริ่มแรก 250 ลิตร และต่อมาทำการปรับปริมาณเป็น 600 ลิตร ในช่วง operation phase ทั้งหมด 3 รอบการหมัก ตรวจวัดทุก 2 วันของการหมัก โดยวัด ET ปริมาณกรดรวม (กรดแอซีติก) น้ำหนักเซลล์แห้ง CDW และ ค่าออกซิเจนละลาย DO จากตารางที่ II ผลของ ETA 1.29 กรัมต่อลิตร และผลได้ของการเปลี่ยนแปลงรูปสารได้ร้อยละ 98.9 ในระยะเวลาการหมัก 19 วัน 21 วัน และ 33 วัน

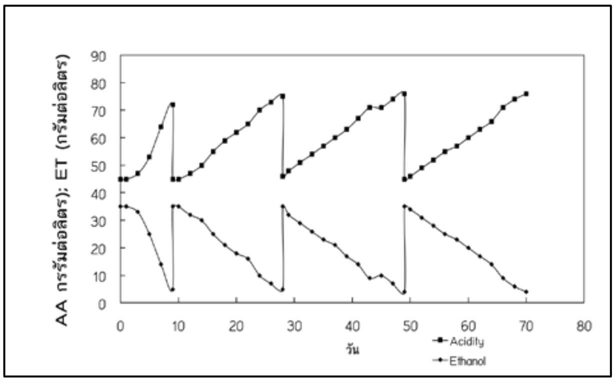



รูปที่ I ความสัมพันธ์ระหว่าง ET (กรัมต่อลิตร) กับ TSS (°Brix) ในระหว่างการหมักไวน์มะม่วงมหาชนก

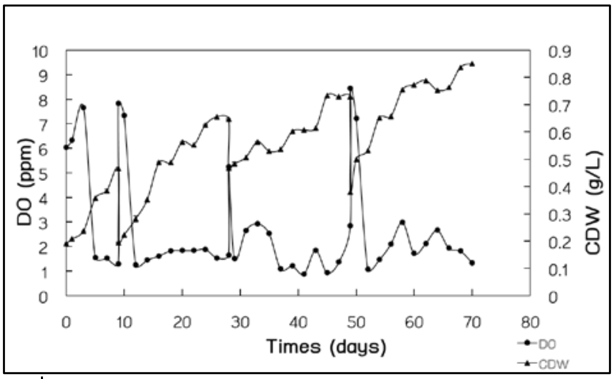
จากรูปที่ II พบว่าช่วง start-up ในวันที่ 0 และ 1 แบคทีเรียมีการปรับตัวไม่มีการผลิตกรดและเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในระยะเวลา 9 วัน ปริมาณเอททานอลสุดท้ายอยู่ที่ 5 กรัมต่อลิตร โดยผลได้ของการเปลี่ยนแปลงรูปสารร้อยละ 90 แสดงในตารางที่ II ซึ่งแสดงให้เป็นว่ามีการสูญเสียในระหว่างการหมัก

จากรูปที่ III ในช่วงของ start-up ในวันที่ 0 1 และ 3 DO อยู่ที่ 6.03 ± 0.08 ppm 6.33 ± 0.01 ppm และ 7.65 ± 0.00 ppm ตามลำดับและมีปริมาตร CDW อยู่ที่ 0.191 ± 0.003 กรัมต่อลิตร 0.208 ± 0.003 กรัมต่อ

ลิตร และ 0.238 ± 0.003 กรัมต่อลิตร เชื้อนั้นมีการปรับสภาพในระหว่างการหมักช่วงแรก ๆ แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า DO ลดลง พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของปริมาตร CDW (Log phase) ซึ้งการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ของ CDW และ DO ลักษณะนี้เกิดขึ้นในทั้ง 3 รอบการหมัก และในวันสุดท้ายของทุกรอบการหมัก




รูปที่ II ความสัมพันธ์ระหว่าง ET (กรัมต่อลิตร) กับ TSS (°Brix) ในระหว่างการหมักไวน์มะม่วงมหาชนก




รูปที่ III ความสัมพันธ์ระหว่าง DO (ppm) ระหว่าง CDW (กรัม/ลิตร) ที่สภาวะการเติมอากาศ 0.5 บาร์

## VII. อภิปรายผล

ผลของการหมักไวน์ในตารางตารางที่ I ค่าพีเอชลดลงสอดคล้องกับหนังสือของ Rankine at all [16] แสดงให้เห็นว่า การลดลงของค่าพีเอชและการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณกรดรวม ในการทดลองทั้งหมด 7 วัน เนื่องจากในกระบวนหมักของยีสต์จะผลิตกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ออกมาพร้อมกับสร้างคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 48.9 % มีบางส่วนละลายน้ำทำให้เกิดกรดคาร์บอนนิคจึงทำให้ค่า pH ลดลง และ ปริมาณกรดรวม เพิ่มขึ้น

ผลการหมักไวน์ในรูปที่ I มีการเปลี่ยนแปลงของ TSS และET ลักษณะเหมือนในงาน ปัณฑิตา และคณะ [3] เชื้อได้ใช้น้ำตาลกลูโคส ในสภาวะปราศจากออกซิเจน โดยใช้กระบวนทางชีวเคมีอาศัยปฏิกิริยาของเอนไซม์เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นแอลกอฮอล์ โดยผ่าน Embden-Meyerhor-Panas pathway และยังสอดคล้องงานวิจัยของ สวรรยา และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาการผลิตไวน์จากน้ำเปลือกสับปะรด โดยใช้เชื้อ *S. cerevisiae* Montache ในการหมัก โดย TSS เริ่มแรกอยู่ที่ 20-22 °Brix พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้ออย่างรวดเร็วในระยะเวลาช่วงแรกของการหมัก เนื่องจากยีสต์มีการใช้ออกซิเจนในการเพิ่มจำนวน แต่เมื่อออกซิเจนหมดลงยีสต์มีจึงหยุดการเพิ่มจำนวน ส่งผลให้เชื้อทำการบริโภคน้ำตาลที่มีอยู่เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นปริมาตรของแข็งที่ละลายจึงลดลงตามปริมาตรแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น ใช้เวลาในการหมัก 7 วัน ได้ ET11.9 % และ TSS อยู่ที่ 8 °Brix

จากตารางที่ II แสดงให้เห็นว่าเชื้อ *A. aceti* WK มีความสามารถทนต่อกรดได้ ในงานวิจัยของ W. Krusongและคณะ [10] ได้สอดคล้องผลการทดลอง โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ศึกษาผลของการเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดแอซิติกเริ่มต้นที่ 45 55 และ 65 กรัมต่อลิตร โดยมีความเข้มข้นของเอทานอลคงอยู่ที่ 35 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีอัตราการผลิตกรดที่สูง ในช่วง start-up ค่าผลได้การเปลี่ยนแปลงรูปมีค่าต่ำกว่าในช่วง Acetification operation ในงานวิจัยอีกชิ้นเป็นไปในทิศทางเช่นเดียว W. kusong [7] โดย ศึกษาความเข้มข้นรวม TC 100 (กรดรวม 65 กรัมต่อลิตร และเอทานอล 35 กรัมต่อลิตร) ที่ส่งผลต่อการผลิตกรดรวม โดยเชื้อ *A. aceti* WK พบการเพิ่มขึ้นของกรดรวมและเอทานอลลดอย่างรวดเร็ว ค่าผลได้การเปลี่ยนแปลงรูปสารช่วง start-up อยู่ที่ร้อยละ 83.8 แต่เมื่อรอบการหมักอื่นๆ มีค่าระหว่างร้อยละ 89.7 ถึง 98.3 และในตามทฤษฏีกระบวรการผลิตของ C. A. Batt and M. Tortorrello [17] กรดแอซีติกของ *Gluconobacter* พบโปรตีนคีนัวในผนังเซลล์ (Membrane-bound quinoproteins) ทำหน้าที่เปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นอัลดีไฮด์ อัลดีไฮดเป็นกรดแอซีติกและของเสียงจากกระบวนการนี้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำทำให้เกิดการออกซิเดชันของกรดแอซีติก จึงจำเป็นต้องมีเอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงและออกซิเจนอย่างต่อเนื่องในระบบการหมักแบบจุ่ม (submerged fermentations) ด้วยเหตุผลนี้ผลได้การเปลี่ยนแปลงรูปสารร้อยละ 90 ถึง 98

ในรูปที่ III รอบการหมัก start-up รอบที่ 1 รอบที่ 2 และรอบที่ 3 มีปริมาตร CDW อยู่ที่ 0.465 ± 0.05 กรัมต่อลิตร 0.647 ± 1.66 กรัมต่อลิตร 0.730 ± 0.002 กรัมต่อลิตร และ 0.790 ± 0.002 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ II ผลการทดลอง 3 รอบการหมักที่สภาวะการให้อากาศ 0.5 บาร์

| รอบ | เวลา | ปริมาตรกรดรวม | | AP (ลิตร/กรัม) | ETA (ลิตร/กรัม) | ET | | เอทานอลออกซิเดชัน | ผลได้การเปลี่ยนแปลงรูป (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (วัน) | เริ่มต้น (ลิตร/กรัม) | สุดท้าย (ลิตร/กรัม) | | | เริ่มต้น (ลิตร/กรัม) | สุดท้าย (ลิตร/กรัม) | | |
| Start-up | 9 | 45 | 72 | 27 | 30.00 | 35 | 5 | 30 | 90.0 |
| 1 | 19 | 46 | 75 | 30 | 1.58 | 35 | 5 | 30 | 100.0 |
| 2 | 21 | 46 | 76 | 30 | 1.40 | 35 | 4 | 31 | 96.7 |
| 3 | 21 | 45 | 76 | 31 | 0.90 | 35 | 4 | 31 | 100.0 |
| Average (1-3) | 20.33 | | | **30.33** | **12.84** | | | **31** | **97** |

ได้สอดคล้อง W. krusong และคณะ [7] ได้แสดงความสัมพันธ์ของ CDW และ DO ในช่วง start-up มีปริมาตร CDW สูดสุด 0.0052 ± 0.0014 กรัม ต่อ ลิตร หลังจากหมัก 7 วัน และรอบการหมักถัดไปใช้ในการหมัก 8 วัน ปริมาตร CDW สูดสุด 0.036 ± 0.0015 กรัมต่อลิตร โดยที่ทั้งรอบการหมักนี้มีการลดของ DO ในวันแรกและวันสุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญ ในทิศทางเดียวกันการเจริญเติบโตของ Acetic acid bacteria มีการเติมโตที่ช้าลงเมื่อมีปริมาตรกรดแอซีติกสูงกว่า 40 กรัม ต่อ ลิตร และถ้ามีปริมาตรกรดแอซีติกสูงกว่า 60 กรัม ต่อ ลิตร ทำให้การเจริญยิ่งช้าลงกว่าเดิม

จากผลการทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นว่าการผลิตน้ำส้มสายชูด้วยกระบวนการหมักแบบแบบกึ่งต่อเนื่องโดยความเข้มข้นเริ่มแรก TC 80 เป็นกระบวนการได้รับการยอมรับเนื่องจากมีสภาพแวดล้อมในการหมักและกระบวนการที่เหมาะสม จึงสามารถผลิตได้จริงในระดับอุสาหกรรมและ SME ได้จริง [7-14]

## VIII. สรุปผล

น้ำส้มสายชูหมักจากมะม่วงมหาชนก โดยเครื่องถังหมักที่ใช้ระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ ในปริมาตรได้สูงสุดได้ 600 ลิตร และใช้เชื้อ *A. aceti* WK ที่มีความสามารถในการผลิตกรด โดยมีค่า AP 30 ลิตร่อกรัม ETA 12.84 ลิตรต่อกรัม ซึ่งผลิตน้ำส้มสายชูมะม่วงมหาชนกได้ 1,080 ลิตร ในระยะเวลา 73 วัน ซึ้งสามารถผลิตได้จริงในระดับ SME แต่ยังจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงานวิจัยนี้ของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมักคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยในการอนุเคราะห์จุลินทรีย์สำหรับทำวิจัย และขอขอบคุณ ศ. ดร.วราวุฒิ ครูส่งและคณะ ที่มอบองค์ความรู้ ในการใช้ถังหมักผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ

## เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, "วิเคราะห์สถานการณ์เศษฐกิจการค้าไทยรายภูมิภาค ประจำเดือนพฤษภาคม2564", [Online], เข้าถึงจาก : http://www.tpso.moc.go.th/sites/default/files/wiekhraaahsthaankaarnesrsthkicchkaarkhaaraayphuumi.pdf. 2564.

[2] จุฑามาศ มณีวงศ์, "การผลิตน้ำส้มสายชูจากสาโท." รายงานผลการวิจัย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์), 2555.

[3] ปัณฑิตา ถาดสระน้อย, ภัทราวรรณ ถนอมกลาง และอุสุมาวะดี พิทักษ์, "การผลิตไวน์เสาวรส," ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 64 หน้า 2542.

[4] สวรรยา ปัญญานันท์, ชนกภันทร ผดุงอรรถ และวรรณรัตน์ เฉลิมแสนยากร, "การพัฒนาผลิตภันฑ์ไวน์และน้ำส้มสายชูหมักสับปะรดเหลือทิ้ง," การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย, 6 :455-461, มีนาคม. 2561.

[5] Heitor O.S., M Wilson M.A.M. M., Guilherme, A.R.da S., Jonato P. and Brad, J.S., "Vinegar (acetic acid) intake on glucose metabolism: A narrative review," Clinical Nutrition ESPEN, vol. 32, pp. 1-7, August 2019.

[6] A. Samad, A. Azlan, andA. Ismail, "Therapeutic effects of vinegar: a review," Current Opinion in Food Science, vol. 8, pp. 56-61, April. 2016.

[7] W., Krusong, S., Yaiyen and S., Pornpukdeewatana, "Impact of high initial concentrations of acetic acid and ethanol on acetification rate in an internal Venturi injector bioreactor," Journal of Applied Microbiology, vol. 118, no. 3, pp. 1-12, Mar. 2015.

[8] M. Carmen, D. Inés María, H. Jorge E, G. Isidoro, "Optimization of the Acetification Stage in the Production of Wine Vinegar by Use of Two Serial Bioreactors" Applied Science, vol. 1217, no. 11, pp. 1-16, Jan. 2021.

[9] M. Carmen, D. Inés María, H. Jorge E, G. Isidoro, "Optimization of the Acetification Stage in the Production of Wine Vinegar by Use of Two Serial Bioreactors" Applied Science, vol. 1217, no. 11, pp. 1-16, Jan. 2021.

[10] W., Krusong, Pornpukdeewatana, S., Kerdpiboon, S., and Tantratian, S. "Prediction of influence of stepwise increment of initial acetic acid concentration in charging medium on acetification rate of semicontinuous process by artificial neural network," LWT - Food Science and Technology, vol. 56, pp. 383-389, May. 2014.

[11] W. Krusong and A. Vichitraka, "An Air-lift Acetifier with Mash Recycling System for Corn Vinegar Production by Adsorbed Cells of Acetobacter aceti WK on Surface of Loofa Sponge," International Conference on Biotechnology and Food Science, vol. 7, pp. 86-90, 2011.

[12] T. Phanomsophon, P. Sirisomboon, R. Lapcharoensuk, B. Shrestha, and W. Krusong, "Evaluation of acetic acid and ethanol concentration in a rice vinegar internal venturi injector bioreactor using Fourier transform near infrared spectroscopy," vol. 27, no. 6, pp. 416-423, Aug. 2019.

[13] W. Krusong, S. Kerdpiboon, A. Jindaprasert, S. Yaiyen, S. Pornpukdeewatana, S. Tantratian, "Influence of calcium chloride in the high temperatureacetification by strainAcetobacter aceti WK for vinegar," Journal of Applied Microbiology, vol. 119, pp. 1291-1300, July. 2015.

[14] W. Krusonga, W. Sriphochanart, R. Suwapanich, O. Mekkerdchoo, P. Sriprom, A. Wipatanawin, S. Massa, "Healthy dried baby corn silk vinegar production and determination of itsmain organic volatiles containing antimicrobial activity," LWT - Food Science and Technolog, vol. 177, pp. 1-9, Sep. 2019.

[15] AOAC, Official Methods of Analysis, 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA. C. 2000.

[16] Rankine, B, C., Making Good Wine: A Manual of Winemaking Practice for Australia and New Zealand, Australia: Plan Macmillan Publisher, pp. 374, 1993.

[17] C. A. Batt and M. Tortorrello, "Encyclopedia of Food Microbiology," Edition 2. United Kingdom: Elsevier, vol. 2, no. 1, pp. 8, April. 2014.

# การศึกษาและออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์เพื่อสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน

ณัฐพงษ์ อัครปฐมลักษณ์[1*] ชาญ จารุวงศ์รังสี[2] คณากาญจน์ รักไพฑูรย์[3] ณิชกานต์ ไชยจักร์[4]

*[1*]สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพ, ประเทศไทย*
*[2]สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพ, ประเทศไทย*
*[3]สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพ, ประเทศไทย*
*[4]สาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพ, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : chanit@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยทางด้านการออกแบบการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town 2) เพื่อออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์ด้วย Web Application Gather Town 3) เพื่อศึกษาผลของกิจกรรม Discovery Connect ในด้านการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนในรูปแบบออนไลน์ โดยมีวิธีการดำเนินงานคือศึกษาทฤษฎีแนวทางการสร้างกิจกรรมในรูปแบบออนไลน์เพื่อออกแบบการสร้างกิจกรรม ด้วย Web Application Gather Town จากนั้นทำการทดสอบ และประเมินผลถึงความพึ่งพอใจ โดยคณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน ที่เข้าร่วมกิจกรรม Discovery connect จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ปัจจัยทางด้านการออกแบบการจัดกิจกรรม อีเว้นท์ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town ต้องมีการสร้างกิจกรรมในรูปแบบเกมและการให้รางวัลแก่ผู้ชนะเพื่อกระตุ้นให้เกิดการกระตือรือร้น และรูปแบบกิจกรรมให้มีการเดินพบปะในสถานที่ต่างๆ โดยสถานที่ต้องมีความใกล้เคียงสถานที่จริงให้มากที่สุด ทั้งนี้การประชาสัมพันธ์กิจกรรมต้องมีหลายช่องทางและสื่อสารไปยังกลุ่มเป้าหมายอย่างเสม่ำเสมอ 2) ผลออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์ ด้วย Web Application Gather Town ประกอบด้วย map สำคัญด้านล่างโซนด้านหน้าตึก E ที่ออกแบบเป็นลานกิจกรรมและสามารถเดินรอบๆ อาคาร A อาคาร B และอาคาร E เพื่อคนหาคำใบ้ตามกิจกรรมเกม และสถานที่สำคัญในส่วนของชั้น 3 ห้อง IT Studio 3) กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายใต้ Discovery connect ในด้านการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามผู้เข้าร่วมกิจกรรม 25 คน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นในประเด็นที่น่าสนใจคือ ผู้เข้าร่วมมีความสนุกในการร่วมกิจกรรมในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.08 และอยากเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งต่อไปในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.08 ซึ่งสิ่งสำคัญคือถ้านำมาใช้ในการเรียนการสอนจะช่วยสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนได้มากขึ้นในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.08 ซึ่งจากผลการวิจัยมีแนวโน้มในการนำไปพัฒนา ประยุกต์การศึกษาและออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์เพื่อสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนได้

***คำสำคัญ*** : อีเว้นท์ออนไลน์, Gather Town

# A Study and Design of Online Recreational Events to Improve Classroom Atmosphere

Nattapong akkrapathomlak[1*] Chan Jaruwongrungsee[2] Kanakarn Ruxpaitoon[3] Nichakan Chaiyajak[4]

[1*]*Digital Technology in Mass Communication Program, Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2]*Digital Technology in Mass Communication Program, Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[3]*Digital Technology in Mass Communication Program, Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[4]*MultimediaTechnology Program, Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: chanit@tni.ac.th

***Abstract***

The objectives of this research were to 1) study the design factors for organizing online events using the Gather Town Program, 2) design online recreational events using the Gather Town Web Application, and 3) study the outcome of the Discovery Connect event in improving the online classroom atmosphere. The process included studying the theories and guidelines for organizing online events to design events using the Gather Town Web Application, trialing, and evaluating satisfaction. The research team collected data from 25 students of the Faculty of Information Technology, Department of Digital Technology in Mass Communication who participated in the Discovery Connect event. The results of the research are as follows: 1) regarding the design factors for organizing online events with the Gather Town Program, games and rewarding of winners are needed in order to motivate students; the event needs to be organized to allow the participants to walk and meet people in various places, which must be as close to the real places as possible; this event must be promoted in multiple channels and must be communicated to the target group frequently, 2) the result of the design of online recreational events with the Gather Town Web Application consists of a map in front of Building E, which is designed as a place to carry out events and allow people to walk around Building A, Building B and Building E to find game clues, and an important venue like IT Studio on the 3rd floor, and 3) from the Discovery Connect event, in terms of improvement of the classroom atmosphere, The researchers analyzed the data using percentage, mean values. and standard deviation to analyze data from a questionnaire of 25 participants. Which results in interesting issues. It was found that the participants highly enjoyed participating in the activity Average 4.08. and were eager to participate in the next activity. Average 4.08. It is important that if used in teaching, it will create a much greater level of classroom atmosphere. Average 4.08. If these activities are used for teaching, the classroom atmosphere will be improved to a large extent.

***Keywords***: Online Event, Gather Town

## 1) บทนำ

ในช่วงปลายปี พ.ศ.2562 ประชากรทั่วโลกเริ่มรับรู้ถึงการแพร่ระบาดของ COVID-19 ที่มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว โดยได้รับการยืนยันจากแหล่งที่มาจากการแพร่ระบาดในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน หลักจากนั้นเชื้อมีการลุกลามไปอย่างรวดเร็วในทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งทุกคนต่างก็ต้องเรียนรู้เพื่อทำการปรับตัวในยุคชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) แน่นอนว่าส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของผู้คน การดำรงชีวิตประจำวันทั้งด้านการทำงานในทุกๆอาชีพ รวมทั้งด้านการเรียนการสอน ส่งผลให้สถานศึกษาไม่สามารถเปิดการเรียนการสอนได้ตามปกติ (มนธิชา-2021) และสถานศึกษาต่าง ๆ จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างเร่งด่วนในการ พัฒนาการเรียนการสอนของอาจารย์มาเป็นแบบออนไลน์เพื่อลดการเผชิญหน้ากัน โดยให้มีการจัดการเรียนรู้แบบ ออนไลน์ 100% โดยงดเดินทางมาเรียน งดการรวมกลุ่มกันเป็นจำนวนมาก งดกิจกรรมหลายๆ กิจกรรมที่จัดเพื่อพัฒนาผู้เรียนมาเป็นแบบออนไลน์ (กาญจนา บุญภักดิ์-2563) ด้วยเหตุดังกล่าวจึงมีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบออนไลน์เพื่อลดความเสี่ยงการแพร่ระบาดของ COVID-19 โดยใช้เครื่องมือ Application ต่างๆสำหรับการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ ได้แก่ Zoom , Google Classroom , Google Meet และ Microsoft Team เป็นต้น ทั้งนี้สิ่งที่ตามมานั้นคือบรรยากาศการเรียนการสอนที่แตกต่างไปจากเดิม เนื่องจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาได้ลดน้อยลงแน่นอนว่าย่อมส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะผู้เรียนขาดความกระตือรือร้นในการเรียน และขาดบรรยากาศการเข้าเรียนที่สถาบันอุดมศึกษาที่ไม่ได้รับอย่างเต็มที่ โดยเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ยังไม่เคยเดินทางหรือเข้ามาศึกษาที่สถานศึกษาในรูปแบบ Onsite ส่งผลให้เกิดความไม่คุ้นเคยของอาจารย์ผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียนไม่มีความสนิทสนมการจับกลุ่มหรือการทำงานกลุ่มจึงเกิดความยากลำบาก คณะทีมวิจัยจึงมองเห็นถึงปัญหาและโอกาสในการทำการศึกษาการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ในรูปแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town เนื่องจากในตัวโปรแกรม Gather Town สามารถจำลองบรรยายกาศห้องเรียนหรือการจำลองสถานที่การจัดกิจกรรมอีเว้นท์ต่างๆในรูปแบบเกม 2 มิติ อีกทั้งตัวโปรแกรมยังสามารถลองรับการเล่นเกม การเปิดกล้อง การพูดคุยกันผ่านเสียงและผ่านข้อความได้ พร้อมทั้งตัวโปรแกรม Gather Town สามารถเข้าร่วมกิจกรรมผ่านเว็บไซต์โดยไม่จำเป็นต้องลงโปรแกรมเพิ่มเติม (Tra Nur Fitria, 2021) และการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงวิกฤต COVID 19 ผู้สอนจำเป็นต้องสร้างบรรยายกาศเสมือนในชั้นเรียน ผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจทันต่อเทคโนโลยี มีความสัมพันธ์ที่ดีต่อผู้เรียน และมีความไวต่อปฏิกิริยาต่อผู้เรียน และ Gather Town ทำให้เกิดความสนุกเพิ่มประสบการณ์ให้กับผู้เรียน รวมถึงยังสามารถปรับแต่งตัวละครและห้องเรียนเสมือนของแต่ล่ะชั้นเรียนให้เหมาะสมตามสถานการณ์ (Abdul , Muhammad-2021) อีกทั้ง Gather Town ยังส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมห้องเรียนออนไลน์มีปฏิสัมพันธ์กันในระดับสูง และยังสามารถนำมาใช้สร้างกิจกรรมต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิ์ภาพ (Chen, Ngu and Hou-2021) ตลอดจนกิจกรรมที่สร้างขึ้นถ้ามีการให้รางวัลแก่ผู้ร่วมกิจกรรมจะกระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมมากขึ้น ตามทฤษฎีของการจูงใจ (theories of motivation) เพราะการให้รางวัลถือว่าเป็นปัจจัยที่ให้เกิดแรงกระตุ้นในการทำสิ่งต่างๆ ให้บรรลุตามเป้าหมาย (ศิริพรจันทศรี – 2550) จากหลักการดังกล่าวคณะทีมวิจัยจึงมีความสนใจในการนำโปรแกรม Gather Town มาจัดกิจกรรมอีเว้นท์โดยนำเอาปัจจัยด้านต่าง ๆ ของการจัดกิจกรรมในครั้งนี้ มาทำการวิจัยเพื่อทราบถึงทัศนคติของนักศึกษาทุกชั้นปีของสาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน ที่สามารถนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมรูปแบบออนไลน์ของสถาบันการศึกษาในช่วงระหว่างการแพร่ระบาดของ COVID-19

## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยทางด้านการออกแบบการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town
2. เพื่อออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์ด้วย Web Application Gather Town
3. เพื่อศึกษาผลของกิจกรรม Discovery Connect ในด้านการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนในรูปแบบออนไลน์

## 3) วิธีดำเนินการวิจัย

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน จำนวน 25 คน เนื่องจากโปรแกรม Gather Town สามารถรองรับจำนวนผู้เข้าร่วมฟรีได้ 25 คน เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากกลุ่มประชากรคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (

Purposive sampling ) และเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย (สมชาย วรกิจเกษมสกุล-2554)

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล คือแบบสอบถามข้อคำถามแบบปลายปิด (Close-ended Questionnaires) เป็นข้อคำถามที่กำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้เลือกคำตอบที่สอดคล้องกับความคิดเห็นของตนเอง โดยแบบสอบถามเป็นชุดของข้อความที่ต้องการทราบพฤติกรรมภายในส่วนบุคคลเกี่ยวกับอารมณ์ ความรู้สึก ความคิดเห็น ทัศนคติ ความสนใจ ความต้องการ ตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการศึกษา (นฤมล จิตรเอื้อ และ ประสพชัย พสุนนท์-2561) ซึ่งแบบสอบถามมี 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประสบการณ์การใช้งานโปรแกรมประชุมออนไลน์ ส่วนที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของนักศึกษาด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ผ่าน Gather Town ซึ่งจะเก็บข้อมูลจากผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรมออนไลน์ Discovery connect เท่านั้น

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

เบื้องต้นทำการศึกษาทฤษฎีแนวทางการสร้างกิจกรรมในรูปแบบออนไลน์เพื่อออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์ ด้วย Web Application Gather Town เพื่อทำการทดสอบ และประเมินผลถึงความพึงพอใจและแนวทางการชื่นชอบการมีส่วนร่วม โดยคณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน ทุกชั้นปีการศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม Discovery connect โดยมีจำนวน 25 คน ในวันอาทิตย์ที่ 31 ตุลาคม 2564 เพื่อประมวลผลข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยขั้นตอนในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลในรูปแบบระบบ google form ให้ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถามด้วยตนเอง ช่วยให้มีการจัดเก็บและจัดระเบียบข้อมูลอย่างปลอดภัย สามารถแก้ไขและเข้าถึงข้อมูลจากที่ใดก็ได้ (นฤมล จิตรเอื้อ และ ประสพชัย พสุนนท์-2561)

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

ผู้วิจัยได้แสดงข้อมูลผลการสำรวจในรูปแบบกราฟ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อศึกษาแนวทางการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์เพื่อสามารถร่วมสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนของสถาบันการศึกษา

## 4) ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแนวทางการสร้างกิจกรรมในรูปแบบออนไลน์ โดยมีผลการวิจัย 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์การวิจัย

*4.1) ส่วนที่ 1 ปัจจัยทางด้านการออกแบบการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town*

จากการศึกษาข้อมูลด้านรูปแบบฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ โปรแกรม Gather Town และทฤษฎีที่ทำให้เกิดแรงกระตุ้น พร้อมทั้งรูปแบบการจัดกิจกรรมนันทนาการ คณะทีมวิจัยสามารถสรุปแนวทางในการวางแผนจัดกิจกรรม 5 ข้อดังนี้

1. การใช้เกมเพื่อกระตุ้นให้เกิดการกระตือรือร้น

2. การให้รางวัลเผื่อเป็นการกระตุ้นตามทฤษฎีของการจูงใจ (theories of motivation)

3. การออกแบบแผนที่ให้ใกล้เคียงสถานที่จริงให้มากที่สุด

ภาพที่ 1 ภาพแผนที่ภายในของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

4. รูปแบบกิจกรรมให้มีการเดินพบปะในสถานที่ต่างๆ ตามแผนที่เพื่อให้ผู้ร่วมงานได้รับประสบการณ์เสมือนอยู่ในสถานที่จริงและบรรยากาศจริง

5. กระตุ้นผู้เข้าร่วมกิจกรรมทางเพจอย่างเสมำเสมอโดยทีมผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาฝึกงานทำการประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องดังภาพต่อไปนี้


ภาพที่ 2 ภาพการประชาสัมพันธ์กิจกรรมผ่าน Facebook

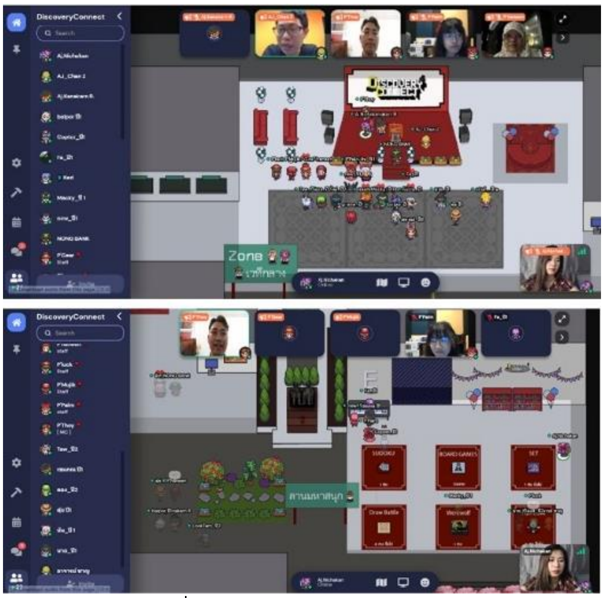
*4.2) ส่วนที่ 2 ผลออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์ ด้วย Web Application Gather Town*

ซึ่งผลของกิจกรรมได้จัดภายใต้ชื่อ Discovery connect เพื่อทดสอบเครื่องมือเกมส์ Simulation โดยมีกำหนดการดังนี้

- 12.30 - 13.00 เริ่มเปิดห้องให้สามารถเข้ามาเดินสำรวจได้
- 13.00 - 13.30 พิธีเปิด อธิบายกิจกรรมหลัก คณาจารย์กล่าวเปิดงานและต้อนรับนักศึกษา ณ เวทีกลาง
- 13.30 - 14.30 อธิบายกิจกรรมเกมคำใบ้มหาสนุก จากนั้นผู้ดำเนินรายการพาขึ้นไปชมห้อง IT Studio ณ ชั้น 3 และเปิดผลงานรุ่นพี่ให้รุ่นน้องชม
- 13.30 - 14.30 รวมพล สุ่มแจกรางวัล ณ เวทีกลาง

โดยบรรยากาศในงาน Discovery connect ดังภาพตัวอย่างที่แสดงต่อไปนี้

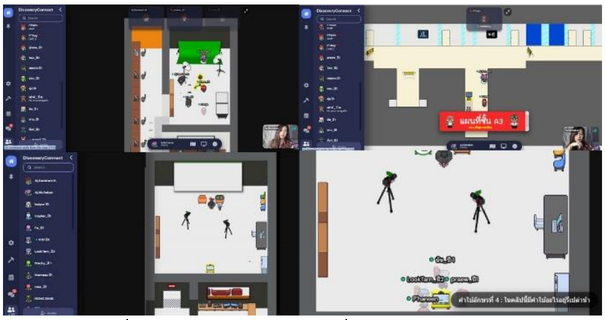
*4.2.1) สถานที่สำคัญด้านล่างภายใน Map ของกิจกรรม* โดยสถานที่ต่างๆ ได้ออกแบบเพื่อให้ใกล้เคียงสถานที่จริงของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น



ภาพที่ 3 ภาพเวทีกลางและลานกิจกรรม

จากภาพด้านบนคือลานกิจกรรมใช้ในพิธีเปิด โดยคณาจารย์กล่าวเปิดงานและต้อนรับนักศึกษา และผู้ดำเนินรายการได้อธิบายกิจกรรมหลักต่างๆ พร้อมโซนด้านหน้าตึก E ที่ออกแบบเป็นลานกิจกรรมที่มีเกม 6 เกม ซึ่งเด็กๆ สามารถเข้าเล่นเกมได้ตามความต้องการอย่างอิสระ และเดินรอบๆ อาคาร A อาคาร B และอาคาร E เพื่อคนหาคำใบ้ตามกิจกรรมเกม

*4.2.2) สถานที่สำคัญในส่วนของชั้น 3 ภายใน Map ของกิจกรรม* ในส่วนของชั้น 3 จะเป็นห้อง IT Studio ซึ่งจะออกแบบ Layout หรือการจัดวางสิ่งของต่างๆ ตามบรรยากาศและสถานที่จริง ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4 ภาพห้อง Studio IT เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรม

*4.2.3) ภาพกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายใต้ Discovery connect*

ทั้งนี้ภายใต้กิจกรรมมีการเปิดกล้องเพื่อให้ทุกคนเห็นหน้ากันและพูดคุยกันผ่านเสียงผ่านการ Chat กันอย่างสนุกพร้อมได้มีกิจกรรมแนะนำตัวของเหล่าคณาจารย์ มีการเล่นเกมใบ้คำ มีโซนเกมที่ผู้ร่วมงานเข้าไปเล่นได้เอง พร้อมทั้งการจับรางวัลพิเศษต่างๆ ซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นเป็นไปตามตารางกำหนดการที่แสดงก่อนหน้านี้ และนักศึกษาที่เข้าร่วมต่างให้ความร่วมมือ

ภาพที่ 5 ภาพบรรยายกาศการจัดกิจกรรม Discovery connect

*4.3) ส่วนที่ 3 ผลสรุปกิจกรรม Discovery Connect ในด้านการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน*

จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มนักศึกษาในสาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชนจำนวน 25 คน จากการจัดกิจกรรม "Discovery Connect" สรุปความพึงพอใจผู้เข้าร่วมการกิจกรรมประชุมรูปแบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม Gather Town ได้ดังต่อนี้

1. ด้านข้อมูลทั่วไป พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างสามารถ แบ่งเป็น เพศชาย 60.0% และเพศหญิง 40.0% โดยส่วนใหญ่จะเป็นนักศึกษาระดับชั้นปีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 66.7% ชั้นปีที่ 3 กับชั้นปีที่ 4 สัดส่วนเท่ากันร้อยละ 12.5% และชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 8.3% ซึ่งนักศึกษาโดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการใช้โปรแกรมทางด้านการประชุมออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 84% โดยโปรแกรมที่ใช้มากที่สุด คือ Google Meet 92% , Zoom 88% และ Microsoft 40%

2. ด้านการประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของนักศึกษาด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ผ่าน Gather Town ดัง

ตารางที่ 1 ตารางความพึงพอใจของนักศึกษาด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ผ่าน Gather Town

| ลำดับ | ประเมินผลของการจัดกิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ความปลอดภัยในการใช้งาน Gather Town | 4.16 | 0.78 | มาก |
| 2 | การกำหนดตัวตนของผู้ใช้งาน Gather Town | 4.16 | 0.78 | มาก |
| 3 | กิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้รู้จักเพื่อนและรุ่นพี่ที่สถาบัน มากน้อยแค่ไหน | 4 | 1.02 | มาก |
| 4 | นักศึกษา สนุกในการร่วมกิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town ในระดับใด | 4.08 | 0.98 | มาก |
| 5 | กิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town ช่วยให้นักศึกษารู้จักสถาบันเทคโนโลยีไทย ญี่ปุ่น มากขึ้นเพียงใด | 3.84 | 1.01 | มาก |
| 6 | กิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town ทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมอยากเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งต่อไป | 4.08 | 1.02 | มาก |
| 7 | จากกิจกรรม Discovery connect ท่านคิดว่าถ้านำมาใช้ในการเรียนการสอน จะช่วยสร้างบรรยายกาศในชั้นเรียนได้มากขึ้นหรือไม่ | 4.08 | 1.02 | มาก |
| | รวม | 4.06 | 0.94 | มาก |

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ผ่าน Gather Town ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาการจัดกิจกรรมมาก สามารถให้ผู้ใช้งานเข้า login ได้ง่ายในระดับมาก มีความพึงพอใจในด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ด้วย Gather Town ในระดับมาก ช่วยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเกิดความกระตือรือร้นในกิจกรรมภายในงานในระดับมาก ช่วยให้สามารถมีส่วนร่วมและสื่อสารกันภายในการทำกิจกรรมร่วมกันในระดับมาก ช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำกิจกรรมในระดับมาก และ Map ใน Gather Town สามารถสร้างความเข้าใจพื้นที่ เสมือนเป็นสถานที่จริงได้ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.02

3. ด้านการเปรียบเทียบการใช้งานกับ Application อื่นๆ ในการจัดกิจกรรมรูปแบบออนไลน์ พบว่า Gather Town ช่วยในการสร้างความกระตือรือร้นในระดับมากเมื่อเปรียบเทียบกับ Applicationอื่นๆถึงร้อยละ 40% ส่วนด้านความเข้าใจในเนื้อหาการในทำกิจกรรมจากการใช้โปรแกรม Gather Town อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีค่าที่เท่ากันร้อยละ 36% นอกจากนี้โปรแกรม Gather Town ยังสร้างความพึงพอใจได้มากกว่า Application อื่นๆ ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 44%

4. ด้านผลประเมินของการจัดกิจกรรม Discovery connect จากผู้ร่วมงาน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ตารางประเมินผลของการจัดกิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town

| ลำดับ | ความพึงพอใจของนักศึกษาด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ผ่าน Gather Town | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Gather Town ช่วยให้บรรลุเข้าใจเนื้อหาการจัดกิจกรรม | 4.04 | 1.00 | มาก |
| 2 | Gather Town สามารถให้ผู้ใช้งานเข้า login ได้ง่าย | 3.96 | 1.06 | มาก |
| 3 | ความพึงพอใจในด้านการจัดกิจกรรมออนไลน์ด้วย Gather Town | 3.96 | 1.04 | มาก |
| 4 | Gather Town ช่วยให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเกิดความกระตือรือร้นในกิจกรรมภายในงาน | 3.88 | 0.99 | มาก |
| 5 | Gather Town ช่วยให้สามารถมีส่วนร่วมและสื่อสารกันภายในการทำกิจกรรมร่วมกัน | 4 | 1.02 | มาก |
| 6 | Gather Town ช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำกิจกรรม | 4 | 1.02 | มาก |
| 7 | Map ใน Gather Town สามารถสร้างความเข้าใจพื้นที่เสมือนเป็นสถานที่จริงได้เพียงใด | 3.96 | 1.00 | มาก |
| | รวม | 3.99 | 1.02 | มาก |

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ร่วมงานประเมินผลประกอบด้วยการจัดกิจกรรม Discovery connect อยู่ในระดับที่มาก หัวข้อต่อไปนี้

ความปลอดภัยในการใช้งาน Gather Town การกำหนดตัวตนของผู้ใช้งาน กิจกรรม Discovery connect เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้รู้จักเพื่อนและรุ่นพี่ที่สถาบัน ซึ่งนักศึกษา สนุกในการร่วมกิจกรรม Discovery connect ในระดับมาก ช่วยให้เข้ารู้จักสถาบันเทคโนโลยีไทย ญี่ปุ่น มากขึ้น ทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมอยากเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งต่อไปและสิ่งสำคัญคือจากกิจกรรม Discovery connect ถ้านำมาใช้ในการเรียนการสอน จะช่วยสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนได้มากขึ้นในระดับมาก โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.94

### 5) สรุปและอภิปรายผล

คณะทีมวิจัยได้สรุปและอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์และผลการวิจัยเป็นดังต่อไปนี้ 1) จากปัจจัยทางด้านการออกแบบการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town ซึ่งคณะทีมวิจัยได้วิเคราะห์สรุปแนวทางในการวางแผนจัดกิจกรรม 5 ข้อ โดยสรุปคือต้องมีการสร้างกิจกรรมในรูปแบบเกมและการให้รางวัลแก่ผู้ชนะเพื่อกระตุ้นให้เกิดการกระตือรือร้น และรูปแบบกิจกรรมให้มีการเดินพบปะในสถานที่ต่างๆ โดยสถานที่ต้องมีความใกล้เคียงสถานที่จริงให้มากที่สุด ทั้งนี้การประชาสัมพันธ์กิจกรรมต้องมีหลายช่องทางและสื่อสารไปยังกลุ่มเป้าหมายอย่างเสมำเสมอ ซึ่งผลการสรุปสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Yuko Okamoto -2021) เรื่องการนำเสนอการประชุม Symposium ของมหาวิทยาลัยในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้โปรแกรม พบว่า Gather Town มีความเหมาะสมกับงานนิทรรศการ กิจกรรมออนไลน์ ช่วยในการค้นหา การติดตั้งวัตถุ การสื่อสาร อื่นๆ ในงานนิทรรศการมีการฟัง ถาม ตอบ ออนไลน์ มี Map ให้ผู้เข้าร่วมงานมีอิสระเสมือนได้มาร่วมงานในสถานที่จริง และการสร้างกิจกรรมในรูปแบบเกมและการให้รางวัลแก่ผู้ชนะ สอดคล้องกับ (ศิริพรจันทศรี – 2550) เพราะการสร้างกิจกรรมในรูปแบบเกมและการให้รางวัลจะกระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมมากขึ้น ตามทฤษฎีของการจูงใจ (theories of motivation) เพราะการให้รางวัลถือว่าเป็นปัจจัยที่ให้เกิดแรงกระตุ้นในการทำสิ่งต่างๆ ให้บรรลุตามเป้าหมาย 2) ทั้งนี้ผลออกแบบการสร้างกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบออนไลน์ ด้วย Web Application Gather Town เป็นไปตามที่วางแผนผลงานการสร้าง map สามารถแสดงถึงบรรยากาศของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และมีจำนวนผู้เข้าชมตามเป้าหมายที่วางไว้ ประเด็นที่น่าสนใจคือผลสำรวจความพึงพอใจของนักศึกษาโดยนักศึกษา สนุกในการร่วมกิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town ในระดับใดมาก ค่าเฉลี่ย 4.08 และกิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้รู้จักเพื่อนและรุ่นพี่ที่สถาบันในระดับมากค่าเฉลี่ย 4 สอดคล้องกับ Techsauce Team ที่กล่าวถึง Gather Town ว่าจุดแข็งคือดึงดูดผู้ใช้งานด้วยฉากและเกม ผู้ใช้งานสามารถสร้างพื้นหรือห้องขนาดเล็ก เพื่อพูดคุยจิปาถะกับเพื่อนร่วมงานเรื่องอื่น ๆ ได้ในขณะที่แผนกอื่นจัดงานประชุม หรือแค่เดินไปหาเพื่อนร่วมงานคนอื่นเพียงเพื่อทักทายก็ได้เช่นกัน Gather Town ทำให้รู้สึกเหมือนทำงานอยู่ออฟฟิศจริง ๆ เมื่อมีเรื่องจะปรึกษากันก็สามารถใช้ตัว Avatar ของเราเดินไปหาคนที่อยากคุยด้วยและจะมีวิดีโอคอล ที่เป็นตัวเราจริง ๆ ขึ้นมาแล้วก็พูดคุยกันได้เลย สามารถทำให้เราใกล้ชิดกับเพื่อนที่ออฟฟิศมากขึ้นด้วย (Techsauce Team-2021) และสอดคล้องกับ(Abdul , Muhammad-2021) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงวิกฤต COVID 19 ผู้สอนจำเป็นต้องสร้างบรรยายกาศเสมือนในชั้นเรียน ผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจทันต่อเทคโนโลยี มีความสัมพันธ์ที่ดีต่อผู้เรียน และมีความไวต่อปฏิกิริยาต่อผู้เรียน และ Gather Town ทำให้เกิดความสนุกเพิ่มประสบการณ์ให้กับผู้เรียน รวมถึงยังสามารถปรับแต่งตัวละครและห้องเรียนเสมือนของแต่ล่ะชั้นเรียนให้เหมาะสมตามสถานการณ์ (Abdul , Muhammad-2021) และ 3) ผลสรุปกิจกรรม Discovery Connect ในด้านการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน จากผลสำรวจความพึงพอใจ ด้านการออกแบบการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ออนไลน์ด้วยโปรแกรม Gather Town สามารถช่วยให้นักศึกษามีส่วนร่วมในกิจกรรม สร้างความสนุกสนานในขณะทำกิจกรรม เกิดความพึงพอใจ ความกระตือรือร้น หรือแม้แต่การกำหนดตัวตนในการสร้างอวตาร มีความต้องการให้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ และสามารถช่วยในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน รุ่นพี่รุ่นน้อง ในระดับมาก เมื่อนักศึกษาได้ลองใช้งานโปรแกรม Gather town ส่วนมากจะไม่เครียดถ้าเทียบกับการใช้ Application ออนไลน์อื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถเดินท่องในโลกเสมือนจริงในบรรยากาศจำลองห้องสตูดิโอและอาคารต่างๆ ในสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น สอดคล้องกับ (Colin D McClure, Paul N Williams-2021) ที่กล่าวว่า Gather Town สามารถมอบโอกาสพิเศษให้ผู้สอนได้โต้ตอบกับนักเรียน เพื่อนร่วมงาน และพัฒนาความสัมพันธ์เหล่านี้ในการเรียนรู้ทางไกล Gather Town

สามารถใช้เป็นวิธีการสนับสนุนชุมชนการเรียนรู้และให้โอกาสสำหรับการเรียนรู้ที่ปรับให้เหมาะสมควบคู่ไปกับ SVC (Synchronous Video-Conferencing) และจากผลสรุปว่ากิจกรรม Discovery connect ผ่าน Gather Town ทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมอยากเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งต่อไปในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.08 พร้อมทั้งผู้ร่วมกิจกรรม Discovery connect ต่างแสดงความคิดเห็นว่าถ้านำมาใช้ในการเรียนการสอน จะช่วยสร้างบรรยายกาศในชั้นเรียนได้มากขึ้นในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.08 เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ marketingoops ที่กล่าวถึง Gather Town ว่าเป็นการประชุมออนไลน์บนหน้าตาเกม 8 bit ยุค 90 กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากการทำงานในรูปแบบ Work from Home ที่อาจจะต้องยังคงทำงานต่อไปอย่างไม่มีกำหนด นอกจากนี้ Gather Town ยังสามารถนำไปดัดแปลงเพื่อใช้จัด Event Online การเรียนออนไลน์ได้อีกด้วย ซึ่งรูปแบบแบบหน้าตาที่สร้างมาแตกต่างจากแอปพลิเคชันประชุมออนไลน์อื่นๆ ช่วยให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับ (Chen, Ngu and Hou-2021) ที่กล่าวว่า Gather Town ยังส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมห้องเรียนออนไลน์มีปฏิสัมพันธ์กันในระดับสูง และยังสามารถนำมาใช้สร้างกิจกรรมต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิ์ภาพ

## 6) ข้อเสนอแนะ

1.ข้อเสนอแนะทั่วไป จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการจัดกิจกรรมอีเว้นท์ในรูปแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมGather Town ของนักศึกษาทุกชั้นปีของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน จากผลกราฟมีแนวโน้มผลตอบรับกิจกรรมออนไลน์ในทิศทางที่ดี แต่ในขณะเดียวกันทางทีมงานผู้วิจัยเองได้พบปัญหาระหว่างจัดกิจกรรม คือ ระบบอินเทอร์เน็ตมีผลต่อการใช้งานในการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างใช้งานต้องมีความเสถียร ผู้ใช้งานร่วมกลุ่มกันขณะสนทนากันหลายคนในเวลาเดียวกันจะเกิดปัญหาการสื่อสารในการฟังที่ยาก และโปรแกรมนี้ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานบนโทรศัพท์มือถือเพราะจะมีปัญหาในการเชื่อมต่อสัญญาณค่อนข้างมาก

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลในช่วงสถานการณ์โควิด 19 ข้อมูล ที่ได้มาจากการแจกแบบสอบถามออนไลน์กับเฉพาะนักศึกษาในสาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชนเท่านั้น และเนื่องจากเป็นกิจกรรมอีเว้นท์รูปแบบออนไลน์ครั้งแรกของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 งบประมาณในการเข้าร่วมงานของนักศึกษาถูกจำกัดจึงได้ทดลองใช้โปรแกรม Gather Town ในรูปแบบฟรีเพียงจำนวน 25 คน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการกระจายของข้อมูลที่ได้ อาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ดังนั้น ผู้ที่สนใจอาจทำการซื้อแพ็กเกจจากทางโปรแกรม Gather Town เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลจากนักศึกษาที่มีจำนวนมากขึ้น หรือมีการทดสอบซ้ำให้ภาคการศึกษาถัดไป ก็น่าจะได้ข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นสูงยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน และสาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วง และขอบคุณทางทีมงานนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชนที่เป็นผู้ช่วยวิจัย ซึ่งร่วมสร้างเครื่องมือวิจัยและออกแบบกิจกรรม Discovery connect และขอขอบพระคุณนักศึกษาผู้เข้าร่วมกิจกรรม Discovery connect ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่างๆ ทั้งความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นความพึงพอใจด้วยเช่นกัน ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

## REFERENCES

กาญจนา บุญภักดิ์. (2563). การจัดการเรียนรู้ ยุค New Normal. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 19(2), 1-6.

นฤมล จิตรเอื้อ, ประสพชัย พสุนนท์. (2561). การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยเพื่อการศึกษาการดำเนินการ ที่เป็นเลิศของสถานศึกษา. Veridian E-Journal, 11(2), 2118-2135.

นิตยา มณีวงศ์. (2021). ศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยความสำเร็จการเรียนออนไลน์ แอปพลิเคชันไลน์ ในช่วงวิกฤต COVID 19. ครุศาสตร์สาร, 15(1), 161-173.

ประสพชัย พสุนนท์. (2555). การวิจัการตลาด. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

มนธิชา ทองหัตถา. (2021). สภาพการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา2019 (COVID-19) ของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ. วารสารลวะศรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 5(1), 142-152.

สมชาย วรกิจเกษมสกุล. (2554). ระเบียบวิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

Abdul Halim, Muhammad Aiman (2021). Spice up your online class with Gather Town. ELingua, 3, 23-24.

Colin D McClure, Paul N Williams. (2021). Gather.town an opportunity for self-paced learning in a synchronous, distance- learning environment. Compass Journal of Learning and Teaching, 14(2), 35-38.

Chen W., Ngu P., & Hou H. (2022) The Development and Evaluation of an Online Educational Game Integrated with Gather Town for Nursing Staff Learning. The Asian Conference on Education 2021. Abstract retrieved from https://doi.org/10.22492/issn.2186-5892.2022.53

Marketingoops. (2564). ประชุมอย่างไรไม่ให้น่าเบื่อ เมื่อGather Town สร้างออฟฟิศเสมือนผ่านหน้าตาเกมยุค90. สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2564, จาก https://www.marketingoops.com/tech-2/gather town-virtual-office-and-simulation-meeting-online.

Techsauce Team. (2564). รีวิว Gather Town สร้างออฟฟิศเสมือนจริง แม้จะ Work From Home ก็ทำงานเหมือนนั่งอยู่ด้วยกันที่ออฟฟิศได้. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2564, จาก https://techsauce.co/tech-and-biz /gather-town-review-by-techsauce.

Tra Nur Fitria. (2021). CREATING SENSATION OF LEARNING IN CLASSROOM: USING 'GATHER TOWN' PLATFORM VIDEO GAME-STYLE FOR VIRTUAL CLASSROOM. Education and Human Development Journal Tahun, 6(2), 30-43.

Yuko Okamoto. (2021). Looking back on the online event 2020. Journal of Japan Society of Information and Knowledge, 30, (4), 439-446.

# แนวทางการตรวจสอบความพร้อมทางไซเบอร์ตามกรอบดำเนินการของ NIST : กรณีศึกษา บริษัท โซ ซีเคียว จำกัด

# Audit Program for Cyber Readiness according to the NIST Framework : Case study So Secure Co.,Ltd.

พิสุทธิ์ นวลศิริ (Pisut Nuansiri)
*วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*(College of Digital Innovation and Information Technology (DIIT))*
มหาวิทยาลัยรังสิต (Rangsit University)
Pathum Thani / Thailand
E-mail : pisutnau@mail.com

อรรถพล ป้อมสถิตย์ (Auttapon Pomsathit)
*วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*(College of Digital Innovation and Information Technology (DIIT))*
มหาวิทยาลัยรังสิต (Rangsit University)
Pathum Thani / Thailand
E-mail : auttapon.p@rsu.ac.th

**_บทคัดย่อ_ — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงมาตรฐาน ISO / IEC 27001: 2013 ที่เน้นความปลอดภัยในเรื่องการจัดการความปลอดภัยของข้อมูล (Information Security Management System : ISMS) ขององค์กร ให้สามารถรับมือกับภัยคุกคามทางด้านไซเบอร์ที่มาในรูปแบบที่ไม่ชัดเจน หรือ ที่เรียกว่า "Cyber Resilience" ได้ โดยยึดกรอบทำงานด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ ของสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (NIST Cybersecurity Framework : CSF) ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้องค์กรที่ผ่านมาตรฐาน ISO 27001 : 2013 แล้ว ในการยกระดับมาตรฐานขององค์กรให้สามารถรับมือความเสี่ยงทางด้านไซเบอร์ได้ครอบคลุมมากขึ้น**

**ดำเนินการจัดทำในรูปแบบวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณา (Descriptive Research) โดยใช้มาตรฐาน ISO/IEC 27001 : 2013 มาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานขององค์กร ภายใต้กรอบของ CSF รวมถึงสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และขอเอกสารประกอบการปฏิบัติงาน ในการประเมินการควบคุมในแต่ละด้านที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ในการประเมินจุดอ่อน และปัญหาที่มี แล้วจึงกำหนดแนวทางปรับปรุง รวมถึงใช้การควบคุมเพิ่มเติมของ Critical Security Control (CIS) ที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานตามกรอบการดำเนินงานของ CSF ในการกำหนดทิศทางได้ชัดเจน เพื่อดำเนินการปรับปรุง และสามารถขจัดปัญหา รวมถึงอุปสรรคที่มีอยู่ในปัจจุบันได้**

**_คำสำคัญ_ — มาตรฐาน ISO / IEC 27001: 2013, กรอบทำงานด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์, การจัดการความปลอดภัยของข้อมูล และ ภัยคุกคามทางด้านไซเบอร์ที่มาในรูปแบบที่ไม่ชัดเจน**

**_ABSTRACT_ — This research aims to improve the ISO / IEC 27001: 2013 standard that focuses on Information Security Management System (ISMS) specific to organizations to be able to cope with cyber threats. That comes in an ambiguous form, known as "Cyber Resilience", based on NIST Cybersecurity Framework (CSF) of the National Institute of Standards and Technology, USA. In this research, organizations that have passed ISO 27001 : 2013 have been used to raise the standard of cybersecurity. organizations to be able to cope with more comprehensive cyber risks.**

**Conducted in the form of Descriptive Research using the ISO/IEC 27001 : 2013 standard for analysis. To improve organizational operations under the NIST Cyber Security Framework, including interviews with stakeholders and requesting documents for operation To assess the controls in each area currently operating. in assessing weaknesses and problems and then determine the guidelines for improvement It also uses the additional Critical Security Control (CIS) controls related to the implementation of the NIST Cyber Security Framework to clearly define the direction. to carry out improvements and can eliminate problems including the obstacles that currently exist.**

**_Keywords_ — ISO / IEC 27001: 2013 standard, NIST Cybersecurity Framework, Information Security Management System and Cyber Resilience**

## I. บทนำ

ปัจจุบันองค์กรส่วนใหญ่ ได้ผ่านมาตรฐาน ISO/IEC 27001 : 2013 ในเรื่องของการจัดการด้านความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลสารสนเทศ (Information Security) แล้ว แต่ไม่เพียงพอแล้วในปัจจุบัน เพราะแนวคิดด้านการบริหารจัดการความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ จะต้องสามารถป้องกันจากแฮกเกอร์ที่พยายามเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการโจมตีได้ ซึ่งควรจะปรับเปลี่ยนมาตรการป้องกันแบบ "Information Security" ไปสู่สภาวะ

“Cyber Resilience” ตามกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลก ทำให้จะต้องมีการปรับเปลี่ยนแนวคิดจากการป้องแค่เพียง “Information Security” มาเป็น “Cyber Security” และปรับเข้าสู่แนวคิดในการนำพาให้องค์กรสามารถรับมือกับภัยคุกคามที่มีรูปแบบที่ไม่ชัดเจน, ไม่คาดคิด และความไม่แน่นอนในรูปแบบต่างๆ หรือที่เรียกว่า “Cyber Resilience” โดยสถิติของภัยคุกคามปี 2564 ภัยคุกคามต่างๆ ได้เกิดขึ้นมากมายไม่ว่าจะเป็นการโจมตีทางไซเบอร์ (Cyber Attack) ข้อมูลลูกค้า/องค์กรหลุดสู่สาธารณะ (Data Breach) รวมถึงการละเมิดความเป็นส่วนตัว การหลอกลวงจากการฟิชชิ่ง (Phishing) หรือแม้แต่ช่องโหว่ Zero Day ที่เกิดขึ้นแทบทุกวัน

ดังนั้นแนวคิดในเรื่องของ “Cyber Resilience” จึงเป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน บางครั้งมาตรการป้องกันดังกล่าว จะต้องใช้เครื่องเข้ามาช่วยด้วย เช่น อุปกรณ์ป้องกันประเภท Advance Persistent Threat สามารถป้องกันภัยคุกคามในรูปแบบที่ไม่ชัดเจนได้ โดยการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้งาน และ traffic ในระบบเน็ตเวิร์ค เป็นต้น ประกอบกับการโจมตีในปัจจุบันอาจเกิดขึ้นจากคนภายใน ถ้ามาตราการป้องทั้งจากภายในและภายนอกไม่ดีพอ อาจทำให้ระบบงานของธนาคารเกิดปัญหาไม่สามารถใช้งานได้ ไม่ได้ตามมาตรฐาน Service Level Agreement (SLA) ที่กำหนด อันสืบเนื่องมาจากปัญหา Critical Infrastructure ทำให้เสื่อมเสียชื่อเสียง และสูญเสียทรัพย์สินได้ แนวคิดในการทำ “Cyber Resilience” จะมุ่งเน้นไปที่การป้องกัน (Prevention), การตรวจจับ (Detection) และ การตอบสนอง ( Responsiveness) โดยองค์กร NIST ซึ่งเป็นหน่วยงานด้านมาตรฐานสากลของรัฐบาลสหรัฐ ซึ่งได้มีการพัฒนากรอบ NIST Cybersecurity Core Framework ขึ้น และปัจจุบันมีหน่วยงานต่างๆ ในไทย รวมถึงธนาคารแห่งประเทศไทย ได้มีการนำ NIST Cyber Security Core Framework มาใช้ เพราะมีความสอดคล้องและสามารถอ้างอิงได้กับมาตรฐานระดับโลกต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ISO / IEC 27001 หรือ COBIT 5 ได้

ทั้งนี้จากแนวคิดดังกล่าว ควรมีผู้ตรวจสอบภายในที่เป็นหน่วยงานอิสระ ขึ้นตรงกับคณะกรรมการตรวจสอบ ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา และสร้างความเชื่อมั่นให้กับพนักงานและผู้บริหาร ในการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร เพื่อยกระดับมาตรการป้องกันให้สามารถป้องกันภัยคุกคามประเภท “Cyber Resilience” ได้ในที่สุด

## II. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

II.I เพื่อศึกษาแนวทางการปฏิบัติ ในการปรับปรุงมาตรฐาน ISO/IEC 27001 :2013 ขององค์กร ให้สามารถรองรับภัยคุกคามทางไซเบอร์และการโจมตีในรูปแบบที่ไม่ชัดเจนหรือเรียกว่า “Cyber Resilience” ได้

II.II เพื่อให้สามารถกำหนดทิศทางในการดำเนินงาน รวมถึงสามารถกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนได้อย่างชัดเจน ในการรับมือภัยคุกคามทางไซเบอร์

II.III เพื่อปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบ ในการวัดผลการดำเนินงานและกระบวนการควบคุมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ว่ามีจุดอ่อนในด้านใดบ้าง และมีแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขอย่างไรให้เหมาะสมสำหรับภัยคุกคามทางไซเบอร์

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

### III.I ขั้นตอนการวิจัย

I. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางปฏิบัติตามมาตรฐาน และกรอบการดำเนินงานของ ISO / IEC 27001 : 2013 และ NIST Cyber Security Framework (CSF)

II. ดำเนินการเปรียบเทียบการควบคุมของมาตรฐานระหว่าง ISO/IEC 27001:2013 NIST Cyber Security Framework (CSF) เพื่อทำ Gap Analysis

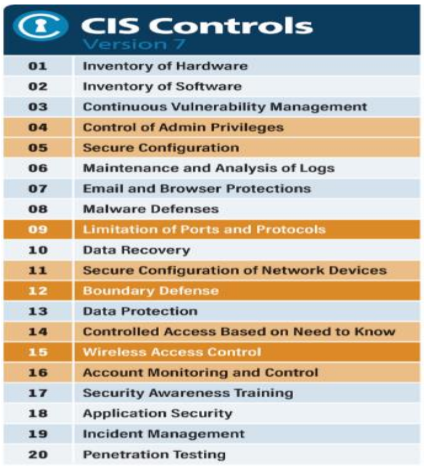
| Function Unique Identifier | Function | Category Unique Identifier | Category |
|---|---|---|---|
| ID | Identify | ID.AM | Asset Management |
| | | ID.BE | Business Environment |
| | | ID.GV | Governance |
| | | ID.RA | Risk Assessment |
| | | ID.RM | Risk Management Strategy |
| | | ID.SC | Supply Chain Risk Management |
| PR | Protect | PR.AC | Access Control |
| | | PR.AT | Awareness and Training |
| | | PR.DS | Data Security |
| | | PR.IP | Information Protection Processes and Procedures |
| | | PR.MA | Maintenance |
| | | PR.PT | Protective Technology |
| DE | Detect | DE.AE | Anomalies and Events |
| | | DE.CM | Security Continuous Monitoring |
| | | DE.DP | Detection Processes |
| RS | Respond | RS.RP | Response Planning |
| | | RS.CO | Communications |
| | | RS.AN | Analysis |
| | | RS.MI | Mitigation |
| | | RS.IM | Improvements |
| RC | Recover | RC.RP | Recovery Planning |
| | | RC.IM | Improvements |
| | | RC.CO | Communications |

รูปที่ I. รายละเอียดของ NIST CSF 5 ฟังก์ชันหลัก

| Control Domains | Number of Controls |
|---|---|
| A.5 Information security policies | 2 |
| A.6 Organization of information security | 7 |
| A.7 Human resources security | 6 |
| A.8 Asset management | 10 |
| A.9 Access control | 14 |
| A.10 Cryptography | 2 |
| A.11 Physical and environmental security | 15 |
| A.12 Operations security | 14 |
| A.13 Communications security | 7 |
| A.14 System acquisition, development and maintenance | 13 |
| A.15 Supplier relationships | 5 |
| A.16 Information security incident management | 7 |
| A.17 Information security aspects of business continuity management | 4 |
| A.18 Compliance | 8 |
| Total: | 114 |

รูปที่ II. รายละเอียด 14 การควบควมหลักของ ISO/IEC 27001: 2013
*แหล่งที่มา :T.Mataracioglu. Reprinted with permission.*

III. จัดทำแนวทางการตรวจสอบโดยใช้กรอบ NIST Cyber Security Framework (CSF) และ Critical Security Control (CIS) เพื่อประเมินการควบคุม รวมถึงสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินการควบคุมและ ความพึงพอใจแนวทางการตรวจสอบ และนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าทางสถิติ เพื่อหาค่าความพึงพอใจ




รูปที่ III. การควบคุม Critical Security Control (CIS)

**II.II เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย**

I. แบบสอบถามความพึงพอใจในแนวทางการตรวจสอบ

II. ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

II.I เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค

II.II ซีพียู Intel Core i7-7700

II.III หน่วยความจำ (RAM) 12 GB

II.IV ความจุของฮาร์ดดิสก์1TB

III. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิจัย

III.I ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10

III.II โปรแกรม Microsoft Office Professional Plus 2019

III.III โปรแกรม SPSS 16.0

III.IV Google Chrome Version 93.0.4577.63

**II.III ประชากรกลุ่มตัวอย่างและการเก็บข้อมูล**

ประชากรกลุ่มตัวอย่างและการเก็บข้อมูลได้การสนับสนุนจากหัวหน้าและคณะทำงานของผู้ตรวจสอบภายในของ บริษัท โซ ซีเคียว จำกัด จำนวน 5 คน และผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก ประกอบด้วย หัวหน้างาน/นักวิชาการและผู้ปฏิบัติงานจำนวน 3 คน

**III.IV แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบโดยใช้ NIST Cyber Security Framework (CSF)**

แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

**ส่วนที่ 1** ประเมินความพึงพอใจของโปรแกรมการตรวจสอบ (Audit Program) ที่นำมาใช้

**ส่วนที่ 2** ประเมินความพึงพอใจ ด้านการนำแนวทางการตรวจสอบและการควบคุมที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริง

**III.V การกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาระดับค่าคะแนน**

I. การกำหนดระดับค่าคะแนนของแบบประเมินตนเอง

ระดับคะแนนของมาตราวัดตามมาตราส่วนประมาณค่ากำหนดระดับค่าคะแนนในการตอบแบบประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบตามกรอบใช้ NIST Cyber Security Framework (CSF) 5 ระดับดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ระดับมากที่สุด | ให้น้ำหนักคะแนนเป็น | 5 คะแนน |
| ระดับมาก | ให้น้ำหนักคะแนนเป็น | 4 คะแนน |
| ระดับปานกลาง | ให้น้ำหนักคะแนนเป็น | 3 คะแนน |
| ระดับน้อย | ให้น้ำหนักคะแนนเป็น | 2 คะแนน |
| ระดับน้อยที่สุด | ให้น้ำหนักคะแนนเป็น | 1 คะแนน |

II. การแปลความหมายระดับค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความพึงพอใจ

การแปลความหมายระดับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บได้จากแบบประเมินความพึงพอใจ ข้อมูลวัดมาตราส่วนประมาณค่าพิจารณาตามช่วงคะแนนสำหรับการแปรผลดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 | หมายถึง | มีระดับมากที่สุด |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 | หมายถึง | มีระดับมาก |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 | หมายถึง | มีระดับปานกลาง |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 | หมายถึง | มีระดับน้อย |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 | หมายถึง | มีระดับน้อยที่สุด |

**III.VI การกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาระดับค่าคะแนน**

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ข้อมูลดำเนินการโดยนำผลการประเมินความพึงพอใจมาวิเคราะห์แล้วประเมินผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistics Package for the Social Science : SPSS) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และรายงานผลค่าทางสถิติ และประมวลผลหาความสัมพันธ์ทางสถิติ ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05 เปอร์เซ็นต์เป็นเกณฑ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานในการศึกษาสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

I.ค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินความพึงพอใจ โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| เมื่อ | $\bar{x}$ | แทน | ค่าเฉลี่ย |
| | $\sum x$ | แทน | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด |
| | N | แทน | จำนวนข้อมูลทั้งหมด |

II.ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คำนวณจากสตร ดังนี้

$$\text{เมื่อ} \quad S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})}{N}}$$

| | | |
|---|---|---|
| S.D. | แทน | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| X | แทน | ค่าของข้อมูลแต่ละตัว |
| $\bar{x}$ | แทน | ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง |
| N | แทน | จำนวนตัวอย่าง |

## IV. ผลการวิจัย

### IV.I ดำเนินการเปรียบเทียบการควบคุมระหว่างมาตรฐาน ISO/IEC 27001:2013 และกรอบการดำเนินงานของ NIST Cyber Security Framework (CSF) เพื่อทำ Gap Analysis ของ Control

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการเพื่อหา Gap Analysis ระหว่าง มาตรฐาน ISO / IEC 27001:2013 ในส่วนของความต้องการ (Requirement) และ การควบคุม (Controls) เทียบกับกรอบการดำเนินงานของ NIST Cyber Security Framework (CSF) เพื่อหาจุดควบคุมที่เหมือนหรือใกล้เคียงกัน และจุดควบคุมที่ไม่มีในมาตรฐาน ISO / IEC 27001:2013 โดยนำ GAP ของการควบคุมไปออกแบบโปรแกรมการตรวจสอบ (Audit Program) ที่เหมาะสม จะต้องมีการดำเนินการหาการควบคุมเพิ่มเติมตามแนวทางของ NIST Cyber Security Framework (CSF) โดยมีการระบุตามตารางที่ 1

ตารางที่ I. การเปรียบเทียบการควบคุมระหว่างมาตรฐาน ISO / IEC 27001:2013 และ NIST Cyber Security Framework (CSF)

| ISO 27001 | | CSF Subcategory | | Add |
|---|---|---|---|---|
| **ความต้องการ (Requirement)** | | | | |
| 6.2 | วัตถุประสงค์ด้านความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศและแผนการบรรลุวัตถุประสงค์ | - | - | - |
| 7.1 | ทรัพยากร | - | - | - |
| 7.2 | สมรรถนะ | - | - | - |
| 7.5.1 | ภาพรวม | - | - | - |
| 7.5.2 | การสร้างและปรับปรุง | - | - | - |
| 8.1 | การวางแผนเกี่ยวข้องกับการดำเนินการและการควบคุม | - | - | - |
| 9.2 | การตรวจประเมินภายใน | - | - | - |
| 9.3 | การทบทวนของผู้บริหาร | - | - | - |
| 10.2 | การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง | - | - | - |
| **วัตถุประสงค์ของการควบคุม (Control Objectives)** | | | | |
| - | - | DE. AE-1 | การกำหนดพื้นฐานของการทำงานของเครือข่ายและการไหลของข้อมูลที่คาดหวังสำหรับผู้ใช้และระบบ | ✔ |
| - | - | DE. AE-3 | ข้อมูลเหตุการณ์ถูกรวบรวมและสัมพันธ์กันจากหลายแหล่งและการตรวจจับ | ✔ |
| - | - | DE. AE-5 | การกำหนดเกณฑ์การแจ้งเตือนเหตุการณ์ | ✔ |
| - | - | DE. CM-1 | เครือข่ายได้รับการเฝ้าระวังเพื่อตรวจจับเหตุการณ์ความปลอดภัยทางไซเบอร์ที่อาจเกิดขึ้น | ✔ |
| - | - | DE. CM-2 | สภาพแวดล้อมทางกายภาพได้รับการเฝ้าระวังเพื่อตรวจจับเหตุการณ์ความปลอดภัยทางไซเบอร์ที่อาจเกิดขึ้น | ✔ |
| - | - | DE. CM-7 | มีการเฝ้าระวังบุคลากร, การเชื่อมต่อ, อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ไม่ได้รับอนุญาต | ✔ |
| - | - | DE. DP-2 | กิจกรรมการตรวจจับเป็นไปตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องทั้งหมด | ✔ |
| - | - | ID. BE-3 | ลำดับความสำคัญสำหรับภารกิจขององค์กร วัตถุประสงค์ และกิจกรรมได้รับการกำหนดและสื่อสาร | ✔ |
| - | - | PR. IP-4 | การสำรองข้อมูล, การดูแลรักษา และการทดสอบเป็นระยะ | ✔ |
| - | - | RC. CO-1 | มีการจัดการประชาสัมพันธ์ | ✔ |
| - | - | RC. CO-2 | การรักษาชื่อเสียงหลักเกิดเหตุการณ์ | ✔ |
| - | - | RC. CO-3 | มีการสื่อสารกิจกรรมการกู้คืนไปยังผู้มีส่วนได้ส่วนเสียภายใน, ทีมผู้บริหารและผู้บริหาร | ✔ |
| - | - | RS. CO-5 | การแบ่งปันข้อมูลโดยสมัครใจเกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียภายนอกเพื่อให้เกิดการรับรู้ถึงสถานการณ์ความปลอดภัยทางไซเบอร์ในวงกว้าง | ✔ |

จากการทำ Gap Analysis สามารถสรุปผลได้ ดังต่อไปนี้

1. การควบคุมของกรอบดำเนินงาน CSF มีข้อกำหนดบางข้อที่ละเอียดกว่า ISO/IEC 27001

- DE.AE และ DE.CM มีการควบคุมที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นสำหรับการตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐานสำหรับความผิดปกติ

และเหตุการณ์ด้านความปลอดภัยอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งข้อกำหนดของ 27001 สำหรับการบันทึกและการตรวจสอบนั้นไม่ได้ลงในรายละเอียดเท่า CSF

- RC.CO ได้มีการให้รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสื่อสารและการประชาสัมพันธ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเหตุการณ์มากกว่าข้อกำหนดของ 27001 ใน A.16
- RS.CO-5 เน้น "การแบ่งปันข้อมูลโดยสมัครใจ" กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียภายนอกซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของ CSF

2. ISO/IEC 27001 มีวัตถุประสงค์บางข้อในการควบคุมที่มีความเฉพาะเจาะจงมากกว่าที่ CSF เสนอ เช่น ข้อกำหนดสำหรับนโยบายอุปกรณ์เคลื่อนที่ มาตรฐานการใช้งานที่ยอมรับได้ การตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึงเป็นประจำ ข้อกำหนดที่จะนำไปใช้ในข้อตกลงซัพพลายเออร์ ฯลฯ หลายๆ ประการ สามารถจับคู่เนื้อหากับหมวดหมู่ย่อยระดับที่สูงกว่าใน Framework Core ของ CSF ได้ แต่ไม่ได้หมายความโดยนัยโดยหมวดหมู่ย่อยใดๆ ข้อกำหนดเกี่ยวกับการควบคุมการเข้ารหัส (cryptographic controls) (A.10.1.1) และวิธีจัดการคีย์ (keys are managed) (A.10.1.2) ซึ่งเป็นหัวข้อที่ไม่ได้กล่าวถึงใน CSF เลย

3. ความต้องการ (Requirement) ของข้อกำหนดจาก clauses 4 ถึง 10 ใน ISO/IEC 27001 ที่ไม่มีข้อกำหนดที่สอดคล้องกันใน Framework Core ของ CSF ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับแง่มุมของการเรียกใช้ระบบการจัดการที่มีเอกสาร (ความปลอดภัย) เป็นอย่างดี รวมถึงข้อกำหนดสำหรับการพัฒนาความสามารถทรัพยากร (Competence Resources), วัตถุประสงค์ที่ชัดเจน, เอกสาร, การตรวจสอบภายใน, การทบทวนจากฝ่ายบริหาร และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม บางส่วนนี้ได้รับการแก้ไขโดย Framework Implementation Tiers สี่ระดับที่กำหนดไว้อย่างหลวม ๆ ในส่วนที่ 2.2 ของ CSF เพื่อวัดวุฒิภาวะขององค์กรในการนำ CSF ไปใช้

**IV.II การจัดทำแนวทางการตรวจสอบหรือโปรแกรมการตรวจสอบ (Audit Program)**

ดำเนินการใช้กรอบ CSF เป็นหลักในการออกแบบ Audit Program โดยใช้ Critical Security Controls (CIS) ของ SANS institute มาใช้เพื่อควบคุมความปลอดภัยที่สำคัญสำหรับการป้องกัน Cyber ที่มีประสิทธิภาพ และให้ผู้ตรวจสอบภายในของบริษัท โซ ซีเคียว จำกัด ดำเนินการใช้เพื่อตรวจสอบหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยมีขอบเขตของการตรวจสอบ 5 ด้าน ได้แก่ การระบุ (Identify), การป้องกัน (Protect), การตรวจจับ (Detect), การตอบสนอง (Respond) และ การคืนสภาพ (Recover) โดยมีรายละเอียดการตรวจสอบตามตารางที่ 2

ตารางที่ II. แนวทางการตรวจสอบความพร้อมทางไซเบอร์

| ขอบเขต | หัวข้อที่ตรวจ | CIS Critical Security Control |
|---|---|---|
| 1) การระบุ (Identify) | 1.1 การบริหารจัดการทรัพย์สิน | CSC1, CSC2, CSC4 |
| | 1.2 สภาพแวดล้อมทางธุรกิจ | |
| | 1.3 การกำกับดูแล (ธรรมาภิบาล) | |
| | 1.4 การประเมินความเสี่ยง | |
| | 1.5 กลยุทธ์การบริหารความเสี่ยง | |
| 2) การป้องกัน (Protect) | 1.6 การควบคุมการเข้าถึง | CSC3, CSC5, CSC7, CSC8, CSC9, CSC11, CSC13, CSC14, CSC15, CSC16, CSC17, CSC18 |
| | 2.1 การสร้างความตระหนักและการฝึกอบรม | |
| | 2.2 การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล | |
| | 2.3 วิธีในการป้องกันข้อมูล | |
| | 2.4 การบำรุงรักษา | |
| | 2.5 เทคโนโลยีในการป้องกัน | |
| 3) การตรวจจับ (Detect) | 3.1 ความผิดปกติและเหตุการณ์ | CSC4, CSC6, CSC8, CSC12, CSC16, CSC19 |
| | 3.2 การเฝ้าระวังความมั่นคงปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง | |
| | 3.3 กระบวนการตรวจจับ | |
| 4) การตอบสนอง (Respond) | 4.1 การวางแผนการตอบสนอง | CSC4, CSC6, CSC19, CSC20 |
| | 4.2 การสื่อสาร | |
| | 4.3 การวิเคราะห์ | |
| | 4.4 การลดผลกระทบ | |
| | 4.5 การปรับปรุงการตอบสนอง | |
| 5) การคืนสภาพ (Recovery) | 5.1 แผนการคืนสภาพ | CSC10, CSC20 |
| | 5.2 การปรับปรุงการคืนสภาพ | |
| | 5.3 การสื่อสาร | |

**IV.III ผลการตรวจสอบและการประเมินความพึงพอใจแนวทางการตรวจของผู้ตรวจสอบภายใน และการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ**

I. ผลการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ผลการประเมินของความปลอดภัยด้านไซเบอร์ในแต่ละด้าน และส่วนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบที่นำไปใช้ตรวจสอบองค์กร

II. ผลการประเมินของความปลอดภัยด้านไซเบอร์ เกิดจากการที่คณะผู้ตรวจสอบภายในนำแนวทางการตรวจสอบไปใช้ตรวจสอบหน่วยงานและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานทางด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ โดยแยกหัวข้อการประเมินเป็น 5 หัวข้อ คือ 1) การระบุ (Identify) 2) การป้องกัน (Protect) 3) การตรวจจับ (Detect) 4) การตอบสนอง (Respond) 5) การคืนสภาพ (Recover)

**ส่วนที่ 1** ผลการประเมินของความปลอดภัยด้านไซเบอร์ในแต่ละด้านมีผลการประเมิน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ III. ผลการประเมินของความปลอดภัยด้านไซเบอร์ในแต่ละด้านของคณะผู้ตรวจสอบภายใน

| ลำดับ | รายการประเมิน | $\bar{x}$ | S.D. | การแปลผล |
|---|---|---|---|---|
| 1 | การระบุ (Identify) | 3.94 | 0.31 | มาก |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | การป้องกัน (Protect) | 3.84 | 0.76 | มาก |
| 3 | การตรวจจับ (Detect) | 3.86 | 0.67 | มาก |
| 4 | การตอบสนอง (Respond) | 3.90 | 0.52 | มาก |
| 5 | การคืนสภาพ (Recover) | 3.88 | 0.56 | มาก |
| **ผลรวม** | | **3.88** | **0.56** | **มาก** |

**ส่วนที่ 2** ผลการประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบ ดังตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5

ตารางที่ IV. ผลการประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบจากผู้ตรวจสอบภายใน

| **รายการประเมิน** | $\bar{x}$ | **S.D.** | **การแปลผล** |
|---|---|---|---|
| **ความครอบคลุมของแนวทางการตรวจสอบ** | | | |
| เนื้อหาครอบคลุมความเสี่ยงด้านไซเบอร์อย่างมีนัยสำคัญ | 4.20 | 0.45 | มาก |
| มีการจัดเรียงได้ชัดเจน และเข้าใจง่าย | 3.80 | 0.84 | มาก |
| มีความเหมาะสมที่จะใช้ตรวจสอบองค์กร | 4.40 | 0.55 | มาก |
| **ประโยชน์ของการนำไปใช้งาน** | | | |
| สามารถนำไปใช้ตรวจสอบความเสี่ยงที่มาตรฐาน ISO/IEC 27001 ไม่ครอบคลุมได้ | 4.20 | 0.45 | มาก |
| มีความมั่นใจว่าองค์กรจะสามารถป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้ครอบคลุมมากขึ้น | 4.40 | 0.55 | มาก |
| มีความมั่นใจว่ากรณีมีเหตุการณ์ภัยคุกคามทางไซเบอร์จะสามารถตอบสนองได้ไวมากจิ้น | 4.00 | 0.70 | มาก |
| **ความพึงพอใจโดยรวม** | **4.16** | **0.59** | **มาก** |

ตารางที่ IV. ผลการประเมินความพึงพอใจของแนวทางการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

| **รายการประเมิน** | $\bar{x}$ | **S.D.** | **การแปลผล** |
|---|---|---|---|
| **ความครอบคลุมของแนวทางการตรวจสอบ** | | | |
| เนื้อหาครอบคลุมความเสี่ยงด้านไซเบอร์อย่างมีนัยสำคัญ | 4.33 | 0.58 | มาก |
| มีการจัดเรียงได้ชัดเจน และเข้าใจง่าย | 3.67. | 0.58 | มาก |
| มีความเหมาะสมที่จะใช้ตรวจสอบองค์กร | 4.33 | 0.58 | มาก |
| **ประโยชน์ของการนำไปใช้งาน** | | | |
| สามารถนำไปใช้ตรวจสอบความเสี่ยงที่มาตรฐาน ISO/IEC 27001 ไม่ครอบคลุมได้ | 4.67 | 0.58 | มากที่สุด |
| มีความมั่นใจว่าองค์กรจะสามารถป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้ครอบคลุมมากขึ้น | 4.33 | 0.58 | มาก |
| มีความมั่นใจว่ากรณีมีเหตุการณ์ภัยคุกคามทางไซเบอร์จะสามารถตอบสนองได้ไวมากจิ้น | 4.33 | 0.58 | มาก |
| **ความพึงพอใจโดยรวม** | **4.39** | **0.58** | **มาก** |

## V. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

### V.I สรุปผลการวิจัย

ภายหลังจากการประเมินองค์กร โดยใช้ 5 หัวข้อ คือ 1) การระบุ )Identify) 2) การป้องกัน) Protect) 3) การตรวจจับ )Detect) 4) การตอบสนอง )Respond) 5) การคืนสภาพ )Recover) ซึ่งสามารถที่จะวิเคราะห์ความเสี่ยงที่เป็นจุดอ่อนในแต่ละด้านได้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

**ส่วนที่ 1** พบว่า ผลการประเมินของความปลอดภัยด้านไซเบอร์ในแต่ละด้านจากการที่ผู้ตรวจสอบภายในได้ไปตรวจสอบและสัมภาษณ์หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีผลการประเมินโดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.88 และค่าเบียงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 ระดับของการควบคุมความปลอดภัยด้านไซเบอร์อยู่ในระดับ มาก

**ส่วนที่ 2** พบว่า คณะผู้ตรวจสอบภายในของบริษัท โซ ซีเคียว จำกัด จำนวน 5 คน และผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกจำนวน 3 คน มีความพึงพอใจในแนวทางการตรวจสอบที่จัดทำขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.16 และค่าเบียงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.59 ระดับของความพึงพอใจโดยรวม มาก และค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.39 และค่าเบียงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ตามลำดับ

### V.I อภิปรายผล

จากการวิจัยเพื่อจัดทำแนวทางการตรวจสอบความพร้อมทางไซเบอร์ เพื่อให้ผู้ตรวจสอบภายในนำไปใช้ตรวจสอบและประเมินการควบคุมของบริษัท โซ ซีเคียว จำกัด พบว่า ความพึงพอใจ ในแนวทางการตรวจสอบที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น อยู่ในระดับ มาก โดยผู้ตรวจสอบภายในและผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสามารถนำไปใช้งานในการตรวจสอบได้จริง และสามารถทำให้การควบคุมภายในดีขึ้น รวมถึงผู้บริหารระดับสูงมีความตระหนักถึงภัยคุกคามทางไซเบอร์มากขึ้น และเห็นด้วยกับการที่จะยกระดับให้องค์กรมีความปลอดภัยจากภัยไซเบอร์ในระดับสูงสุด ทำให้ลูกค้ามีความมั่นใจมากขึ้นที่จะมาใช้บริการ เพราะองค์กรมีการรักษาความปลอดภัยที่รัดกุม

### V.I ข้อเสนอแนะ

I. บริษัท โซ ซีเคียว จำกัด ควรพิจารณาเพิ่มเติม สำหรับการนำเครื่องมือตรวจจับประเภทที่ใช้การเรียนรู้พฤติกรรมของภัยคุกคาม และนำไปวิเคราะห์หารูปแบบการโจมตีใหม่ๆ ที่ยังไม่มีในฐานข้อมูล รวมถึงควรมีแหล่งข้อมูลสำหรับข่าวเรื่องภัยคุกคามใหม่ๆ ที่ทันสมัย เพื่อที่จะมีแนวทางตอบสนองต่อภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้รวดเร็ว และไม่เกิดผลกระทบในวงกว้าง

II. เนื่องจากผู้ที่ไม่ประสงค์ดีที่โจมตีเข้ามา ส่วนใหญ่หวังที่จะเข้ามาขโมยข้อมูลออกไป ซึ่งสามารถเกิดได้จากคนที่อยู่ข้างใน หรือ

ภายนอกก็ได้ ควรมีการพิจารณาติดตั้งเครื่องในการป้องกันข้อมูลรั่วไหล เพราะถ้าหากเกิดข้อมูลลูกค้ารั่วไหล จะส่งผลให้เกิดคดีฟ้องร้องทางกฎหมาย ทำให้เสียทรัพย์สินและชื่อเสียงได้

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณ อาจารย์วัชพรล วงศ์อภัย สำหรับความรู้ด้านการรักษาความปลอดภัยสารสนเทศ และการเอื้อเฟื้อให้ใช้บริษัท โซ ซีเคียว จำกัด เป็นกรณีศึกษาสำหรับการทำงานวิจัยนี้

**เอกสารอ้างอิง**

[1] ปริญญา หอมเอนก. (2560). Understanding CsP-MICS NexusFour Model and Cybersecurity Resilience Framework. ACIS Cyber LAB Team.

[2] เอกฉัตร บ่ายคล้อย และประสงค์ ปราณีตพลกรัง. (2560). ความเสี่ยงและความมมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศในระบบประมวลผล แบบคลาวด์. การประชุมวิชาการ ระดับชาติ และ นานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

[3] Alexander Kott., and Igor Linkov. (2018). Cyber Resilience of Systems and Networks (Risk, Systems and Decisions). Springer.

[4] Deborah J. Bodeau., and Richard Graubart. (2017). Cyber Resiliency Design Principles. MITRE TECHNICAL REPORT.

[5] Deborah J. Bodeau., and Richard Graubar. (2017). Cyber Resiliency Engineering Framework. MITRE TECHNICAL REPORT

[6] Deborah J. Bodeau., and Richard Graubart. (2016). Cyber Resilience Metrics Key Observations. THE MITRE CORPORATION.

[7] Del Alfred. (2014). CISO Leadership: Cyber Security Top Cop. D Alfred.

[8] Francesco Flammini. (2018). Resilience of Cyber-Physical Systems: From Risk Modelling to Threat Counteraction (Advanced Sciences and Technologies for Security Applications). Springer.

[9] National Institute of Standards and Technology. (2010). Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity. Draft Version 1.1.

[10] Phillimon Zongo. (2018). The Five Anchors of Cyber Resilience: Why Some Enterprises Are Hacked Into Bankruptcy, While Others Easily Bounce Back. Ciso Advisory.

.

# การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของศาสตร์การแพทย์แผนจีนในการรักษาโรคอัมพาตใบหน้าโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล

# Traditional Chinese Medicine Monitoring for Bell's Palsy Healing using Digital Image Processing.

1st ปุญญิศา เทพมังกร
Poonyisa Thepmangkorn
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand
th.poonyisa_st@tni.ac.th

2nd วรากร ศรีเชวงทรัพย์
Warakorn Srichavengsup
ห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หุ่นยนต์และเทคโนโลยี
Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand
warakorn@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* - งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันผลสัมฤทธิ์จากการรักษาด้วยวิธีหัตถการ แบบผสมผสานศาสตร์การแพทย์แผนจีนเพื่อรักษาโรคอัมพาตใบหน้า กล่าวคือนำการฝังเข็มร่วมกับการครอบแก้ว และการนวดตามจุดฝังเข็มของแพทย์แผนจีน นวดทุยหนาพร้อมทั้งใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลมาวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ผลจากการรักษาว่าอาการดีขึ้นหรือไม่ โดยเทียบจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โรคอัมพาตใบหน้านี้พบได้บ่อยทางชั้นคลินิกระบบประสาทและ หู คอ จมูก กลไกของโรคนี้มีเหตุมาจากความผิดปกติของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 ที่วิ่งผ่านบริเวณใบหน้าและมีหน้าที่คุมการทำงานของกล้ามเนื้อใบหน้าทั้งหมด แม้ว่าในปัจจุบันสาเหตุของโรคนี้จะยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เรามาสามารถนำเอาอาการแสดงสำคัญของโรคนี้มาพิจารณาประกอบการวินิจฉัยได้ อาทิ ใบหน้าชาผิวหน้าเย็น เจอลมแล้วใบหน้ากระตุก เปลือกตาปิดไม่สนิท ปากเบี้ยว มุมปากตก เวลาดื่มน้ำและแปรงฟัน มักจะมีน้ำลายไหลออกมาจากมุมปาก และอาจมีอาการแสดงอื่นร่วมด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้ จะศึกษาและมุ่งเน้นการยืนยันผลสัมฤทธิ์ว่าการรักษาโรคอัมพาตใบหน้าให้ผลลัพธ์ที่ดีเพียงใดโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล จากผลการทดสอบที่ได้ พบว่าการประมวลผลภาพดิจิทัล สามารถช่วยในการวิเคราะห์ผลการรักษาได้เป็นอย่างดี**

**คำ*สำคัญ* - โรคอัมพาตใบหน้า การฝังเข็ม การครอบแก้ว การนวดทุยหนา การประมวลผลภาพดิจิทัล**

***Abstract* - This research aims to affirm the outcome of the integrated Traditional Chinese Medicine approach through hand procedure in order to heal Bell's Palsy. The approach is to apply both Tuina Acupuncture and Cupping with applied digital image processing to analyze, evaluate, compare the result from the treatment to assigned criteria. In spite of an unclear determinant of facial paralysis, which is caused by the malfunction of the 7th paired cranial nerves that essentially control the muscles of facial expression, its major symptoms are able to be applied in diagnosis. The major symptoms include, e.g., chill facial numbness, facial spasm, eyelid malposition, drooping mouth, drooling. Therefore, this research emphasizes and analyze on the evident increment and affirmative of the effectiveness and considerable benefits of applying this integrated Traditional Chinese Medicine hand procedure on a Bell's Palsy treatment.**

**Keywords — Bell's Palsy, Acupuncture, Cupping, Tuina, Digital Image Processing**

## I. บทนำ

โรคอัมพาตใบหน้าเป็นความผิดปกติของเส้นประสาทสมองเส้นที่7ที่มีผลทำให้กล้ามเนื้อใบหน้าอัมพาตครึ่งซีกโดยปัจจัยเสี่ยงของโรคนี้คือ ผู้ที่เคยมีประวัติการเจ็บป่วยเป็นงูสวัด โดนลมเย็นลมร้อนกระทบเป็นระยะเวลานาน ภาวะอ้วน โรคเบาหวาน โรคความ

ดันโลหิตสูงเรื้อรัง ส่งผลให้เกิดการอัมพาตของกล้ามเนื้อใบหน้า ปากเบี้ยว รวมถึงมุมปากตก อีกทั้งยังมีอาการเปลือกตาปิดไม่สนิท ในด้านที่เกิดพยาธิสภาพเช่นกัน ปัจจุบันมีแนวทางการรักษาโรคที่หลากหลาย โดยทั่วไปมักคุ้นชินกับคำว่าแพทย์ตะวันตกหรือแพทย์แผนปัจจุบัน แต่ที่จริงยังมีแพทย์อีกหนึ่งศาสตร์ที่ได้การขนานนามว่าเป็นแพทย์แห่งทวีปเอเชียที่ประวัติศาสตร์ยาวนานกว่า 5,000 ปี [7,9] รวมถึงมีหลักการวินิจฉัยว่าอาหารเป็นยา อวัยวะต่างๆในร่างกายของมนุษย์สัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียวกันกับสิ่งแวดล้อมและจักรวาล กล่าวคือ การตรวจวินิจฉัยแบบองค์รวมจากแก่นของโรคสู่การคาดการณ์และป้องกันโรค ศาสตร์นี้คือแพทย์แผนตะวันออกซึ่งแพทย์แผนจีนก็ถือเป็นหนึ่งในศาสตร์การแพทย์แขนงนี้ โดยหัตถการที่สำคัญเพื่อรักษาโรค คือ การฝังเข็ม การครอบแก้ว การใช้ยาสมุนไพรจีน และการนวดทุยหนา คือการนวดตามแนวเส้นลมปราณของศาสตร์การแพทย์แผนจีน การรักษาโรคอัมพาตใบหน้าด้วยวิธีการทำหัตการของศาสตร์การแพทย์แผนจีนแบบผสมผสานยังไม่พบการตีพิมพ์เป็นวารสารทางวิชาการ ส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำวิจัยชิ้นนี้ ทั้งนี้ได้มีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลมาประเมินผลของอาการก่อนและหลังการรักษาพิจารณา กล่าวคือบริเวณมุมปาก จากนั้นนำภาพสองมิติที่ได้มาแปลงเป็นภาพสามมิติเพื่อวัดในเชิงปริมาณ [7] ของริ้วรอยบริเวณมุมปาก เหตุนี้อาจทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆที่อาจนำไปต่อยอดพัฒนาได้ในอนาคต และการรักษาแบบผสมผสานนี้สามารถทำให้การรักษามีผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้นอย่างเด่นชัดในระยะยาว กล่าวคือมีความมุ่งเน้นให้ความถี่ของอาการเกิดขึ้นช้าลงหรือลดลง เพื่อนำไปสู่การวางแผนแนวทางการรักษาที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถลดปัญหาที่อาจกระทบการใช้ชีวิตและภาพลักษณ์ของผู้ป่วย

## II. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาจุดฝังเข็มที่เหมาะสมและครอบคลุมในการใช้รักษาโรคอัมพาตใบหน้า
2. เพื่อศึกษาจุดสำหรับนวดทุยหนาที่เหมาะสมและครอบคลุมในการใช้รักษาโรคอัมพาตใบหน้า
3. เพื่อศึกษาแนวมัดกล้ามเนื้อตามหลักกายวิภาคศาสตร์ที่สำคัญของใบหน้าเพื่อนำมาใช้เป็นทิศทางในการครอบแก้ว
4. เพื่อวิเคราะห์ผลของการฝังเข็มร่วมกับการครอบแก้วและการนวดทุยหนาตามบริเวณของใบหน้าเน้นพิจารณาที่ริ้วรอยบริเวณมุมปากฝั่งที่มีอาการด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลมาเป็นตัววัดผลสัมฤทธิ์ว่าการรักษาแบบหัตถการผสมผสานนี้มีประสิทธิภาพตามเป้าประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

### *II.I.* กรอบแนวคิดงานวิจัย

วินิจฉัยสาเหตุที่แท้จริงของอัมพาตใบหน้า

ทำการฝังเข็ม 3ครั้งต่อสัปดาห์

ทำการครอบแก้ว 3 ครั้งต่อสัปดาห์

นวดทุยหนาบริเวณมุมปาก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

นำเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลมาประเมินผลของอาการก่อนและหลังการรักษา

## III.วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การคัดกรองผู้ป่วยจากแบบประเมินอาการเบื้องต้น
2. จัดตารางการรักษาให้กับผู้ป่วยจำนวน 2 ราย เพื่อเข้ารับการรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน ทำหัตถการสัปดาห์ละ 3 ครั้ง คือ วันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันศุกร์ โดยแบ่งการรักษา 2 แบบคือ
   2.1. ผู้ป่วยรายที่หนึ่งรับการรักษาด้วยวิธีการฝังเข็มกระตุ้นไฟฟ้า ครอบแก้ว และนวดทุยหนา
   2.2. ผู้ป่วยรายที่สองรับการรักษาด้วยวิธีการฝังเข็มกระตุ้นไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวตลอดระยะเวลาการรักษา
3. หลังจากการรักษาครบในแต่ละเดือผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลมาประเมินอาการทุกเดือน

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบก่อนและภายหลังการรักษาว่าผลการรักษานั้นมีความสอดคล้องตรงตามสมมุติฐานที่วางไว้หรือไม่

### *III.I. การวิเคราะห์ข้อมูล*

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลในทุกสิ้นเดือนของการรักษา โดยจะทำการเพื่อพิจารณาลักษณะของผิวหน้าของผู้ป่วยว่ามีริ้วรอยของมุมปากตื้นขึ้นหรือไม่เมื่อเทียบกับก่อนการรักษา และนำมาเทียบจากการประเมินผลการรักษาของแพทย์เจ้าของเคสด้วยการนำค่าจากที่ประเมินได้มาเปรียบเทียบ

### *III.II. การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล*

เก็บและรวบรวมข้อมูลผลจากการทำหัตถการทั้งหมดเป็นรูปภาพ จากนั้นทำการป้อนข้อมูลรูปภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ภาพด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อนำผลที่ได้จากทุกฟังก์ชันที่ใช้มาวิเคราะห์ในการพิจารณาความลึกตื้นของริ้วร้อยบริเวณมุมปาก

ภาพริ้วรอยบริเวณมุมปากของผู้ป่วย

RGB Image เพื่อแสดงริ้วรอยบริเวณมุมปาก

Gray Image แปลงภาพเป็นสีเทา
เพื่อให้เห็นความขรุขระของริ้วรอยที่ชัดเจนขึ้น

ใช้ฟังก์ชั่น Edge เพื่อวิเคราะห์ริ้วรอย
โดยมีดัชนีชี้วัดจากความพึงพอใจของผู้ป่วยพร้อมเหตุผลประกอบ

Contour 3D สร้างรูปร่าง 3 มิติของผิวขึ้นมา เพื่อพิจารณาให้ละเอียดว่าริ้วรอยลึกตื้นเพียงใด

นำค่าที่ได้มาใส่ฟังก์ชั่นหาค่าความลึกตื้นของริ้วรอยบริเวณมุมปาก โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังเข้ารับการรักษาจากทั้ง 2 รูปแบบการรักษา

นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแสดงผลเป็นกราฟเพื่อสรุปผลให้ชัดเจนอีกครั้ง

## IV.ผลการวิจัย

4.1 ใช้ฟังก์ชัน Imread อ่านภาพ RGB เพื่อประเมินความลึกของรูปริ้วรอยบริเวณมุมปากและใช้ฟังก์ชัน rgb2gray เพื่อแปลงภาพเป็นสีเทา [5,7] จากนั้นใช้ฟังก์ชัน edge เพื่อวิเคราะห์ริ้วรอย โดยมีดัชนีชี้วัดจากความพึงพอใจของผู้ป่วยพร้อมเหตุผลประกอบ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับดังนี้ 1. มีริ้วรอยลึกรุนแรงเห็นริ้วรอยได้ชัดเจนมาก 2.มีริ้วรอยลึกปานกลาง 3.มีริ้วรอยตื้นๆบางๆ 4. มีริ้วรอยเล็กน้อย 5.ไม่มีริ้วรอย

รูปที่ 1 แสดงริ้วรอยมุมปากของผู้ป่วยรายแรกหลังจากการเข้ารับรักษาแบบผสมผสานในเดือนแรก

ค่าความลึกของรูปริ้วรอยบริเวณมุมปากจาก 5 ระดับความรุนแรงในช่วง 1 เดือนแรกของผู้ป่วยรายที่หนึ่งที่ทำการรักษาแบบผสมผสานทั้งการฝังเข็ม ครอบแก้ว นวดทุยหนา โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการรักษาแล้ว ผู้ป่วยให้คะแนน 3 ใน 5 เนื่องจากยังมีริ้วรอยบางๆที่สามารถมองเห็นได้ชัดอยู่ แต่อาการใบหน้ากระตุกเริ่มลดลงบ้างแล้ว ไม่กระตุกถี่เมื่อเทียบกับก่อนเข้ารับการรักษา

รูปที่ 2 แสดงริ้วรอยบริเวณมุมปากของผู้ป่วยรายแรกหลังจากการเข้ารับรักษาแบบผสมผสานหลังครบ 2 เดือน

ค่าความลึกของรูปริ้วรอยบริเวณมุมปากจาก 5 ระดับความรุนแรงในเดือนสุดท้ายผู้ป่วยรายที่หนึ่งให้คะแนน 4 ใน 5 เนื่องจากริ้วรอยมุมปากจางลงอย่างเด่นชัดและใบหน้ากระตุกลดลงอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าจะนอนในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ ใบหน้าก็ไม่กระตุกเกร็งแบบเดิมอีกแล้วเนื่องจากริ้วรอยมุมปากเริ่มจางลงหลงเหลือริ้วรอยบางๆ และใบหน้ากระตุกลดลงกว่าเดิมเด่นชัดเมื่อเทียบกับก่อนเข้ารับการรักษา อีกทั้งริ้วรอยช่วงมุมปากก็เริ่มจางลงเช่นกัน

## IV.ผลการวิจัย (ต่อ)

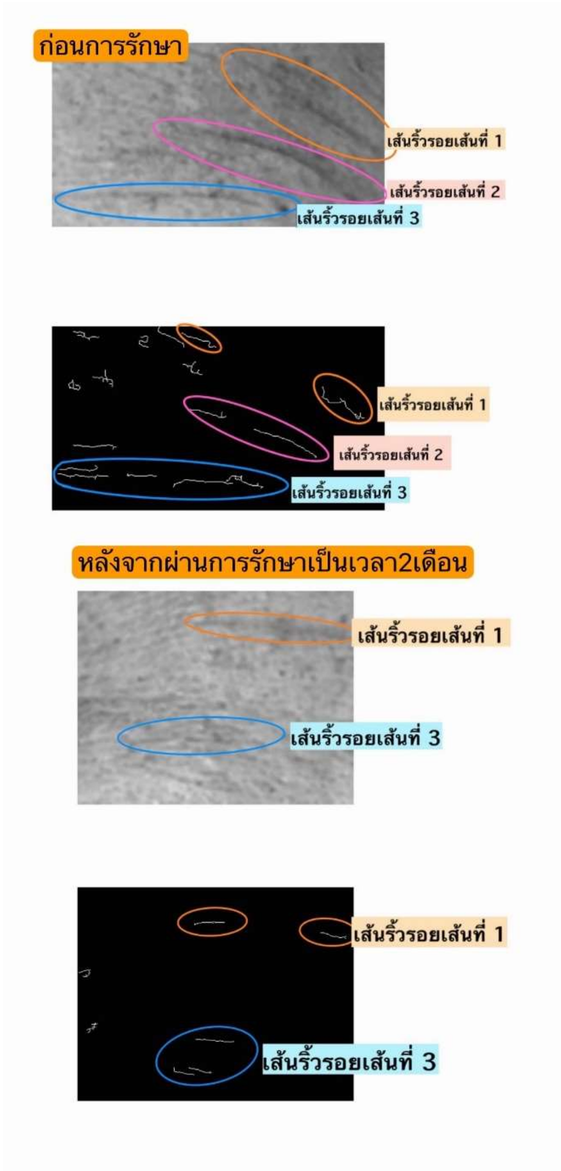
4.1 ใช้ฟังก์ชัน Imread อ่านภาพRGB เพื่อประเมินความลึกของรูปริ้วรอยบริเวณมุมปาก และใช้ฟังก์ชัน rgb2gray เพื่อแปลงภาพเป็นสีเทาโดยมีดัชนีชี้วัดจากความพึงพอใจของผู้ป่วยพร้อมเหตุผลประกอบ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับดังนี้ 1. มีริ้วรอยลึกรุนแรงเห็นริ้วรอยได้ชัดเจนมาก 2.มีริ้วรอยลึกปานกลาง 3.มีริ้วรอยตื้นๆบางๆ 4. มีริ้วรอยเล็กน้อย 5.ไม่มีริ้วรอย

รูปที่ 3 แสดงริ้วรอยมุมปากของผู้ป่วยรายที่สอง หลังจากการเข้ารับรักษาด้วยวิธีการฝังเข็มในเดือนแรก

ค่าความลึกของรูปริ้วรอยบริเวณมุมปากจาก 5 ระดับความรุนแรงในช่วง 1 เดือนแรกของผู้ป่วยรายที่สองที่ทำการรักษาด้วยวิธีการฝังเข็ม เมื่อทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการรักษาแล้วผู้ป่วยให้คะแนน 2 ใน 5 เนื่องจากยังมองเห็นริ้วรอยบริเวณมุมปากชัดเจน ริ้วรอยยังไม่ค่อยจางลงแต่อาการใบหน้ากระตุกเริ่มลดลงบ้างแล้ว ไม่กระตุกถี่เมื่อเทียบกับก่อนเข้ารับการรักษา

รูปที่ 4 แสดงริ้วรอยมุมปากของผู้ป่วยรายที่สองหลังจากการเข้ารับรักษาด้วยวิธีการฝังเข็มในเดือนสุดท้าย

ค่าความลึกของรูปริ้วรอยบริเวณมุมปากจาก 5 ระดับความรุนแรงในเดือนสุดท้ายที่ผู้ป่วยรายที่สองที่ทำการรักษาด้วยวิธีการฝังเข็ม เมื่อทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการรักษาแล้วผู้ป่วยให้คะแนน 3 ใน 5 เนื่องจากยังมองเห็นริ้วรอยบริเวณมุมปาก แต่ริ้วรอยนั้นนเริ่มจางลงกว่าเดิมบ้างแล้ว อีกทั้งอาการใบหน้ากระตุกเริ่มลดลงเด่นชัดขึ้นกว่าเดิม




รูปที่ 5 การเปรียบเทียบริ้วรอยเมื่อใช้ฟังก์ชัน edge

ฟังก์ชัน edge สามารถนำมาใช้ในการหาริ้วรอย ดังแสดงในรูปที่ 5 จากรูปจะเห็นว่า เมื่อรักษาจนครบระยะเวลา ริ้วรอยจางลงอย่างเด่นชัด พิจารณาได้จากบริเวณเส้นสีขาวลดลง ซึ่งสิ่งนี้เป็นการยืนยันผลการรักษาด้วยหัตถการแบบผสมผสานของศาสตร์การแพทย์แผนจีนทั้ง 3 รูปแบบได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นการฝังเข็ม ครอบแก้ว นวดทุยหนา ทั้ง 3 หัตถการนี้ล้วนมีประสิทธิภาพในการลดเลือนริ้วรอยได้ อีกทั้งยังสามารถบรรเทาอาการแสดงของโรคอัมพาตใบหน้าได้ด้วยเช่นกันเนื่องจากกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้ามีการคลายตัว เป็นเหตุให้ริ้วรอยจางลง กล้ามเนื้อไม่กระจุกตัวเป็นก้อนจนเกิดความเค้น ดังนั้นอาการเจอลมใบหน้ากระตุกซึ่งถือเป็นหนึ่งอาการสำคัญของอัมพาตใบหน้าก็

จะลดลงได้เอย่างเด่นชัดเช่นกัน เหตุนี้จึงถือได้ว่าฟังก์ชั่น edge เป็นอีกหนึ่งฟังก์ชั่นสำคัญที่เหมาะแก่การนำมาช่วยวิเคราะห์ผลการรักษาได้ดีและแม่นยำสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

### *IV.I. ข้อโต้แย้ง*

เนื่องจากการวิเคราะห์ริ้วรอยบริเวณมุมปากจำเป็นที่จะต้องทำการถ่ายภาพก่อนและหลังการรักษา โดยระยะเวลาในการถ่ายภาพแต่ละครั้งจะมีความแตกต่างกันจึงเป็นเหตุที่ต้องมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆเพื่อลดอัตราการเกิดข้อผิดพลาดในการแปรผลอาทิ จำเป็นที่จะต้องทำการควบคุมแสงรวมถึงกล้องและมุมกล้องที่ใช้ถ่ายภาพ ณ บริเวณมุมปากที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้องค์ประกอบของภาพทุกภาพที่มีความแม่นยำสูงสุดในการนำมาแปรและประมวลผล

## V.สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์การวัดและประเมินค่าเชิงปริมาณริ้วรอยมุมปากก่อนและหลังการรักษาด้วยโปรแกรม MATLAB ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลสามารถทำให้ผู้วิจัยสามารถประเมินค่าความลึกตื้นของริ้วรอยได้ชัดเจนยิ่งขึ้นผ่านการใช้คำสั่งการพิจารณารูปภาพแบบขาวดำ และนำค่าที่ได้มาประเมินด้วยค่าทางตัวเลขและเชิงสถิติเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางการรักษาที่ดีที่สุด ได้สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ได้อย่างดีเยี่ยม โดยจากการวิจัยนี้ สามารถวัดและจำแนกค่าความลึกตื้นของริ้วรอยได้เป็น 5 ระดับ ดังนี้ 1.ไม่มีริ้วรอย 2.มีริ้วรอยเล็กน้อย 3.มีริ้วรอยตื้นๆบางๆ 4.มีริ้วรอยลึกปานกลาง 5.มีริ้วรอยลึกรุนแรงเห็นริ้วรอยได้ชัดเจนมาก ซึ่งเมื่อได้อ่านผลการรักษาแล้วจะพบว่า ความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อผลการรักษานั้นดีถึงดีมาก เนื่องจากริ้วรอยล้วนจางลง บางลง อีกทั้งอาการข้างเคียงของโรคอัมพาตใบหน้าก็ดีขึ้นอย่างเด่นชัดเกินกว่า 80% เช่นกัน จึงสรุปได้ว่าการทำหัตถการด้วยศาสตร์การแพทย์แผนจีนแบบผสมผสานนั้น นอกเหนือจะสามารถรักษาโรคอัมพาตใบหน้าได้เป็นอย่างดีแล้วนั้น ยังสามารถช่วยลดเลือนริ้วรอยบริเวณมุมปากและบริเวณใกล้เคียงได้เป็นอย่างดี

## VI. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการพิจารณาวิเคราะห์ค่าความรุนแรงของริ้วรอยบริเวณมุมปากก่อนและหลังการรักษานี้ เป็นการวัดเชิงปริมาณ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการควบคุมควบคุมแสง กล้องและมุมกล้องที่ใช้ถ่ายภาพเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ [7] นอกเหนือจากนี้ งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยที่บูรณาการทั้งสองศาสตร์เข้าด้วยกัน กล่าวคือ เป็นการนำเอาศาสตร์การแพทย์แผนจีนมาบูรณาการณ์ร่วมกับวิศวกรรมศาสตร์ จึงสะดวกในการนำไปต่อยอดในอนาคตได้อีก เพราะทั้ง 2 ศาสตร์มีจุดเด่นที่หลากหลาย สามารถนำมาเชื่อมโยงกันได้เพื่อเร่งต่อยอดผลงานวิจัยให้มีคุณภาพต่อไปในอนาคต อีกทั้งยังสามารถนำมาศึกษาต่อยอดในเรื่องของการวัดและประมวลผลเกี่ยวกับสมมาตรใบหน้าได้อีกเช่นกัน ซึ่งในประเด็นนี้เป็นสิ่งที่ผู้วิจัยมีความมุ่งหวังที่จะพัฒนาต่อยอดงานชิ้นนี้อีกในอนาคต

## VII. เอกสารอ้างอิง


[1] L. Dinatale, “Multiple-Molecule Drug Design Based on Systems Biology Approaches and Deep Neural Network to Mitigate Human Skin Aging,” European Conference of the ITS, Trento, Italy, pp. 135-140, 2018.

[2] Z. Liu, “Effects of electroacupuncture therapy for Bell's palsy from acute stage: Study protocol for a randomized controlled trial”, MACMC, Macao Special Administrative Region of China, pp. 270-275, 2017.

[3] X. Wu, “The anti-wrinkle efficacy of argireline, a synthetic hexapeptide, in Chinese subjects: a randomized, placebo-controlled study”, MACMC, China, pp. 330-336, 2017.

[4] C. Qin, “Efficacy of Acupuncture for Bell’s Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials”, MACMC, China, pp. 145-151, 2017.

[5] O. Lee, “An optimized in vivo multiple-baseline stereo image system for skin wrinkles”, Korea University, Korea, 2017.

[6] สุภัชชา เรือนสิทธิ์, “การวิเคราะห์ความเรียบผิวเชิงปริมาณสำหรับริ้วรอยของใบหน้า”, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, 2017.

[7] กาญจนา เสถียรบารมี, “การฝังเข็มร่วมกระตุ้นไฟฟ้าเพื่อรักษาโรคอัมพาตใบหน้า” มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, กรุงเทพมหานคร, 2020.

[8] ปานียา ณัฐชนาวรเดช, “การศึกษาเปรียบเทียบจุดสัญญาณการนวดแพทย์แผนไทยและจุดฝังเข็มแพทย์แผนจีน ในการรักษาโรคอัมพาตใบหน้า”, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, กรุงเทพมหานคร, 2019.

[9] ศรีสุนทรา เจิมวรพิพัฒน์, “การส่งเสริมคุณภาพชีวิต: กรณีศึกษาผู้ป่วยอัมพาตใบหน้าด้วยการให้วิธีการรักษาและดูแลตัวเองเบื้องต้น”, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 2019

# การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงวิกฤตการณ์โควิด-19 : กรณีศึกษาตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

# Stock Price Reaction to Earnings Announcement during the COVID-19 Pandemic: case study of Stock Exchange of Thailand (SET)

สุนทรีย์ ตั้งศรีวงศ์
Suntaree Tungsriwong

*ภาควิชาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร*
*Accounting Department, Faculty of Business, Economics and Communications*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : suntareet@nu.ac.th

***บทคัดย่อ***

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงวิกฤตการณ์ โควิด-19 กลุ่มตัวอย่างเป็นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในปี 2561 และ ปี 2562 (ประกาศผลกำไรประจำปีก่อนและหลังวิกฤตการณ์โควิด-19) ผลการศึกษาพบว่าในปี 2561 ผลตอบแทนเกินปกติของหลักทรัพย์มีนัยสำคัญทางสถิติก่อนวันประกาศผลกำไร และในปี 2562 ผลตอบแทนเกินปกติของหลักทรัพย์เป็นลบและมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งก่อนวันประกาศผลกำไร ในวันประกาศผลกำไร และหลังวันประกาศผลกำไร การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวัง และผลตอบแทนเกินปกติสะสม ผลการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นลบ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวังและผลตอบแทนเกินปกติสะสมในกลุ่มตัวอย่างที่มีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ

***คำสำคัญ*** : การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ การประกาศผลกำไร โควิด-19

*Abstract*

The study investigates the stock price reaction to earnings announcement during the COVID-19 Pandemic. Samples are listed company in Stock Exchange of Thailand (SET) in 2018 and 2019 (annual earnings were announced before and after COVID-19 pandemic). The result shows statistically significant in abnormal returns before announcement date in 2018. In 2019, abnormal returns are statistically significant around the announcement date. The association study is employed to test the relation between unexpected earnings and cumulative abnormal return. For subsamples of positive unexpected earnings, the result reveals the negative relation. However, this study finds no evidence in the relation between unexpected earnings and cumulative abnormal return for subsamples of negative unexpected earnings.

***Keywords***: Stock price reaction, Earning announcement, COVID-19 Pandemic

1) บทนำ

ข้อมูลการทางบัญชีเป็นข้อมูลที่นักลงทุนให้ความสำคัญ และใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลผลกำไร การประกาศผลกำไรเป็นการส่งสัญญาณที่สำคัญของกิจการไปยังสาธารณชน (Lonie, Abeyratna, Power & Sinclair, 1996) เนื่องจากข้อมูลผลกำไรสามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการทำกำไรของกิจการ และเป็นการให้ข้อมูลเพื่อการคาดการณ์เกี่ยวกับเงินปันผลที่กิจการจะจ่ายออกมา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญกับนักลงทุนที่จะนำไปใช้ในประกอบการตัดสินใจลงทุนในหลักทรัพย์ต่างๆ โดยผลของการตัดสินใจของนักลงทุนจะเห็นได้จากการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อข้อมูลดังกล่าวในเวลาที่มีการประกาศผลกำไรออกมา (Hussin, Ahmed, and Ying, 2010) งานวิจัยของ Beaver, McNichols and Wang (2018) ที่ได้ศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรของบริษัทในตลาดหลักทรัพย์ ในช่วงปี ค.ศ. 1971-2011 ได้ระบุว่า การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นมา

งานวิจัยก่อนหน้าที่ศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไร โดย Ball and Brown (1968) และ Beaver (1968) ได้สรุปถึงความมีเนื้อหาของข้อมูลจากการประกาศผลกำไร จากการแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณการซื้อขาย ราคาและผลตอบแทนในช่วงเวลาที่มีการประกาศผลกำไร Beaver, McNichols and Wang (2018) กล่าวถึงความมีเนื้อหาของข้อมูลจากการประกาศผลกำไรที่สะท้อนผ่านการเปลี่ยนแปลงในปริมาณการซื้อขายและราคาหลักทรัพย์ว่า การตอบสนองต่อประกาศผลกำไรดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปได้จากหลายปัจจัยด้วยกัน ทั้งในประเด็นของลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงไป มาตรฐานการรายงานทางการเงินและการกำกับดูแลที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้การที่รูปแบบการดำเนินธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้ข้อมูลทางการบัญชีไม่สามารถสะท้อนผลการดำเนินธุรกิจได้อย่างครบถ้วนทันเวลา อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่ได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ช่วยทำให้ลดต้นทุนในการค้นหาข้อมูล หรือต้นทุนในการกระจายข้อมูลไปสู่สาธารณะ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยได้มีปรับปรุงมาตรฐานการบัญชีโดยได้นำเอามาตรฐานการรายงานทางการเงินระหว่างประเทศมาปรับใช้ ปัจจัยดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ที่มีต่อการประกาศผลกำไรได้ นอกจากนี้งานวิจัยก่อนหน้าระบุว่าการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ในช่วงภาวะวิกฤตินั้นแตกต่างจากช่วงภาวะปกติ (Salminen, 2008) โดยในช่วงภาวะวิกฤตินั้นกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่างๆจะต่ำลงมาก (Johnson, 1999) ซึ่งภาวะวิกฤติเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไร

วิกฤตการณ์โควิด-19 นั้น เกิดขึ้นอย่างกระทันหันและได้แผ่กระจายส่งผลกระทบไปอย่างกว้างขวางทั่วโลก การประกาศผลกำไรในช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้นักลงทุนไม่อาจใช้ข้อมูลการประกาศผลกำไรในคาดการณ์การจ่ายปันผล หรือคาดการณ์ผลประกอบการในอนาคตได้ ซึ่งจะส่งผลต่อการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรดังกล่าวได้ จึงเป็นประเด็นคำถามหลักในงานวิจัยนี้ว่ามีการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงภาวะวิกฤตการณ์โควิด-19 ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) อย่างไร

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงวิกฤตการณ์โควิด-19

3) การทบทวนวรรณกรรม

หลังจากการวิจัยของ Ball and Brown (1968) และ Beaver (1968) มีงานวิจัยต่อมาที่สรุปผลเช่นเดียวกันว่าการประกาศผลกำไรนั้นได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับนักลงทุน โดยแสดงให้เห็นทั้งปริมาณการซื้อขาย ราคาและผลตอบแทนที่เปลี่ยนแปลงไปในเวลาที่มีการประกาศผลกำไรประจำปี งานวิจัยเหล่านี้ได้แก่ Francis and Schipper (1999), Francis, Schipper and Vincent (2002a, 2002b), Collins Li and Xie (2009), Landsman and Maydew (2002) และนอกจากนี้งานวิจัยของ Beaver, McNichols and Wang (2018) ได้ระบุว่า การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ.2001 เป็นต้นมา

Lonie and Abeyratna, Power and Sinclair (1996) กล่าวว่านักลงทุนใช้ข้อมูลทางการเงินของกิจการเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในอนาคตของกิจการในประเด็นต่างๆ โดยผลกำไรหรือ

ขาดทุนเป็นตัววัดผลการดำเนินงานในช่วงเวลาหนึ่งของกิจการ การประกาศจ่ายเงินปันผล และการประกาศผลกำไร จึงเป็นข้อมูลทางการเงินที่สำคัญของนักลงทุนที่จะนำไปใช้ในการตัดสินซื้อหรือขายหลักทรัพย์ ข้อมูลทางการเงินที่ถูกประกาศออกมาใหม่จึงถูกสะท้อนออกมาในการเปลี่ยนแปลงของราคาหลักทรัพย์ โดยผลกำไรในงวดปัจจุบันของกิจการสะท้อนให้เห็นถึงข้อมูลใน 2 ลักษณะด้วยกัน คือ การสร้างความเติบโตให้กับส่วนของผู้ถือหุ้นในงวดปัจจุบัน และสะท้อนถึงความเป็นไปได้ของผลกำไรในอนาคตที่จะปันส่วนมาสู่ผู้ถือหุ้น Beaver (1968) ได้อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างการประกาศผลกำไรกับราคาหลักทรัพย์ไว้ดังนี้

(1) ผลกำไรในงวดปัจจุบันให้ข้อมูลในการพยากรณ์ผลกำไรในอนาคต

(2) ผลกำไรในงวดปัจจุบันให้ข้อมูลในการคาดการณ์เงินปันผลในอนาคต

(3) ผลกำไรในงวดปัจจุบันให้ข้อมูลในการกำหนดมูลค่าปัจจุบันของเงินปันผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

งานวิจัยก่อนหน้าที่ได้ศึกษาถึงการตอบสนองข้อมูลที่ได้จากการประกาศผลกำไร ได้แก่ Landsman and Maydew (2002) ได้ศึกษาในช่วงปี 1972-1998 การตอบสนองข้อมูลที่ได้จากการประกาศผลกำไรนั้นเพิ่มขึ้นตลอดเวลา Francis, Schipper and Vincent. (2002a) ได้ศึกษาในช่วงปี 1980-1999 พบว่าการตอบสนองของตลาดต่อการประกาศผลกำไรนั้นเพิ่มขึ้นทั้งที่กำไรที่ไม่คาดหวังนั้นมีค่าลดลง เช่นเดียวกับ Collins, Li and Xie (2009) ที่ได้ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างจากฐานข้อมูล IBES ในช่วงปี 1985-2000 พบการเพิ่มขึ้นของการตอบสนองของข้อมูลการประกาศผลกำไร ผลการวิจัยของ Beaver, McNichols and Wang (2018) ก็ได้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรโดยได้ศึกษาในช่วงปี 1971-2011 ซึ่งพบการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรหลังจากปี 2000 สูงกว่าในช่วงก่อนปี 2000 และยังได้ระบุถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไป มาตรฐานการรายงานทางการเงินและการกำกับดูแลที่เปลี่ยนแปลงไป รูปแบบการดำเนินธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่ช่วยทำให้ลดต้นทุนในการค้นหาข้อมูล หรือการกระจายข้อมูลไปสู่สาธารณะ

นอกจากศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในระยะยาวแล้ว ยังมีการศึกษาถึงปัจจัยในระยะสั้นเกี่ยวกับสถานการณ์ต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไร โดย Salminen (2008) ระบุว่าการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงวิกฤตนั้นแตกต่างจากช่วงภาวะปกติ งานวิจัยของ Bhat and Jayaraman (2010) ก็พบว่าการมีข้อมูลที่ไม่เท่าเทียมกันในช่วงภาวะวิกฤติสูงกว่าในช่วงภาวะปกติ ซึ่งทำให้การตอบสนองต่อข้อมูลของนักลงทุนในช่วงภาวะวิกฤตินั้นแตกต่างไป

## 4) วิธีดำเนินการวิจัย

*4.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในปี 2561 และปี 2562 โดยที่กลุ่มตัวอย่างจากประชากรดังกล่าวจะต้องมีวันปิดรอบบัญชีตรงกับวันที่ 31 ธันวาคม และจะต้องมีข้อมูลครบถ้วนตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวนรวมทั้งสิ้น 730 ตัวอย่าง

*4.2) วิธีการเก็บข้อมูล*

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจาก SET SMART

*4.3) การวิเคราะห์ข้อมูล*

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเหตุการณ์ (Event Study) โดยศึกษาจากการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ที่มีต่อการประกาศผลกำไร มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ระบุวันที่เกิดเหตุการณ์ (วันประกาศผลกำไรประจำปี) กำหนดให้เป็นวันที่ 0
2. คำนวณข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของราคาหลักทรัพย์ (อัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์)
3. คำนวณอัตราผลตอบแทนที่คาดหวังจากสมการแบบจำลองตลาด (Market Model) ดังตัวแบบต่อไปนี้

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it}$$

เมื่อ $R_{it}$ คือ ผลตอบแทนของหลักทรัพย์ i, วันที่ t

$R_{mt}$ คือ ผลตอบแทนของดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ วันที่ t

4. คำนวณผลตอบแทนเกินปกติ (Abnormal Return :AR) ในช่วงเวลาก่อนการประกาศผลกำไร 15 วัน และ ช่วงที่ต้องการศึกษาเหตุการณ์ (วันที่ -1 0 และ 1) โดยคำนวณจาก

ผลต่างระหว่างอัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาเหตุการณ์ และอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง

5. คำนวณหาผลตอบแทนเกินปกติสะสม (Cumulative Abnormal Return: CAR) ในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาเหตุการณ์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนเกินปกติสะสม และผลกำไรที่ไม่คาดหวัง ดังตัวแบบต่อไปนี้

$$CAR_{it} = \alpha_i + \beta_i UE_{it} + \varepsilon_t$$

เมื่อ $CAR_{it}$ คือ ผลตอบแทนเกินปกติสะสมในช่วงวันที่ -1 วันที่ 0 และ วันที่ 1 ของหลักทรัพย์ i ปีที่ t

$UE_{it}$ คือ ผลกำไรที่ไม่คาดหวัง ของหลักทรัพย์ i ปีที่ t

6. การคำนวณผลกำไรที่ไม่คาดหวัง (Unexpected Earnings: UE) ใช้ตัวแบบต่อไปนี้

$$UE_{it} = EPS_{it} - EPS_{it-1}$$

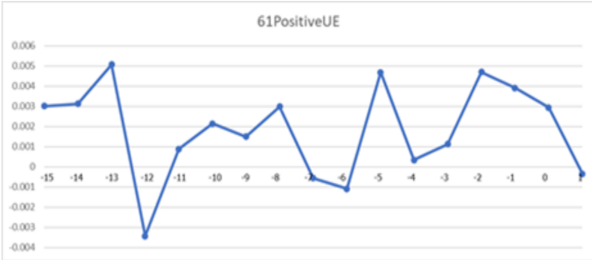
เมื่อ $EPS_{it}$ คือ กำไรต่อหุ้นของหลักทรัพย์ i ปีที่ t

$EPS_{it-1}$ คือ กำไรต่อหุ้นของหลักทรัพย์ i ปีที่ t-1

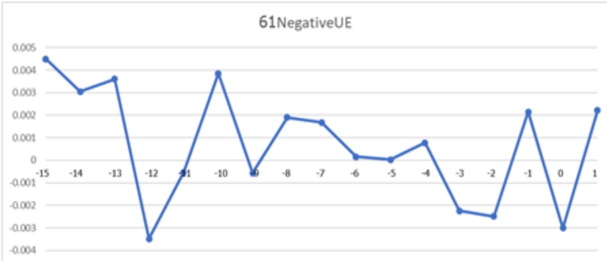
## 5) ผลการวิจัย

การศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในครั้งนี้ ได้กำหนดให้วันประกาศผลกำไรเป็นวันที่ 0 คือวันที่เกิดเหตุการณ์ และทำการศึกษาผลตอบแทนเกินปกติในช่วงเวลาก่อนประกาศ 15 วัน ไปจนถึงหลังประกาศ 1 วัน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวังกับผลตอบแทนเกินปกติสะสม ในช่วงวันที่ -1 0 และ 1 โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

ภาพที่ 1 และภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนเกินปกติในช่วงการประกาศผลกำไรประจำปี 2561 โดยภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก และภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ



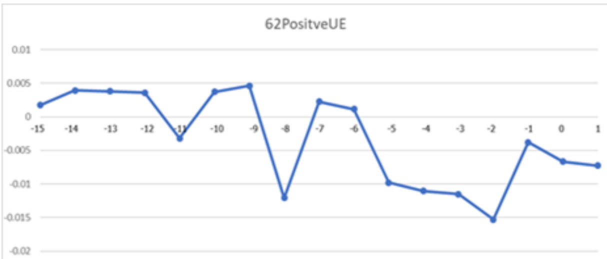

ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนเกินปกติในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก



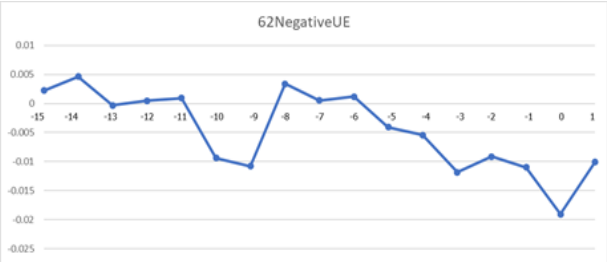

ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนเกินปกติในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ

จากภาพที่ 1 เมื่อผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก ผลตอบแทนเกินปกติมีค่าเป็นบวกในวันที่มีการประกาศผลกำไร (วันที่ 0) รวมทั้งมีผลตอบแทนเกินปกติเป็นบวกมาก่อนหน้าการประกาศกำไร และในภาพที่ 2 เมื่อผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ ผลตอบแทนเกินปกติมีค่าเป็นลบในวันที่มีการประกาศผลกำไร (วันที่ 0) โดยมีความผันผวนของกำไรเกินปกติก่อนและหลังวันประกาศผลกำไร

ภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนเกินปกติในช่วงการประกาศผลกำไรประจำปี 2562 โดยภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก และภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ




ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนเกินปกติในกรณีที่กำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก




ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทนเกินปกติในกรณีที่กำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ

จากภาพที่ 3 ในวันที่มีการประกาศผลกำไร และมีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก ผลตอบแทนเกินปกติแตกต่างไปจาก ปี 2561 โดยมีผลตอบแทนเกินปกติเป็นลบแม้ว่ากำไรที่ไม่คาดหวังจะเป็นบวก และจากภาพที่ 4 ในกรณีที่มีกำไรไม่คาดหวังเป็นลบ การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไร มีผลตอบแทนเกินปกติเป็นลบในวันประกาศผลกำไรเช่นเดียวกันกับปี 2561 โดยมีแนวโน้มการลดลงของผลตอบแทนเกินปกติมาก่อนการประกาศผลกำไร

ตารางที่ 1 แสดงผลตอบแทนเกินปกติ (Abnormal Return :AR) ในปี 2561 และ 2562 โดยในแต่ละปีจะแสดง AR ของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก (PosUE) และกลุ่มตัวอย่างที่มีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ (NegUE) ผลการศึกษาเป็นดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลตอบแทนเกินปกติ (Abnormal Return :AR)

| วันที่ | ปี 2561 | | ปี 2562 | |
|---|---|---|---|---|
| | PosUE | NegUE | PosUE | NegUE |
| | n=184 | n=182 | n=165 | n=199 |
| 1 | -0.000 | 0.002 | -0.007* | -0.010** |
| 0 | 0.003 | -0.003 | -0.007** | -0.019** |
| -1 | 0.004** | 0.002 | -0.004** | -0.011* |
| -2 | 0.005** | -0.003* | -0.015** | -0.009** |
| -3 | 0.001 | -0.002 | -0.012** | -0.012** |
| -4 | 0.000 | 0.001 | -0.011** | -0.005** |
| -5 | 0.005** | 0.000 | -0.010** | -0.004** |
| -6 | -0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| -7 | -0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.001* |
| -8 | 0.003** | 0.002 | -0.012* | 0.003 |
| -9 | 0.002 | -0.001 | 0.005 | -0.011** |
| -10 | 0.002 | 0.004** | 0.004 | -0.009** |
| -11 | 0.001 | -0.001 | -0.003 | 0.001 |
| -12 | -0.003 | -0.003 | 0.004 | 0.001** |
| -13 | 0.005** | 0.004** | 0.004 | -0.000* |
| -14 | 0.003* | 0.003 | 0.004** | 0.005** |
| -15 | 0.003** | 0.005* | 0.002 | 0.002 |

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10

จากตารางที่ 1 ในปี 2561 กรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก (PosUE) พบว่าในช่วงการประกาศผลกำไร AR มีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ก่อนวันประกาศผลกำไรคือวันที่ -2 และ -1 (AR เท่ากับ 0.005 และ 0.004 ตามลำดับ) ในวันประกาศผลกำไร AR ยังคงเป็นบวกโดยมีค่าเท่ากับ 0.003 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ (NegUE) ในช่วงการประกาศผลกำไร วันที่ -1 0 และ 1 AR ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าในวันที่ -2 ก่อนการประกาศผลกำไร AR มีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ -0.003

ในปี 2562 ผลกำไรประจำปีได้ถูกประกาศในช่วงต้นปี 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์โควิด-19 ผลการศึกษาพบว่าในช่วงการประกาศผลกำไร AR มีค่าเป็นลบทั้งในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวกและผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ โดยกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก AR มีค่าเท่ากับ -0.004 -0.007 และ -0.007 ในวันที่ -1 0 และ 1 ตามลำดับ และกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ AR มีค่าเป็นลบมากกว่ากรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก โดยมีค่าเท่ากับ -0.011 -0.019 และ -0.010 ในวันที่ -1 0 และ 1 ตามลำดับ และยังพบว่า AR มีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ก่อนวันประกาศผลกำไร

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวังกับผลตอบแทนเกินปกติสะสม จากตัวแบบ $CAR_{it} = \alpha_i + \beta_i UE_{it} + \varepsilon_{it}$

| ปี | ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก | | ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ | |
|---|---|---|---|---|
| | α | β | α | β |
| 2561 | 0.011** | -0.013** | 0.002 | 0.001 |
| t Stat | 2.758 | -2.157 | 0.334 | 0.188 |
| 2562 | -0.010 | -0.038** | -0.036** | 0.016 |
| t Stat | -1.288 | -2.031 | -3.375 | 0.715 |

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวัง (UE) กับผลตอบแทนเกินปกติสะสม (CAR) พบว่าเมื่อผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก ผลกำไรที่ไม่คาดหวังจะมีความสัมพันธ์ทางลบกับผลตอบแทนเกินปกติสะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในปี 2561 และ 2562 (ปี 2561 $\beta$ เท่ากับ -0.013 และปี 2562 $\beta$ เท่ากับ -0.038) แต่เมื่อผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ งานวิจัยนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวังกับผลตอบแทนเกินปกติสะสม ทั้งปี 2561 และ 2562

6) สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในช่วงวิกฤตการณ์โควิด-19 ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลในปี 2561 และ 2562 ซึ่งการประกาศผลกำไรของปีดังกล่าวเกิดขึ้นในปี 2562 และ 2563 ตามลำดับ (ปีก่อนและหลังการเกิดวิกฤตการณ์โควิด-19) โดยการวิจัยนี้แบ่งการประกาศผลกำไรเป็น 2 กรณีคือ กรณีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก และกรณีผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ

ผลการศึกษาพบว่า ในปี 2561 ในช่วงการประกาศผลกำไร เมื่อผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก AR จะมีค่าเป็นบวกเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า AR มีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ก่อนการประกาศผลกำไร และ AR ได้ลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงของการประกาศผลกำไร ในขณะที่เมื่อผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ ในช่วงการประกาศผลกำไรนั้น ไม่พบว่า AR มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับในปี 2562 ในช่วงการประกาศผลกำไร AR มีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวกและผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ ซึ่งในปี 2562 นี้ ข้อมูลผลกำไรจะถูกประกาศในช่วงต้นปี 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่โควิด-19 เริ่มระบาดในประเทศไทย แม้ว่าผลกำไรที่ไม่คาดหวังจะเป็นบวก แต่นักลงทุนมีความไม่มั่นใจในสถานการณ์การแพร่ระบาดที่ทวีความรุนแรงขึ้น จึงส่งผลให้มีการตอบสนองที่ลดลงจนทำให้ AR มีค่าเป็นลบ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าในช่วงวิกฤตการณ์โควิด-19 เมื่อมีการประกาศผลกำไรกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นลบ AR จะมีค่าที่เป็นลบมากกว่ากรณีที่กรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก

การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ก่อนการประกาศผลกำไรแสดงให้เห็นถึงการหาข้อมูล การประมาณการข้อมูลผลกำไรของนักลงทุนเพื่อตัดสินใจลงทุนก่อนวันประกาศผลกำไร ทำให้ข้อมูลสะท้อนไปในราคาก่อนการประกาศผลกำไร (Brunnermeier, 2005) ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวกในปี 2561 ที่ AR มีค่าเป็นบวกและเริ่มมีนัยสำคัญทางสถิติก่อนการประกาศผลกำไร และต่อมา AR ได้ปรับลดลงตลอดช่วงการประกาศผลกำไร จึงอาจส่งผลให้เกิดความสัมพันธ์ในทางลบระหว่างผลกำไรที่ไม่คาดหวังและผลตอบแทนเกินปกติสะสมในช่วงวันประกาศผลกำไร เช่นเดียวกันกับในปี 2562 ในกรณีที่ผลกำไรที่ไม่คาดหวังเป็นบวก แม้ว่า AR จะมีค่าเป็นลบ แต่ก็มีลักษณะของการปรับลดลงตลอดช่วงการประกาศผลกำไรเช่นเดียวกัน

จากผลการวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าในช่วงภาวะวิกฤติที่มีความไม่แน่นอนสูง และไม่สามารถควบคุมผลกระทบได้ การตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรอาจจะแตกต่างไปจากภาวะปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Salminen (2008) และ Bhat and Jayaraman (2010) งานวิจัยนี้จึงช่วยเพิ่มหลักฐานในเรื่องการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในภาวะวิกฤติ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ข้อมูลทางการบัญชี (ผลกำไร) และลักษณะการตอบสนองต่อการประกาศผลกำไรของนักลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ในช่วงเวลาดังกล่าว ที่ผู้สนใจสามารถนำไปศึกษาและใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุนได้

7) ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในปี 2561 และ 2562 ซึ่งในอนาคตอาจทำการศึกษาในระยะเวลาต่อมาหลังปี 2562 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ยังคงมีการแพร่ระบาดของโควิด-19 เพื่อศึกษาว่าการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรมีรูปแบบเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่อย่างไร รวมถึงการใช้ข้อมูลรายไตรมาส และศึกษาการตอบสนองของราคาหลักทรัพย์ต่อการประกาศผลกำไรในแต่ละอุตสาหกรรม ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากวิกฤตการณ์แตกต่างกันไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร ทำให้การ

วิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## REFERENCES


Ball, R., Brown, P. (1968). An empirical evaluation of accounting income numbers. Journal of Accounting Research, 6, 159–77.

Bhat, G. and Jayaraman, S. (2010). Information Asymmetry around Bank Earnings Announcements during the Financial Crisis. AAA 2010 Financial Accounting and Reporting Section (FARS) Paper.

Beaver, W. (1968). The information content of annual earnings announcements. Journal of Accounting Research, 6 (Supplement), 67–92.

Beaver, W., McNichols, M., Wang, Z., (2018). The information content of earnings announcements: new insights from intertemporal and cross-sectional behavior. Review of Accounting Studies, 23, 95-135.

Brunnermeier, M. K. (2005). Information Leakage and Market Efficiency. The Review of Financial Studies 18(2), 417- 457

Collins, D., Li, O., Xie, H., (2009). What drives the increased informativeness of earnings announcements over time? Review of Accounting Studies 14, 1–30.

Francis, J., Schipper, K. (1999). Have financial statements lost their relevance? Journal of Accounting research 37 (2), 319-352.

Francis, J., Schipper, K., Vincent, L., (2002a). Expanded disclosures and the increased usefulness of earnings announcements. The Accounting Review 77, 515–546.

Francis, J., Schipper, K., Vincent, L., 2002b. Earnings announcements and competing information. Journal of Accounting & Economics 33, 313–342.

Hussin, B. M., Ahmed, A. D., & Ying, T. C. (2010). Semi-strong form efficiency: Market reaction to dividend and earnings announcements in Malaysian stock exchange. IUP Journal of Applied Finance, 16, 36–60.

Johnson, M. F. (1999). Business cycle and the relation between security returns and earnings. Review of Accounting Studies, 4, 93–117.

Landsman, W., Maydew, E., (2002). Has the information content of quarterly earnings announcements declined in the past three decades? Journal of Accounting Research 40, 797–808.

Lonie, A. A., Abeyratna, G., Power, D. M., & Sinclair, C. D. (1996). The stock market reaction to dividend announcement. AUK study of complex market signals, Journal of Economic Studies, 23, 32–52.

Salminen, J. H. (2008). Abnormal return of dividend announcements during a boom and a recession. Empirical evidence from the years of 2002-2002 and 2005-2007, including the Finnish extra dividends. Retrieved February 14, 2022, from https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/38850/nbnfi-e200806061523.pdf?isAllowed=y&sequence=1

# การออกแบบเพื่อคาดการณ์การเคลื่อนไหวด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
# A Design of Model Predictive for Activity using Internet of Things

1st บุรินทร์ วิราณุรักษ์
Burin Wiranurak
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
wi.burin_st@tni.ac.th

2nd ศรายุทธ นนท์ศิริ
Sarayut Nonsiri
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
sarayut.n@tni.ac.th

3rd อรรณพ หมั่นสกุล
Annop Monsakul
*คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี*
*สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ วิทยาเขตอีอีซี*
จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย
annopmon@pim.ac.th

***บทคัดย่อ* — ในสถานการณ์ปัจจุบันอาการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคออฟฟิศซินโดรม (Office Syndrome) ของพนักงานประจำสำนักงานจำนวนมาก ซึ่งมีผลมาจากการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งซ้ำ ๆ เป็นเวลานาน ซึ่งส่งผลให้เกิดอาการกล้ามเนื้ออักเสบและปวดเมื่อยตามอวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณ คอ หลัง ไหล่ บ่า แขน หรือข้อมือ ซึ่งอาการปวดดังกล่าวอาจลุกลามจนกลายเป็นอาการปวดเรื้อรังได้ จากปัญหาดังกล่าว บทความวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาระบบนิเวศ (Ecosystem) พร้อมอุปกรณ์ เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนไหวผ่านอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) ที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำการเก็บข้อมูลอิริยาบถ เป็น 4 รูปแบบ ประกอบไปด้วย การนั่ง การยืน การเดิน นอนราบ และใช้ Feed Forward Neural Network ในการแยกแยะลักษณะท่าทางต่าง ๆ โดยผลจากการวิจัยพบว่า โมเดลนั้นมีความแม่นยำในระดับสูง จากค่า Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, และค่า AUC ในการเป็นค่าดัชนีการชี้วัดถึงค่าความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของโมเดล โดยมีค่า Accuracy และ Precision 0.957 และ 0.961 ตามลำดับ โดยมีค่า F1-Score อยู่ที่ 0.957 และการทำงานของโมเดลนั้น มีแนวโน้มการทำงานที่ดีขึ้นเมื่อมีการเรียนรู้มากขึ้นเรื่อย ๆ**

***คำสำคัญ* — ออฟฟิศซินโดรม, ระบบนิเวศ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง**

***ABSTRACT* — Recently, many office workers are suffering from Office Syndrome due to doing one task repeatedly for a long time, which results in muscle inflammation and pain in various organs. Especially in the neck, back, shoulders, arms, or wrists. Such pain can escalate into chronic pain. This research paper has designed and developed an ecosystem (Ecosystem) with devices to predict movement through the Internet of Things (IoT) devices developed to collect motion data in 4 forms, consisting of sit, stand, walk, and lie down and use the Feed Forward Neural Network to distinguish different postures. As a result, the models have high levels of accuracy, precision, recall, F1-Score, and AUC (area under the curve) values being the benchmarks for reliability and accuracy of the model.**

***Keywords* — Office Syndrome, Ecosystem, Internet of Things**

## I. บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนที่เป็นพนักงานออฟฟิศส่วนมากนั้นจะทำงานติดพันต่อเนื่องตลอดเวลา รวมไปถึงพฤติกรรมที่ทำงานในลักษะท่าทางที่เป็นการทำกิจกรรมแบบซ้ำๆ ทำให้พนักงานออฟฟิศส่วนมากนั้นจะพบเจอกับอาการที่เรียกว่า ออฟฟิศซินโดรม (Office Syndrome) โดยจะมีอาการปวดกล้ามเนื้ออันเนื่องมาจากการใช้กล้ามเนื้อมัดเดิมซ้ำๆ เป็นเวลาต่อเนื่องหรือเป็นเวลานานๆ โดยที่ไม่ได้ขยับเขยื้อนหรือปรับเปลี่ยนอริยาบท ทำให้เกิดอาการปวดเรื้อรังจากการเส้นประสาทส่วนปลายนั้นถูกกดทับอย่างเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยอาการการปวดเหล่านี้สามารถเกิดได้เกือบทั่วร่างกาย นอกจากอาการปวดตามร่างกายแล้ว บางครั้งอาจมีผลกระทบไปถึงอวัยวะบางส่วนอย่างเช่น ดวงตา หรือ หู เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากพฤติกรรมของคนทำงานเป็นส่วนมาก โดยที่พฤติกรรมเหล่านั้นอาจเกิดมาจากความเคยชินในการทำงาน การตั้งใจในการทำงานอย่างต่อเนื่องจนบางครั้งทำให้ละเลยหรือไม่ได้สนใจในการเปลี่ยนอริยาบทในการทำงาน จึงทำให้เห็นว่าในสังคมคนไทยนั้น มักจะมีคนที่ป่วยหรือได้รับผลกระทบในออฟฟิศซินโดรมเป็นจำนวนมากแล้วมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี

แม้ว่าในปัจจุบันยังไม่มีอุปกรณ์ติดตามตัวที่สามารถบ่งบอกลักษณะหรือกิจกรรมของผู้สวมใส่ได้ แต่ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการตรวจจับลักษณะท่าทางของผู้สวมใส่อยู่ ตัวอย่างเช่น นาฬิกาอัจฉริยะ หรือ สมาร์ทวอทช์ (Smart Watch) ที่สามารถตรวจจับการออกกำลังกาย รวม ไปถึงการนับจำนวนก้าวเดินหรือการเดินขึ้น-ลงบันไดได้ เป็นต้น แต่ก็ยังมีความแม่นยำหรือความครอบคลุมที่ไม่ครบถ้วนเสมอไป ถึงกระนั้นก็ทำให้เห็นว่าภายในตัวอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วย ตัวเซ็นเซอร์ (Sensor) ภายในนั้น มีความสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ ให้เข้ากับอุปกรณ์ประเภทพกพาหรือติดตามตัวได้ โดยที่การรับมือกับออฟฟิศซินโดรมนั้น จะต้องเริ่มจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตในช่วงของเวลาการทำงาน อย่างที่กล่าวไปในข้างมักจะมีคนที่ป่วยต้นในส่วนของนาฬิกาอัจฉริยะนั้น ยังไม่สามารถตรวจจับอริยาบทในการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สวมใส่ได้อย่างครบคลุมมากนัก แต่เนื่องจากเทคโนโลยีทุกวันนี้ได้มีการพัฒนามาตลอดจนมีสิ่งที่เรียกว่า Internet of Thing (IoT) หรือ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่ทำให้สามารถพัฒนาอุปกรณ์ได้เพิ่มเติมมากมาย โดยที่สามารถดัดแปลง แก้ไข หรือ พัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมาใหม่ได้โดยที่สามารถใช้เพื่อแก้ไข ในปัญหาต่างๆ ผ่านตัวเซ็นเซอร์มากมายและเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยที่เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ในอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) นั้นยังมีไปใช้งานอยู่ในอุปกรณ์มากมาย เช่น แท็บเล็ต (Tablet) หรือ สมาร์ทโฟน (Smartphone) เป็นต้น

ดังนั้น หากสามารถคาดการการเคลื่อนไหวในหลายอิริยาบถของพนักงานในสำนักงานได้ด้วยความแม่นยำแล้วนั้น ก็จะเป็นการป้องกันการเกิดอาการออฟฟิศซินโดรมของพนักงานได้

## II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้องานวิจัยนี้ สามารถแบ่งงานที่เกี่ยวข้องออกมาเป็นสามกลุ่มหลัก ๆ ดังนี้

1.วิธีการคัดกรองแยกแยะข้อมูลในการคาดการณ์ถึงลักษณะท่าทางของกิจกรรม

การแยกแยะข้อมูลในส่วนของท่าทางกิจกรรมโดยมีการใช้เทคนิคในรูปแบบของ โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) โดยมีงานวิจัยหนึ่ง ได้ใช้เทคนิคดังกล่าวในรูปแบบของ Fully Convolutional Networks (FCN)[2], Deep Convolution Neural Network (DCNN)[5], Feedforward Neural Network (FFNN)[4] และ รวมไปถึงแยกแยะกิจกรรมท่าทางโดยแบบการแบ่งกลุ่มโดย Support Vector Machine (SVM)[3] และ Decision Tree[7] ผ่านทางอุปกรณ์มือถือและสมาร์ทวอทช์ที่มีอุปกรณ์เซ็นเซอร์ Accelerator, Gyroscope และ Heart Rate[2][3][7][4][13] จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลเหล่านี้เข้าสู่โมเดลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และแยกแยะกิจกรรมท่าทางที่มีความน่าจะเป็นไปได้ออกมา

2.องค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและอุปกรณ์

จากงานวิจัยส่วนใหญ่นั้น จะเห็นได้ว่าจะใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีเซ็นเซอร์อย่างเช่น Accelerator Sensor และ Gyroscope Sensor ที่ประกอบอยู่ในงานวิจัยหลายชิ้น เนื่องมาจากการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์นั้นสามารถบ่งบอกท่าทางหรือกิจกรรมที่ทำอยู่ในขณะนั้นได้ โดยทำการจับท่าทางในมุมมองศาต่าง ๆที่ทำการเครื่องไหวอยู่ เป็นต้น โดยมีงานวิจัยดังกล่าว[6][12] ได้ทำการใช้ เซ็นเซอร์มากกว่า 1 เซ็นเซอร์และทำการติดตั้งตำแหน่งของเซ็นเซอร์ในจุดที่แตกต่างกันบนตามร่างกายของผู้ใช้งาน ในส่วนถัดมาจะเป็นในเรื่องของอุณหภูมิที่มีความเกี่ยวข้องไปยังการเต้นของหัวใจ[11] โดยที่ได้มีการกล่าวถึงในส่วนของการทำกิจกรรมต่าง ๆของชีวิตประจำนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่ต้องใช้กำลังหรือการออกกำลังกายนั้น จะทำให้อุณหภูมิร่างกายนั้นเปลี่ยนแปลงและยังส่งผลให้การทำงานหรือการเต้นของหัวใจนั้นทำงานเร็วขึ้นเพื่อทำการสูบฉีดเลือดหรือออกซิเจนด้วย รวมไปถึงขั้นตอนการปรับสภาวะของร่างกายด้วย

3.อุปกรณ์เครื่องมือในการใช้ตรวจจับและส่งข้อมูล

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing, IoT) เป็นเทคโนโลยีที่เข้าถึงและถูกนำเข้าไปใช้กับอุปกรณ์มากมายในหลาย จะพบว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกพบมาในอุปกรณ์พกพาอย่างเช่น สมาร์ทโฟนและสมาร์ทวอทช์ ที่มีการใช้เซ็นเซอร์เข้ามา อย่างเช่น Accelerator และ Gyroscope Sensor [9] รวมไปถึงประดิษฐ์อุปกรณ์ขึ้นมาเองเพื่อใช้ในแต่ละจุดประสงค์ของงาน [8][10] ได้จากเซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันที่มีอย่างหลากหลาย

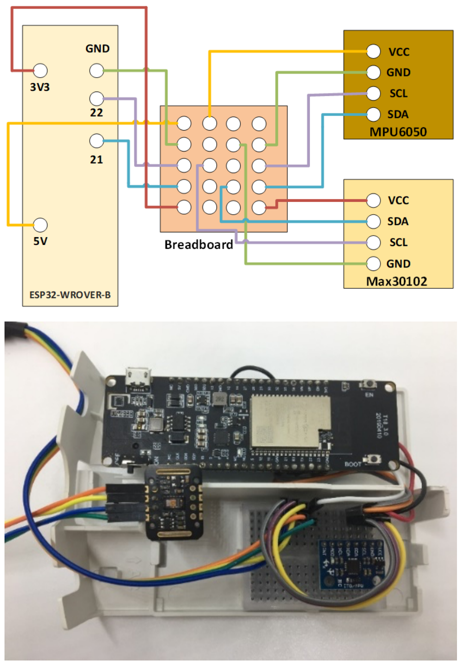
## III. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยจะมุ่งเน้นไปยังการสร้างโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์และคาดการณ์ความน่าจะเป็นของรูปแบบกิจกรรม ผ่านการเก็บข้อมูลการทดลองผ่านทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และแสดงผลลัพธ์ออกทางหน้าจอไปยังผู้ดูแลสังเกตการณ์ โดยกล่าวถึงหัวข้อดังต่อไปนี้

1.เครื่องมือในการเก็บข้อมูลและแสดงผลการทดลองในงานวิจัย
2.วิธีการในการทำงานวิจัย
3.ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน
4.ข้อมูลที่นำเข้ามาใช้เข้ากับโมเดลและทำการทดลอง

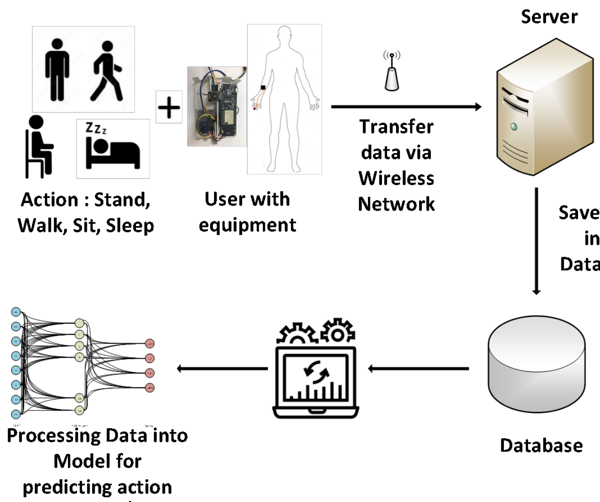
ในส่วนนี้ จะเริ่มจากการเลือกเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการนำเข้าสู่โมเดล โดยประกอบไปด้วย Accelerator, Gyroscope, Heart Rate, Temperature Sensor ตามรูปที่ I และรวมไปถึงบอร์ดที่ใช้ในการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เข้าหาด้วยกัน [6] ตามรูปที่ II


รูปที่ I. แสดงอุปกรณ์ Accelerator & Gyroscope Sensor รุ่น MPU6050 (ซ้าย), Heartrate Sensor รุ่น Max30102 (กลาง), ESP32-WROVER-B Development Board (ขวา)




รูปที่ II. การต่อแผงวงจรระหว่างเซ็นเซอร์และบอร์ดเข้าด้วยกัน

โดยการภายหลังเตรียมการประกอบอุปกรณ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการติดตั้งและเก็บข้อมูลจากผู้สวมใส่อยู่ที่ข้อมือและที่ปลายนิ้ว [1] โดยในการเก็บข้อมูลนี้ จะถูกนำไปใช้ในการแปลงค่าก่อนเข้าสู่โมเดลในการประมวลผลเพื่อสร้างโมเดล โดยการส่งถ่ายข้อมูลนั้น จะถูกทำภายใต้การส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย ผ่าน HTTP โปรโตคอล เข้าหาเซิร์ฟเวอร์ ตามรูปที่ III




รูปที่ III. แสดง Diagram การเก็บข้อมูลภายในงานวิจัย

โดยที่แนวทางการทำงานนั้นจะเริ่มจากการแบ่งชุดข้อมูลออกมาเป็นเซ็ต โดยแต่ละเซ็ตนั้นจะประกอบไปด้วย

- ค่าความองศาเร่งในตำแหน่งของแกน X
- ค่าความองศาเร่งในตำแหน่งของแกน Y
- ค่าความองศาเร่งในตำแหน่งของแกน Z
- ค่าองศาในตำแหน่งของแกน X
- ค่าองศาในตำแหน่งของแกน Y
- ค่าองศาในตำแหน่งของแกน Z
- ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (ในรูปแบบค่า IR)
- ค่าอุณหภูมิของร่างกาย (องศาเซลเซียส)

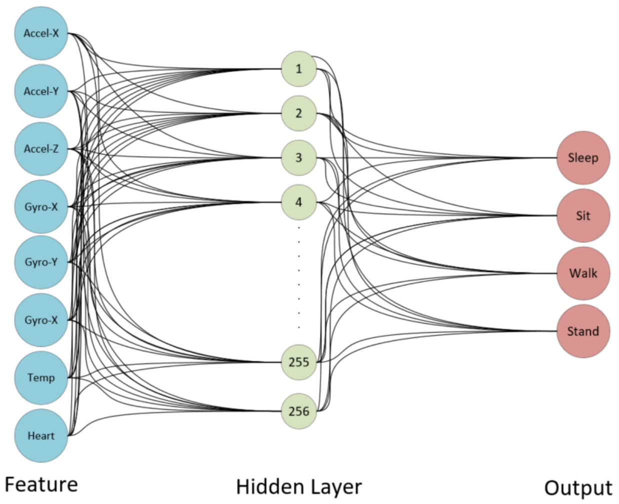
จากตารางที่ I โดยที่แต่ละข้อมูลแต่ละชนิดจะถูกเก็บค่าอย่าง 60 ข้อมูลทุกๆ 10 วินาที [3] แล้วนำมาแปลงหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการบ่งบอกในแต่ละกิจกรรม

ตารางที่ I. ตัวอย่างข้อมูลหลังทำการคำนวณค่าเฉลี่ย

| Acceleration - X | Acceleration - Y | Acceleration - Z | Gyroscope - X | Gyroscope - Y | Gyroscope - Z | Heart Rate | Temperature |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 245.17 | 75.58 | 222.73 | 192.08 | 88.2 | 217.22 | 111024.4 | 32.34 |
| 260.57 | 42.15 | 247.4 | 238.62 | 84.63 | 274.72 | 111403.2 | 32.43 |
| 114.13 | 32.82 | 134.75 | 239.43 | 89.68 | 278.02 | 111023.3 | 32.49 |
| 349.05 | 14.02 | 232.88 | 272.83 | 87.62 | 326.17 | 111858.7 | 32.5 |
| 354.55 | 13.02 | 339.92 | 254.18 | 88.7 | 299.82 | 110563 | 32.55 |
| 353.83 | 11.5 | 335.15 | 244.63 | 87.48 | 297.38 | 110799.9 | 32.56 |

จากนั้นจึงทำการกำหนดโครงสร้างทำงานของ Feed Forward Neural Network โมเดลโดยโครงสร้างของโมเดลจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เลเยอร์ โดยที่เลเยอร์แรกจะเป็นส่วนของการนำข้อมูลเข้าสู่โมเดล โดยมีการรับค่าเป็นจำนวน 8 ค่า โดยเป็นค่าที่กล่าวมาจากก่อนหน้านี้ เลเยอร์ที่ 2 จะเป็นส่วนของการเรียนรู้โดยจะแบ่งโหนดการเรียนรู้เป็นจำนวน 256 โหนด และเลเยอร์ที่ 3 จะเป็นส่วนการคาดคะเนผลลัพธ์ของกิจกรรมที่คาดคะเนออกมา ตามรูปที่ IV

โดยการรับค่าในการเรียนรู้ในโมเดลนั้นจะกำหนดขนาด Batch Size มีค่าเป็น 256 ส่วนรูปแบบการเรียนรู้จะเป็น ReLu และในส่วนของการปรับแต่งการเรียนรู้ให้ดีขึ้นในแต่ละรอบการเรียนรู้จะเป็น Adam และ Binary Cross Entropy ซึ่งค่าผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้นจะเป็นช่วง 0-1 ในแต่ละกิจกรรม ถ้าค่าไหนเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีเป็นไปได้ที่จะเป็นกิจกรรมในรูปแบบนั้นๆ




รูปที่ IV. แสดง Diagram การทำงานของโมเดล

การเก็บข้อมูลในอริยาบททั้งหมดนี้ จะทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่จากทำกิจกรรมอื่นๆมาสู่เป็นการนั่ง ยืน เดิน นอนราบ ตัวอย่างเช่น การเก็บข้อมูลในรูปแบบนั่งนั้น จะทำการเก็บตั้งแต่เดินแล้วเปลี่ยนมานั่ง เป็นต้น โดยที่ระหว่างที่ทำการเก็บข้อมูลอยู่นั้น ผู้ที่สวมใส่อุปกรณ์นั้นสามารถที่จะกิจกรรมอื่นๆ ควบคู่กันไปได้ ตามรูปที่ V

รูปที่ V. แสดงการเก็บข้อมูลของท่าทางการก้าวเดิน (บน) การทำงานระหว่างนั่ง (กลาง) และ การทำท่าทางแบบนอนราบ (ล่าง)

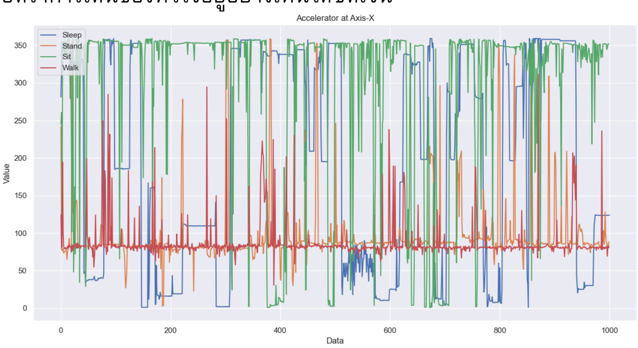
โดยที่อุปกรณ์นั้นจะทำการติดตั้งบริเวณข้อมือของผู้สวมใส่ โดยมีงานวิจัย [6] ที่บ่งชี้ให้เห็นว่าการระบุรูปแบบกิจกรรมจากการติดตั้งอุปกรณ์บริเวณข้อมือนั้น ให้ผลความแม่นยำที่ดีกว่าบริเวณอื่นๆในร่างกายของผู้สวมใส่ อีกทั้งการใช้งานในส่วนของเซ็นเซอร์การตรวจอัตราการเต้นของหัวใจและอุณหภูมินั้น ได้ใช้วิธีการตรวจจับแบบเดียวกับอุปกรณ์การแพทย์หรือเครื่องมือตรวจจับวัดอัตราการเต้นของหัวในและปริมาณออกซิเจน ที่เป็นอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งที่บริเวณปลายนิ้ว ซึ่งอุปกรณ์ประเภทให้ความแม่นยำที่สูงเนื่องจากแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบและสะท้อนกลับมาจากปลายนิ้วหรือข้อมือนั้นสามารถนำไปใช้คำนวณได้รวดเร็ว

## IV. ผลการวิจัย

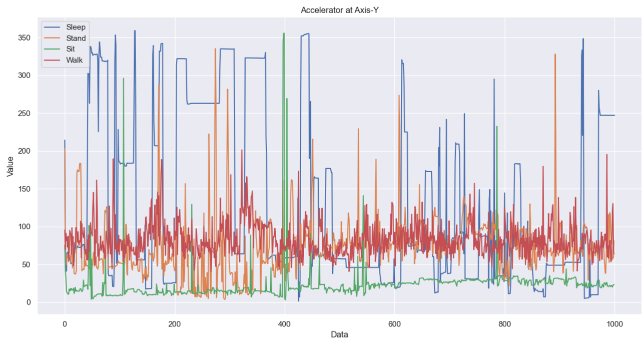
การวิเคราะห์จากกราฟที่เก็บข้อมูล ตามรูปที่ VI - VIII พบว่าข้อมูลในแต่ละกิจกรรมนั้นจะมีการเกาะกลุ่มเป็น อย่างเช่นข้อมูลในส่วนของแกน X ที่จะมีการแบ่งแยกออกมาเป็นสองกลุ่มหลักๆ อย่างเช่น การนอนราบและการนั่งจะถูกจัดกลุ่มอยู่ในช่วงของกราฟตอนบนและล่าง ในขณะที่การยืนและการเดินนั้นจะอยู่ในช่วงของกราฟตอนกลาง ถัดมาข้อมูลในส่วนของแกน Y นั้น การนอนราบนั้นจะมีข้อมูลจะมีความผันผวนตามกิจกรรมโดยที่การนอนราบมีความผันผวนมากที่สุด ข้อมูลที่ทำการเป็นมาได้มีการเปลี่ยนท่าทางมาก ในขณะที่กิจกรรมอื่นๆ นั้นจะเก็บในรูปแบบในการทำงานที่เปลี่ยนลักษณะท่าทางของส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์นั้นไม่มีความเคลื่อนไหวไปในรูปแบบอื่นๆ มากนัก โดยที่การนั่งนั้นยังคงอยู่ที่แนวช่วงล่างของกราฟในส่วนของการยืนและเดินนั้นยังคงอยู่ที่แนวกลางของกราฟ สุดท้ายในส่วนของแกน Z นั้น ยังคงมีความผันผวนแต่ไม่มากเท่าแกน Y และยังคงแบ่งแยกกลุ่มออกมาได้โดยที่ข้อมูลประเภทการนอนราบและนั่งนั้นอยู่ที่ช่วงบนของกราฟ และในขณะที่การเดินและยืนอยู่ที่ช่วงกลางของกราฟ

ตามรูปที่ VIIII นั้นจะเป็นข้อมูลที่ในรูปแบบของ Infrared (IR) ที่ใช้แสงยิงผ่านเข้าไปยังพื้นที่และให้แสงสะท้อนกลับมา โดยการทำงานในส่วนนี้คือ

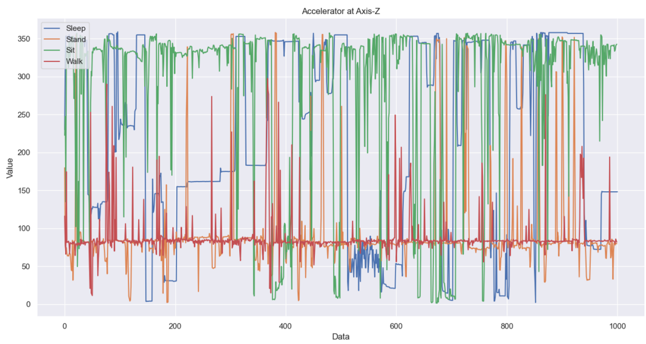
การวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจผ่านทางปลายนิ้ว โดยค่าที่อ่านได้จะเอาค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยตรงโดยไม่ผ่านการเปลี่ยนแปลงค่าใดๆ โดยจากกราฟจะสามารถแบ่งรูปแบบของข้อมูลได้ออกเป็น 3 รูปแบบ โดยที่รูปแบบแรกนั้นจะเป็นในรูปแบบกิจกรรมที่เป็นแบบนั่งและยืน โดยที่รูปแบบค่าที่อ่านออกมาได้จะไปในทิศทางกราฟช่วงบนและล่างลากยาวไปอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่รูปแบบกิจกรรมการนอนราบนั้น ค่าที่วัดได้จะอยู่ในช่วงกลางและบนของตาราง เนื่องจากค่านั้นจะอยู่ในรูปแบบการนอนราบในรูปแบบที่ตื่นและหลับอยู่ ทำให้เห็นว่าค่าที่วัดได้จากการหลับและตื่นนั้นจะวัดได้ค่าที่ต่างกันอยู่ในระดับหนึ่ง และค่าในกลุ่มสุดท้ายคือรูปแบบกิจกรรมในการเดินที่จะมีค่าอยู่ในช่วงกึ่งกลางของกราฟแต่จะมีค่าผันผวนในระดับหนึ่ง อันเนื่องจากการเก็บข้อมูลนั้นมีการเดินในรูปแบบต่างๆ โดยประกอบไปด้วยการเดินทางราบ ทางชั้นขึ้นและทางชั้นลงรวมไปถึงการเดินถือของ ทำให้เห็นว่าเมื่อทำกิจกรรมที่มีการใช้แรงเข้ามาเกี่ยวข้องก็ทำให้เห็นถึงรูปแบบของอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนไปในรูปแบบที่ขึ้นโดยบางกิจกรรมนั้นจะเห็นว่าเมื่อมีการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ก็มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจอยู่อย่างเห็นได้ชัดเจน



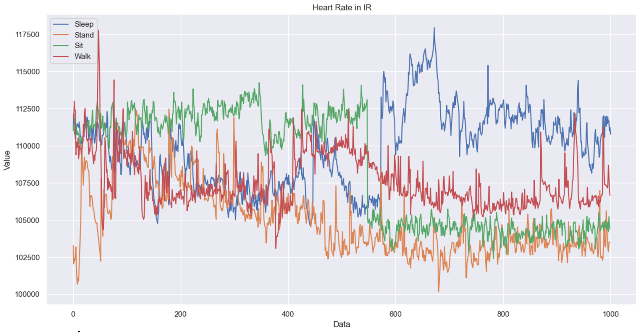

รูปที่ VI. แสดงค่าความเร่งองศาในตำแหน่งของแกน X ในกิจกรรมรูปแบบนอนราบ, ยืน, นั่ง, และเดิน




รูปที่ VII. แสดงค่าความเร่งองศาในตำแหน่งของแกน Y ในกิจกรรมรูปแบบนอนราบ, ยืน, นั่ง, และเดิน




รูปที่ VIII. แสดงค่าความเร่งองศาในตำแหน่งของแกน Z ในกิจกรรมรูปแบบนอนราบ, ยืน, นั่ง, และเดิน




รูปที่ VIIII. แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (ในรูปแบบ IR) ในกิจกรรมรูปแบบ นอนราบ, ยืน, นั่ง, และเดิน

อย่างไรก็ดี งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอย่าง 1,000 ชุดข้อมูล รวมจาก 4 กิจกรรมเป็นจำนวน 4,000 ข้อมูลเพื่อใช้ในการเรียนรู้โมเดล และใช้ข้อมูลแยกอีก 1,200 ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลอย่าง 300 ในแต่ละกิจกรรม โดยมีค่าผลลัพธ์ในการเรียนรู้ในแต่ละรอบ ตามตารางที่ III โดยที่จะวิเคราะห์ข้อมูลจากค่า Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, และค่า AUC (Area Under the Curve) ในการเป็นค่าดัชนีการชี้วัดถึงค่าความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของโมเดล

โดยที่ Accuracy คือ ค่าความแม่นยำของโมเดลที่ใช้ในการคาดเดาหรือทำนายผลลัพธ์ออกมา โดยคำนวณจากค่าความถูกต้องทั้งหมดกับค่าความเป็นจริงที่ควรจะเป็น

$$\text{Accuracy} = \frac{Tp}{N} \quad (1)$$

โดยที่ Precision คือ ค่าความถูกต้องของโมเดลที่ใช้ในทำนายผลลัพธ์ออกมา โดยคำนวณจากค่าความถูกต้องในส่วนของแต่ละชนิดข้อมูลกับค่าความเป็นจริงที่ควรจะเป็น

$$\text{Precision} = \frac{Tp}{Tp+Fp} \quad (2)$$

โดยที่ Recall คือ แม่นยำของโมเดลที่ใช้ในทำนายผลลัพธ์ที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องออกมา โดยคำนวณจากค่าความไม่ถูกต้องกับอัตราส่วนที่ถูกต้องของข้อมูลกับค่าความเป็นจริงที่ควรจะเป็น

$$Recall = \frac{Tp}{Tp+Fn} \quad (3)$$

โดยที่ F1 Score คือ ค่าดัชนีชี้วัดความน่าเชื่อถือที่ดูจากค่าเฉลี่ยจาก Precision และ Recall เพื่อวัดความสามารถของโมเดล เนื่องด้วยบางครั้งไม่สามารถชี้วัดเพียงจากค่า Accuracy เพียงอย่างเดียว

$$F1\ Score = \frac{2*\text{Precision}*\text{Recall}}{\text{Precision}+\text{Recall}} \quad (4)$$

โดยที่ AUC หรือ Area Under the Curve เป็นค่าอีกชี้วัดอีกแบบหนึ่งที่จะทำการวิเคราะห์การจำแนกเพื่อกำหนดว่าโมเดลใดที่ใช้ทำนายผลลัพธ์ออกมาได้ดีมากแค่ไหน โดยมีค่าละ 0-1 โดยที่ถ้าค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงมีค่าโมเดลที่ดี โดยจะเน้นดูที่ค่า *Tpr* และค่า *Fpr* ซึ่งเป็นค่าที่ทำนายถูกและผิดจากค่าความเป็นจริง

$$Tpr = \frac{Tp}{Tp+Fn} \quad (5)$$

$$Fpr = \frac{Fp}{Fp+Tn} \tag{6}$$

*Tp* = สิ่งที่ทำนายตรงกับค่าความเป็นจริงที่เกิดขึ้นจริง (ทำนายว่าจริง สิ่งที่เกิดขึ้นคือจริง)

*Tn* = สิ่งที่ทำนายตรงกับค่าความเป็นจริงที่เกิดขึ้นไม่จริง (ทำนายว่าไม่จริง สิ่งที่เกิดขึ้นคือไม่จริง)

*Fp* = สิ่งที่ทำนายตรงไม่ตรงกับค่าความเป็นจริงที่เกิดขึ้น (ทำนายว่าจริง สิ่งที่เกิดขึ้นคือไม่จริง)

*Fn* = สิ่งที่ทำนายไม่ตรงกับค่าความเป็นจริงที่เกิดขึ้นจริง (ทำนายว่าไม่จริง สิ่งที่เกิดขึ้นคือจริง)

*N* = จำนวนข้อมูลความเป็นจริงที่นำใช้ทั้งหมด

ตารางที่ II. แสดงค่าของประสิทธิภาพของ AUC

| | Result |
|---|---|
| = 0.5 | โมเดลทำงานแบบเดาสุ่มเลย |
| > 0.7 | มาตรฐานสำหรับโมเดลส่วนใหญ่ |
| > 0.8 | โมเดลทำงานได้ดี |
| > 0.9 | โมเดลทำงานได้ดีมาก |

ตารางที่ III. แสดงค่าการทำงานของ Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, และ AUC ในแต่ช่วงการทำงานของ Epoch

| | Epochs | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |
| Accuracy | 0.751 | 0.891 | 0.909 | 0.89 | 0.939 | 0.936 | 0.953 | 0.956 | 0.939 | 0.944 | 0.957 | 0.956 |
| Precision | 0.698 | 0.9 | 0.914 | 0.894 | 0.931 | 0.935 | 0.958 | 0.96 | 0.944 | 0.95 | 0.961 | 0.96 |
| Recall | 0.681 | 0.876 | 0.899 | 0.88 | 0.931 | 0.935 | 0.949 | 0.948 | 0.932 | 0.937 | 0.954 | 0.951 |
| F1 | 0.689 | 0.888 | 0.906 | 0.887 | 0.935 | 0.935 | 0.954 | 0.954 | 0.938 | 0.944 | 0.957 | 0.956 |
| AUC | 0.893 | 0.978 | 0.985 | 0.979 | 0.993 | 0.991 | 0.996 | 0.996 | 0.994 | 0.993 | 0.997 | 0.997 |

หลังจากที่ทำการเทรนนิ่งโมเดลแล้ว จึงนำไปสู่กระบวนการคาดคะเนกิจกรรม ตามตารางที่ IV จะพบว่าค่า F1-Score มีค่าโดยรวมอยู่ที่ 0.88 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับโมเดลอื่นๆ บนโปรแกรม WEKA จะพบว่าค่ามีระดับความแม่นยำอยู่ในระดับดีกว่าและเทียบเท่า ตามตารางที่ V

ตารางที่ IV. แสดง Classification Report จากข้อมูลทดสอบผ่านค่า Precision, Recall, และ F1-Score

| | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|---|---|---|---|---|
| Stand | 0.86 | 0.94 | 0.9 | 300 |
| Sleep | 0.91 | 0.79 | 0.84 | 300 |
| Sit | 0.84 | 0.9 | 0.87 | 300 |
| Walk | 0.94 | 0.91 | 0.93 | 300 |
| | | | | |
| Accuracy | | | 0.89 | 1200 |
| Macro Avg. | 0.89 | 0.89 | 0.88 | 1200 |
| Weighted Avg. | 0.89 | 0.89 | 0.88 | 1200 |

ตารางที่ V. แสดงการเปรียบเทียบค่า F1-Score ในแต่ละโมเดล

| | FFNN | SVM | NaiveBayers |
|---|---|---|---|
| F1-Score Weighted Avg | 0.88 | 0.85 | 0.88 |

## V. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเปรียบเทียบโมเดลแต่ละรูปแบบเข้าเปรียบเทียบเพิ่มเติมคือ Random Forest ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งในรูปแบบของ Decision Tree โดยผลการทำงานของรูปแบบนี้มีค่าที่สูงมากเมื่อทำการทดลองผ่านโปรแกรม WEKA โดยที่มีค่า F1-Score อยู่ที่ 0.972 แต่กลับพบว่าค่าอุณหภูมิร่างกายนั้นไม่ถูกนำไปใช้งานในการแบ่งแยกข้อมูล จึงแสดงให้เห็นว่าการทำงานในโมเดลอื่นๆ นั้น มีการทำงานที่มีความเป็นไปได้ที่อาจจะไม่เลือกใช้ข้อมูลทั้งหมด ดังนั้น จึงมีการรอบจำนวนการเรียนรู้ขึ้นจาก 10,000 รอบ เป็น 20,000 และ 50,000 กลับพบว่ามีค่า F1-Score ที่มาขึ้นตามลำดับ ตามตารางที่ VI – VII

ทำให้เห็นว่าการทำงานของโมเดลถ้ามีการเรียนรู้มากขึ้น ยังมีความสามารถที่จะทำให้ทำนายท่าทางและกิจกรรมได้แม่นยำมากขึ้น ทั้งนี้ถ้ามีการ Tuning โมเดลโดยทำการเพิ่ม Hidden Layer หรือ การเปลี่ยนค่า Batch Size อาจทำให้โมเดลมีความแม่นยำหรือการใช้เวลาในระยะรอบเวลาในการเรียนรู้ที่ลดลงมากกว่าในการทดลองในชิ้นนี้

ตารางที่ VI. แสดง Classification Report จากข้อมูลทดสอบโดยใช้การเรียนรู้ที่ 20,000 epochs

| | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|---|---|---|---|---|
| Stand | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 300 |
| Sleep | 0.91 | 0.83 | 0.87 | 300 |
| Sit | 0.83 | 0.95 | 0.89 | 300 |
| Walk | 0.96 | 0.9 | 0.93 | 300 |
| | | | | |
| Accuracy | | | 0.9 | 1200 |
| Macro Avg. | 0.91 | 0.9 | 0.9 | 1200 |
| Weighted Avg. | 0.91 | 0.9 | 0.9 | 1200 |

ตารางที่ VII. แสดง Classification Report จากข้อมูลทดสอบโดยใช้การเรียนรู้ที่ 50,000 epochs

| | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|---|---|---|---|---|
| Stand | 0.89 | 0.93 | 0.91 | 300 |
| Sleep | 0.97 | 0.93 | 0.95 | 300 |
| Sit | 0.93 | 0.95 | 0.94 | 300 |
| Walk | 0.94 | 0.92 | 0.93 | 300 |
| | | | | |
| Accuracy | | | 0.93 | 1200 |
| Macro Avg. | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 1200 |
| Weighted Avg. | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 1200 |

จากตารางที่ IV, V, VI และ VII นั้น ยังคงแสดงให้เห็นว่าค่าองค์ประกอบต่างๆที่ได้จากเซ็นเซอร์และตำแหน่งในจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์นั้นที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดลนั้น มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะสามารถคาดคะเนลักษณะท่าทางและกิจกรรมได้โดยที่มีค่า F1-Score ตั้งแต่ 0.89-0.93 ซึ่งเป็นตามรูปงานวิจัยที่ใช้เซ็นเซอร์ในการจับการเคลื่อนไหว อัตราการเต้นของหัวใจและอุณหภูมิเข้ามาทำการสร้างโมเดล

## VI. ข้อเสนอแนะการวิจัย

การทำการเก็บข้อมูลนั้นควรกำหนดระยะเวลาหรือช่วงเวลาให้มีความชัดเจน ตัวอย่างเช่น การเก็บข้อมูลหลังตื่นนอนหรือก่อนนอน หลังการออกกำลังกาย หรือ หลังการทำงานหรือกิจกรรมบางอย่าง เนื่องจากการเก็บ

ข้อมูลที่มีความละเอียดอย่างอัตราการเต้นหัวใจนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ไปทิศทางที่ละเอียดมาก ทำให้การกำหนดกิจกรรมก่อนที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นมีความสำคัญตามมา รวมไปถึงช่วงอายุของตัวบุคคลในการเก็บข้อมูลด้วยเพราะการทำงานของร่างกายคนนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ อัตราการเต้นหัวใจและอุณหภูมิในการทำกิจกรรมต่าง ๆก็แปรผันตาม จึงเห็นว่าภายภาคหน้าในการทำงานทดลองนั้นต้องกำหนดช่วงเวลา กิจกรรม และอายุของผู้ทำการทดลองนั้นให้สอดคล้องและสัมพันธ์กัน รวมไปการพัฒนาอุปกรณ์และระบบที่ทำการนำอุปกรณ์ติดตั้งเพิ่มไปยังบริเวณต่าง ๆตามร่างกายเพิ่มเติม ในการใช้เป็นข้อมูล Feature อีกส่วนหนึ่งในการเอาเข้าสู่โมเดล โดยอ้างอิงจากงานวิจัย [6] ที่พบว่าเมื่อทำการเอาข้อมูลจากจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตามร่างกายเข้ามาช่วยทำการวิเคราะห์นั้น เพิ่มโอกาสในการทำนายรูปแบบกิจกรรมและอิริยาบทได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่สามารถขจัดปัญหาข้อมูลบ้างส่วนที่มีความคาดเคลื่อนออกไปได้ เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ได้พบเจอปัญหาอุณหภูมิที่ปลายนิ้วนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปกับสภาพแวดล้อมภายนอก แต่ถ้าทำการใช้อุณหภูมิตามจุดต่าง ๆของร่างกาย เข้ามาเป็นข้อมูลเพิ่มเติมนั้น จะทำให้โมเดลสามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิจากตำแหน่งต่าง ๆหลายจุดของร่างกายมาช่วยในการประมวลผลให้ให้โมเดลดียิ่งขึ้นและอาจรวมไปถึงการเปลี่ยนอุปกรณ์เซ็นเซอร์บางชนิดเพื่อใช้ในการวัดให้เหมาะสมไปบริเวณร่างกายที่ติดตั้งเพิ่มเติม

ดังนั้น ในอนาคตสามารถพัฒนาในส่วนของ Feature ที่เอาเข้าระบบสู่โมเดลโดยการการเพิ่มข้อมูลในส่วนของระยะทางในการเคลื่อนที่เพิ่มเติมเข้ามา เนื่องจากอุปกรณ์ของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) นั้นมีเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบหรือส่งข้อมูลในส่วนของพิกัดตำแหน่งได้ ทำให้สามารถนำระยะทางการเคลื่อนไหวจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเข้ามาเป็นอีกข้อมูลหนึ่งในการแยกแยะกิจกรรมประเภทหยุดนิ่งหรือเคลื่อนไหวได้มากยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดีเสมอมา

## เอกสารอ้างอิง

[1] C.D. Ther, *"Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: A prospective study,"* [Online]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6732081/. [Accessed: April 24, 2022].

[2] M. Kim, C.Y. Jeong, and H.C. Shin, "Activity recognition using fully convolutional network from smartphone accelerometer," *International Conference on Information and Communication Technology Convergence,* ICIT 2018, Jeju, Korea (South), October 17-19, 2018, pp.1482-1484.

[3] N. Hardiyanti, A. Lawi, Diaraya, and F. Aziz, "Classification of Human Activity based on Sensor Accelerometer and Gyroscope Using Ensemble SVM method," *2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology,* EIConCIT 2018, Makassar, Indonesia, November 6-7, 2018, pp. 304-307

[4] F. Xiao,Y. Chen,M. Yuchi, M. Ding, and J. Jo, "Heart Rate Prediction Model Based on Physical Activities Using Evolutionary Neural Network," *Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing,* ICGEC 2010, Shenzhen, China, December 13-15, 2010, pp. 198-201.

[5] S.-M. Lee, S.M. Yoon, and H. Cho, "Human activity recognition from accelerometer data using Convolutional Neural Network," *IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing,* BigComp 2017, Jeju, Korea (South), February 13-16, 2017, pp. 131-134.

[6] M.N.S. Zainudin, M.N. Sulaiman, N. Mustapha, and T. Perumal, "Monitoring daily fitness activity using accelerometer sensor fusion," *IEEE International Symposium on Consumer Electronics,* ISCE 2017, Kuala Lumpur, Malaysia, November 14-15, 2017, pp. 35-36.

[7] M.A. Ayu, M. Terry, A.F.A Matin, S.S.O. Basamh, "Recognizing User Activity Based on Accelerometer Data from a Mobile Phone," *IEEE Symposium on Computers & Informatics,* ISCI 2011, Kuala Lumpur, Malaysia, March 20-23, 2011, pp. 617-621.

[8] S.S. Thomas, A. Saraswat, A. Shashwat, and V. Bharti, "Sensing heart beat and body temperature digitally using Arduino," *International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System,* SCOPES 2016, Paralakhemundi, India, October 3-5, 2016, pp. 1721-1724.

[9] P. Musale, D. Baek, and B.J. Choi, "Lightweight gait based authentication technique for IoT using subconscious level activities," *IEEE 4th World Forum on Internet of Things,* WF-IoT 2018, Singapore, February 5-8, 2018, pp. 564-567.

[10] S. Sharma, S. Das, J. Virmani, M. Sharma, S. Singh, and A. Das, "IoT Based Dipstick Type Engine Oil Level and Impurities Monitoring System: A Portable Online Spectrophotometer," *4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages,* IoT-SIU 2019, Ghaziabad, India, April 18-19, 2019, no page.

[11] S. Sim, H. Yoon, H. Ryou, and K. Park, "Estimation of body temperature rhythm based on heart activity parameters in daily life," *36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society,* EMBC 2014, Chicago, IL, USA, August 26-30, 2014, pp. 2245-2248.

[12] T.J. Malkinson, "Skin temperature response during cycle ergometry," *IEEE CCECE2002. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. Conference Proceedings,* CCECE 2002, Winnipeg, MB, Canada, May 12-15, 2002, pp. 1123-1128.

[13] S. Mekruksavanich, N. Hnoohom, and A. Jitpattanakul, "Smartwatch-based sitting detection with human activity recognition for office workers syndrome," *International ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering,* ECTI-NCON 2018, Chiang Rai, Thailand, February 25-28, 2018, pp. 160-164.

# การระบุพื้นที่อาการของโรคบนใบทุเรียนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

# Area Segmentation of Durian Foliar Disease Symptoms using Image Processing Technique


ศรชัย อุดมธนาพงศ์
Sornchai Udomthanapong
*คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
จันทบุรี ประเทศไทย
sornchai.ud@buu.ac.th

สิริสุดา บัวทองเกื้อ
Sirisuda Buatongkue
*คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
จันทบุรี ประเทศไทย
sirisuda@buu.ac.th

ธนพล พุกเส็ง
Thanaphon Phukseng
*คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
จันทบุรี ประเทศไทย
thanaph@buu.ac.th



***บทคัดย่อ* — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการระบุพื้นที่อาการของโรคบนใบทุเรียนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยเจาะจงในอาการใบจุด และอาการใบไหม้ โดยเก็บใบทุเรียน จำนวน 200 ใบ ที่แสดงอาการของโรคใบจุดหรือใบไหม้ เพื่อทำเป็นชุดข้อมูลในการวิจัย โดยภาพจะถูกลดทอนรายละเอียด และถูกแปลงจากจากระบบสีอาร์จีบีให้เป็นระบบสีเอชเอสวี จากนั้นแยกภาพใบออกจากพื้นหลัง และใช้เทคนิคการพิจารณาค่าสีจากระบบเอชเอสวีในการระบุพื้นที่แสดงอาการของโรค ผลการวิจัยพบว่าค่าสีเอชเอสวีที่เหมาะสมในลักษณะอาการใบจุดคือค่าเอชระหว่าง 15-90, ค่าเอส ระหว่าง 20-195, ค่าวี ระหว่าง 20-159 ซึ่งมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 50.25 ในขณะที่ค่าสีเอชเอสวีที่เหมาะสมในลักษณะอาการใบไหม้ คือ ค่าเอชระหว่าง 15-90, ค่าเอสระหว่าง 20-210, ค่าวีระหว่าง 20-210 มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 86.00**



***คำสำคัญ* — การประมวลผลภาพ, การระบุพื้นที่, โรคบนใบทุเรียน**



***ABSTRACT* — The objective of this research was to present the method of area segmentation on durian foliar disease symptoms. The image processing technique was employed to identify leaf spot symptoms and leaf blight symptoms. 200 durian leaves expressing either leaf spot or leaf blight symptoms were collected as a data set for the research. First and foremost, the image was blurred and converted from the RGB into HSV. Then, separate the leaf section from its background. The color thresholding technique in HSV was used to identify the position of disease symptoms. The findings revealed that the appropriate range of HSV for leaf spot symptom was shown as follows; H between 15-90, S between 20-195, and V between 20-159. The accuracy was 50.25%. While the appropriate range of HSV for leaf blight was shown as follows; H between 15-90, S between 20-210, and V between 20-210. The accuracy was 86.00%.**



***Keywords* — Image Processing, Area Segmentation, Durian Foliar Disease**


## I. บทนำ

ทุเรียนเป็นพืชไม้ผลเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2563 มีมูลค่าการส่งออกมากถึง 72,398,250,260 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มจากปี พ.ศ. 2562 มากถึงร้อยละ 41.53 และแนวโน้มในการส่งออกทุเรียนยังเพิ่มสูงขึ้น [1] ปัญหาหลักที่เกษตรกรประสบคือ ปัญหาการเข้าทำลายทุเรียนโดยเชื้อก่อโรค อาทิเช่น เชื้อ *Phytophthora* sp. สาเหตุของโรครากเน่าโคนเน่า [2] เชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุของโรคแอนแทรคโนส [3] เชื้อรา *Phomopsis* sp. สาเหตุของโรคใบจุด [4] รวมไปถึง *Cephaleuros virescens* ซึ่งก่อให้เกิดโรคใบจุดสาหร่าย [5] ซึ่งการเข้าทำลายโดยเชื้อก่อโรคของทุเรียนที่กล่าวมานี้จะส่งผลให้แสดงอาการของโรคได้ทางใบในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น อาการใบไหม้ อาการใบจุด อาการใบติดเป็นต้น

ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคการระบุพื้นที่อาการของโรคที่ชัดเจนจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการช่วยวินิจฉัยอาการของโรคที่เกิดบนใบทุเรียน จะมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการในการกำจัดเชื้อก่อโรคได้อย่างถูกกับเชื้อและอาการของโรค ส่งผลต่อการจัดการการผลิตได้แม่นยำเพื่อลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้สารเคมีในการกำจัดโรคได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมตามหลักการของเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) สำหรับในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์โรคทางการเกษตร เช่น งานวิจัย Plant leaf disease diagnosis from color imagery using co-occurrence matrix and artificial intelligence system [6] หรืองานวิจัย Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection [7] แต่สำหรับทุเรียนที่เป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศ ยังไม่พบการนำเสนอการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้ในการวินิจฉัยโรคทุเรียน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการนำเสนอวิธีการระบุพื้นที่อาการใบจุดและใบไหม้ของทุเรียน ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ สำหรับโครงสร้างเอกสารประกอบด้วย วัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และส่วนสุดท้ายเป็นการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

## II. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการระบุพื้นที่การเกิดโรคบนใบทุเรียนด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ จากอาการใบจุด และใบไหม้

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับวิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินงานเป็นขั้นตอนดังนี้

*III.I เก็บรวบรวมใบทุเรียนที่เป็นโรค*

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมใบทุเรียนที่มีโรคจากสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 4 สวน โดยเจาะจงที่ลักษณะอาการใบจุด และใบไหม้ ซึ่งลักษณะอาการใบจุดจะเห็นได้จากใบปรากฏจุดที่มีสีอ่อนแตกต่างจากสีของใบปกติ ดังรูปที่ I และลักษณะอาการใบไหม้จะเห็นได้จากใบเป็นแถบสีที่อ่อนกว่าสีของใบเป็นแนวกว้าง ดังรูปที่ II

รูปที่ I. ใบทุเรียนที่มีอาการใบจุด

รูปที่ II. ใบทุเรียนที่มีอาการใบไหม้

*III.II ถ่ายภาพใบทุเรียนที่เกิดโรค*

เมื่อได้ใบทุเรียนที่เป็นโรคแล้วจะจำแนกใบตามอาการ และถ่ายภาพใบทุเรียนที่เกิดโรค โดยอาศัยเครื่องมือได้แก่ กล้องจากโทรศัพท์พกพา เนื่องจากมีความสะดวกต่อการใช้งาน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กล้องจากโทรศัพท์ iPhone 6 Plus และกล่องถ่ายภาพที่มีแสงสว่าง โดยใช้พื้นหลังของกล่องถ่ายภาพเป็นสีขาวเพื่อทำให้เกิดความแตกต่างจากสีของใบทุเรียน ซึ่งจะได้ถ่ายภาพเป็นไฟล์สกุลเจเพ็ก (Joint Photographic Experts Group : JPEG) ตามมาตรฐานพื้นฐานของภาพถ่าย

*III.III ประมวลผลภาพเพื่อระบุพื้นที่ที่เกิดโรค*

หลังจากได้ภาพถ่ายใบทุเรียนที่เป็นโรคแล้ว จะเป็นขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อการระบุพื้นที่ที่เกิดโรค ที่เป็นอาการใบจุด และใบไหม้ ซึ่งผู้วิจัยได้มีการกำหนดขั้นตอนดังนี้

III.III.I การลดทอนรายละเอียดภาพ เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในรูปและเส้นใบ เพื่อเน้นใบทุเรียน และบริเวณรอยแผล โดยผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมจากภาษาไพทอน และ โอเพนซีวี ไพทอน (Python and OpenCV-Python)

III.III.II การแปลงระบบสี เพื่อลดผลกระทบของค่าแสงที่เกิดจากการถ่ายภาพ ซึ่งภาพถ่ายที่ได้เดิมเป็นระบบสีอาร์จีบี (Red Green Blue: RGB) แต่เพื่อการประมวลผลภาพที่ชัดเจน จำเป็นจะต้องปรับระบบสีให้เป็นเอชเอสวี (Hue Saturation Value: HSV) ซึ่งเกิดจากการผสมกันของค่าสี, ค่าความอิ่มตัวสี และ ค่าความสว่างของแสง [8]

III.III.III การระบุพื้นที่อาการของโรค โดยการนำภาพเข้าสู่การประมวลผลในระบบสีเอชเอสวี การแยกใบออกจากภาพพื้นหลัง การแยกรอยแผลของโรคออกจากภาพ ปรับแต่งหาค่าสีที่เหมาะสมของค่าเอช ค่าเอส และค่าวี เพื่อหาตำแหน่งสีที่มีความแตกต่างที่เกิดขึ้นซึ่งจะเป็นตำแหน่งของอาการใบจุด และใบไหม้

*III.IV การวัดประสิทธิภาพการระบุพื้นที่อาการของโรค*

ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวัดประสิทธิภาพการระบุพื้นที่โรค โดยนับจำนวนจุดอาการที่เกิดโรคบนใบทุเรียนจากทั้งสองอาการ และเปรียบเทียบจำนวนที่ได้จากการนับด้วยสายตา กับการนับจำนวนพื้นที่ที่เกิดโรคด้วยวิธีการที่นำเสนอ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการระบุพื้นที่โรคบนใบทุเรียน

## IV. ผลการวิจัย

จากวิธีดำเนินการวิจัยที่ได้นำเสนอ มีผลการวิจัยดังนี้

*IV.I การเก็บใบทุเรียนที่เป็นโรค*

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมใบทุเรียนที่เป็นโรค โดยแบ่งเป็นอาการใบจุดและใบไหม้อย่างละ 100 ใบ และนับจำนวนจุดที่เป็นอาการของโรคเพื่อทำเป็นชุดข้อมูลสำหรับการวิจัย

*IV.II ถ่ายภาพใบทุเรียนที่เป็นโรค*

เมื่อได้ใบทุเรียนที่เป็นโรคตามจำนวนที่กำหนดแล้ว จะถ่ายภาพใบทุเรียนด้วยโทรศัพท์พกพา ในกล่องถ่ายภาพ ดังรูปที่ III และ IV โดยใช้พื้นหลังสีขาว

รูปที่ III. รูปถ่ายตัวอย่างใบทุเรียนที่มีอาการใบจุดในกล่องถ่ายภาพ ซึ่งมีจำนวนจุดของอาการโรค 23 จุด

รูปที่ IV. รูปถ่ายตัวอย่างใบทุเรียนที่มีอาการใบไหม้ในกล่องถ่ายภาพ ซึ่งมีจำนวนจุดของอาการโรค 1 จุด

*IV.III การประมวลผลภาพเพื่อระบุพื้นที่เกิดโรค*

หลังจากที่ได้เตรียมภาพเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ลดทอนรายละเอียดของภาพจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ตัวอย่างของโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ V ซึ่งเป็นการลดสัญญาณรบกวนบนภาพใบทุเรียน เช่น เงา เส้นใบ เป็นต้น ตัวอย่างการเปรียบเทียบก่อนและหลังการลดทอนรายละเอียดแสดงดังรูปที่ VI

```
for filename in glob.glob(path+"/*.JPG"):
    original_image = cv2.imread( filename, cv2.IMREAD_COLOR )
    mask2, leaf, HSV = find.edges(original_image)

    image_focus = cv2.bitwise_and(original_image, original_image, mask=mask2)
    image_leaf = cv2.bitwise_and(original_image, original_image, mask=leaf)
    cv2.imwrite(filename.replace(path, path+'_out'), image_focus)
    cv2.imwrite(filename.replace(path, path+'_leaf'), image_leaf)

    contours, hierarchy = cv2.findContours(mask2, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    leaf1 = cv2.drawContours(image_leaf, contours, -1, (0,255,0), 3)

    cv2.imwrite(filename.replace(path, path+'_leaf_cir'), leaf1)
def edges(original_image):
    # Noise reduction
    image = cv2.medianBlur( original_image, 25 )
```

รูปที่ V. ตัวอย่างหน้าโปรแกรมสำหรับลดทอนรายละเอียดภาพ


รูปที่ VI. ตัวอย่างเปรียบเทียบก่อนและหลังการลดทอนรายละเอียดรูปภาพ โดยทางซ้ายเป็นก่อนและทางขวาเป็นหลังการลดทอนรายละเอียดรูปภาพ

เมื่อลดทอนรายละเอียดของภาพแล้ว จึงได้แปลงระบบสีของภาพเป็นเอชเอสวี จากนั้นได้ปรับแยกภาพใบจากพื้นหลัง โดยการทดลองปรับช่วงค่าวีเอส ซึ่งจากผลทดลองพบว่าค่าช่วงที่เหมาะสมในการปรับแยกภาพใบทุเรียน ได้แก่ ค่าวีในช่วง 30 ถึง 100 และ ค่าเอส ในช่วง 30 ถึง 100 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังตัวอย่างรูปที่ VII และ รูปที่ VIII ทำให้ได้ส่วนของเนื้อใบที่จะนำไปที่นำไปใช้ในการหาพื้นที่อาการของโรคบนใบทุเรียน

รูปที่ VII. รูปใบทุเรียนอาการใบจุดที่แยกออกจากภาพพื้นหลัง

รูปที่ VIII. รูปใบทุเรียนอาการใบไหม้ที่แยกออกจากภาพพื้นหลัง

สำหรับการระบุพื้นที่แผลบนในทุเรียนนั้น ผู้วิจัยได้นำช่วงค่าของระบบสีเอชเอสวีมาทำการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยของช่วงค่าเอชระหว่าง 15-90 ค่าเอสระหว่าง 20-240 และค่าวีระหว่าง 20-240 ซึ่งจากช่วงค่าระบบสีดังกล่าวผู้วิจัยได้นำเข้าเข้าสู่โปรแกรมภาษาไพทอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อทดลองหาค่าเหมาะสมในการสกัดจุดที่ที่มีความแตกต่างจากสีของใบทุเรียนปกติ ซึ่งค่าที่ได้นำมาแสดงในตารางที่ I โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ I. ช่วงค่าสีเอชเอสวีที่ใช้ในการทดลองหาค่าที่เหมาะสม

| ค่าสี | ค่าสีชุดแรก | ค่าสีชุดสอง | ค่าสีชุดสาม | ค่าสีชุดสี่ |
|---|---|---|---|---|
| เอช | 15-90 | 15-90 | 15-90 | 15-90 |
| เอส | 20-195 | 20-210 | 20-225 | 20-240 |
| วี | 20-195 | 20-210 | 20-225 | 20-240 |

จากนั้นจึงได้นำค่าสีแต่ละชุดมาใช้ในปรับสีของใบทุเรียนที่เกิดโรค ทั้งสองอาการ ดังตัวอย่างรูปที่ IX และรูปที่ X ซึ่งจะทำให้เห็นพื้นที่เกิดโรคบนใบทุเรียน

รูปที่ IX. ตัวอย่างใบทุเรียนที่มีอาการใบจุดที่ปรับสีด้วยค่าสีชุดแรก

รูปที่ X. ตัวอย่างใบทุเรียนที่มีอาการใบไหม้ที่ปรับสีด้วยค่าสีชุดแรก

*IV.IV การนับจำนวนพื้นที่อาการของโรคบนใบทุเรียน*

โดยผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมในการนับจำนวนจุดที่ได้จากแต่ละค่าสีเพื่อหาค่าสีที่มีความเหมาะสมในการระบุพื้นที่การเกิดโรคจำแนกตามลักษณะอาการ ซึ่งผลลัพธ์ของการวิจัยแสดงได้ดังตารางที่ II

ตารางที่ II. ผลลัพธ์ความถูกต้องในการนับจำนวนพื้นที่ที่เกิดโรคบนใบทุเรียน

| อาการ | ร้อยละความถูกต้องในการนับพื้นที่ที่เกิดโรค | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ค่าสีชุดแรก | ค่าสีชุดสอง | ค่าสีชุดสาม | ค่าสีชุดสี่ |
| ใบจุด | **52.25** | 46.46 | 45.71 | 45.56 |
| ใบไหม้ | 83.00 | **86.00** | 84.00 | 83.00 |

ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอาการใบจุดนั้น ค่าสีชุดแรก คือ ค่าเอชระหว่าง 15-90 ค่าเอสระหว่าง 20-195 ค่าวีระหว่าง 20-195 มีค่าความถูกต้องมากที่สุดที่ร้อยละ 52.25 และสำหรับอาการใบไหม้ค่าสีชุดสอง คือ ค่าเอชระหว่าง 15-90 ค่าเอสระหว่าง 20-210 ค่าวีระหว่าง 20-210 มีค่าความถูกต้องมากที่สุดที่ร้อยละ 86.00

## V. สรุปและอภิปราย

จากผลการทดลองทำให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถระบุพื้นที่อาการของโรคบนใบทุเรียนได้ โดยแบ่งเป็นอาการใบไหม้ มีค่าความถูกต้องของการระบุพื้นที่มากกว่าร้อยละ 80 ถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ อันเนื่องมาจากลักษณะอาการมีความชัดเจน และทั้งนี้ที่ค่าเอชระหว่าง 15-90 ค่าเอสระหว่าง 20-210 และค่าวีระหว่าง 20-210 ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุดนั้น เนื่องมาจากบริเวณที่มีอาการของโรคมีลักษณะสีจางจะมีค่าความอิ่มตัวสี และ ค่าความสว่างของแสง มากเกินกว่า 210 ในขณะที่บริเวณเนื้อใบทุเรียนที่มีสีเข้ม จะมีค่าเอสและวีอยู่ในช่วง 20-210 ส่วนอาการใบจุดนั้นจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ความถูกต้องมีค่าประมาณร้อยละ 50 ทั้งนี้สาเหตุหลักมาจากขนาดของอาการจุดบนใบมีขนาดเล็ก หรือมีสีที่ใกล้เคียงกับใบทุเรียน จึงทำให้โปรแกรมยังไม่สามารถตรวจจับได้ ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตสำหรับอาการใบจุดนั้นผู้วิจัยจะนำเทคโนโลยีทางปัญญาประดิษฐ์มาปรับใช้ร่วมกับการประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกับงานวิจัย [9] ที่มีกระบวนการตรวจจับรอยแผลบนใบองุ่น แล้วจึงนำเทคนิค GA-SASOM ในเรียนรู้และจดจำลักษณะรอยแผลอาการของโรคเพื่อจำแนกอาการของโรคจากรอยแผลที่ปรากฏ รวมถึงการพัฒนางานวิจัยไปยังอาการอื่นที่สามารถพบได้บนใบทุเรียน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

## เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2565, กุมภาพันธ์). สถิติการส่งออกทุเรียนสด ตั้งแต่ปี 2560 ถึง 2564 [Online]. Availabel: http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2560&E_YEAR=2564&PRODUCT_GROUP=5252&PRODUCT_ID=4977&wf_search=&WF_SEARCH=Y

[2] Suksiri, S., P. Laipasu, K. Soytong, and S. Poeaim. "Isolation and identification of *Phytophthora* sp. and *Pythium* sp. from durian orchard in Chumphon province, Thailand". International Journal of Agricultural Technology, vol 14, no. 3, pp 389-402, Abbreviated 2018.

[3] วิไลลักษณ์ โคมพันธุ์ และ สมเกียรติ ทับทิม, "ผลของแอคติโนมัยซีทที่คัดแยกจากดินรอบรากพริกต่อการยับยั้งการเจริญของ *Colletotrichum capsici*, *Curvularia lunata* และ *Fusarium solani*", แก่นเกษตร, vol 44, no. sp1, pp 942-947, 2016.

[4] วีระณีย์ ทองศรี และสมศิริ แสงโชติ, "การเข้าทำลายแฝงของเชื้อรา *Phomopsis* sp. สาเหตุโรคใบจุดของทุเรียน (*Durio zibethinus* Murr.) พันธุ์หมอนทอง", วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, vol 34, no. 1, pp 59-67, Jan. 2016.

[5] นราสินี ถี่ถ้วน และ อนุรักษ์ สันป่าเป้า, "*Cephaleuros virescens* complex สาเหตุโรคจุดสาหร่าย ในพืชอาศัยจำปีและจำปีสิรินธร", แก่นเกษตร, vol 44, no. sp1, pp. 911-917, 2016.

[6] C. Khitthuk, A. Srikaew, K. Attakitmongcol, and P. Kumsawat, "Plant leaf disease diagnosis from color imagery using co-occurrence matrix and

artificial intelligence system" In 2018 International Electrical Engineering Congress (iEECON). pp. 1-4. Mar. 2018.

[7] S. P. Mohanty, D. P. Hughes and M. Salathé, "Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection", Frontiers in Plant Science, vol 7, 1419, Sep. 2016.

[8] B. Hdioud, M. E. H. Tirari, R. O. H. Thami and R. Faizi, "Detecting and Shadows in the HSV Color Space Using Dynamic Thresholds", Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, Vol. 7, No. 1, pp. 70~79, March 2018.

[9] C. Suppatoomsin, A. Srikaew, "Imagery Grape Leaf Disease Diagnosis Based on a GA-SASOM Algorithm", The Journal Of Industrial Technology, Vol 14, no. 3, pp. 44-61, 2018.

# การวิเคราะห์รูปแบบแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์ตามหลักประสบการณ์ผู้ใช้เพื่อสร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้

# An analysis of online marketplace application based on user experience principles for user satisfaction.

1st วสุรัตน์ คนหาญ
WASURAT KHONHAN
*Immersive Technology Laboratory*
*คณะเทคโนโลยีไสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
kh.wasurat_st@tni.ac.th

2nd อภิชญา นิ่มคุ้มภัย
APICHAYA NIMKOOMPAI
*Immersive Technology Laboratory*
*คณะเทคโนโลยีไสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
apichaya@tni.ac.th

***บทคัดย่อ*** — ปัจจุบันสถานะการณ์การระบาดของไวรัสโควิด 19 ทำให้พฤติกรรมการการซื้อสินค้าเปลี่ยนไป ผู้คนใช้จะสั่งซื้อสินค้าออนไลน์มากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาแอปพลิเคชัน ตลาดสินค้าออนไลน์เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์เพื่อหาประสบการณ์ผู้ใช้งานที่ดีสำหรับแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์ พบว่าผู้ใช้งานพึงพอใจกับการวางรูปแบบที่ สบายตาไม่แน่นจนเกินไปการใช้สีที่สื่อความหมายได้และ การใช้งานที่ง่ายออกแบบโดยอ้างอิงจากงานวิจัยประสบการณ์ใช้งาน อารมณ์และความรู้สึกของสีและการใช้งานง่ายของแอปพลิเคชัน ผู้ใช้ที่เคยใช้งานแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์มาก่อน ได้รับความพึงพอใจจากการใช้งานและผู้ใช้งานเรียนรู้ การใช้งานได้ในครั้งแรกที่ใช้งานแอปพลิเคชัน

***คำสำคัญ — ประสบการณ์ผู้ใช้, แอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์, พฤติกรรมของผู้ใช้งาน***

***ABSTRACT — The current situation of the COVID-19 outbreak has changed the purchasing behavior. More and more people use it to order online. This has led to the development of more online marketplace applications as a guideline for studying and developing online marketplace applications to find a good user experience for online marketplace applications. Users are satisfied with the layout that is not too tight on the eyes, the use of expressive colors and the ease of use. Designed based on user experience research, the emotion and feeling of color and Ease of use of the application. Users who have used the online marketplace application before are satisfied with it and users learn how to use it the first time they use the application.***

***Keywords* — User Experience, Online Marketplace Application, User Behavior**

## I. บทนำ

เนื่องจากเหตุการณ์โรคระบาดโควิด 19 ในปัจจุบันทำให้วิถีชีวิต ของผู้คนในสังคมเข้าสู่ยุคชีวิตวิถีใหม่ (New Normal)[1] วิถีการดำเนินชีวิตของผู้คนเกิดการเปลี่ยนแปลงจากการทำกิจกรรมภายนอกบ้าน เปลี่ยนเป็นการทำกิจกรรมผ่านสื่อออนไลน์ เป็นสาเหตุให้มีแนวโน้ม การใช้โทรศัพท์มือถือและอินเตอร์เน็ตในการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มสูงขึ้น

ในปัจจุบันนี้ส่งผลให้มีข้อมูลจากกระทรวงพาณิชย์ระบุว่าผู้ที่ซื้อสินค้าออนไลน์ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงของวัยรุ่นถึงอายุไม่เกิน 39 ปี สินค้าออนไลน์ ที่ถูกสั่งซื้อมากที่สุดคือสินค้าเครื่องแต่งกายคิดเป็นร้อยละ 48.75 ของผู้ทำแบบสอบถามทั้งหมด[2] ถึงแม้ว่าสินค้าเครื่องแต่งกาย จะเป็นที่นิยมเป็นส่วนใหญ่ในการซื้อสินค้าออนไลน์ หากการซื้อสินค้า ผ่านแอปพลิเคชันนั้นทำได้ยากการซื้อสินค้าออนไลน์จะทำได้น้อยลง และผู้ใช้งานจะไม่กลับมาใช้งานในแอปพลิเคชันนั้นอีก การที่ออกแบบ ประสบการณ์ผู้ใช้ให้ผู้ใช้งานพึงพอใจจึงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนา แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience) ที่มีต่อการซื้อสินค้าออนไลน์เพื่อให้ผู้ใช้งาน แอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์ได้รับประสบการณ์ที่ดีที่สุด เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบการใช้งานการซื้อสินค้าออนไลน์ ผ่านแอปพลิเคชันตามหลักการออกแบบผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User Center Design) เป็นการออกแบบโดยปรับปรุงและพัฒนารูปแบบแอปพลิเคชัน ตามความต้องการของผู้ใช้ เพื่อให้การซื้อของออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน สามารถทำได้ง่ายขึ้น และเป็นแนวทางให้ผู้ที่ต้องการพัฒนา แอปพลิเคชันซื้อสินค้าออนไลน์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## II. เนื้อหา

*2.1.ประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience : UX)* User Experience (UX) หรือประสบการณ์ของผู้ใช้งานในด้านของความรู้สึกผู้ใช้งาน (User) ที่มีต่อการใช้งานของผู้ใช้ (Usability) และการเข้าถึง (Accessibility) โดยทั่วไปจะกล่าวถึงการโยงในความหมายของการใช้งานระบบงานที่มองถึงประสบการณ์การสร้างปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งาน (User) ต่อการใช้ระบบงานและส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งจะหมายถึงความง่ายและยากในการใช้งานของผู้ใช้งานในการเข้าถึง เว็บไซต์ เว็บแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชัน[3] ในอีกแง่หนึ่งประสบการณ์ผู้ใช้เป็นผลจาก

การวิวัฒนาการของ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้มีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งหนึ่ง ผู้ใช้งานจะได้รับประสบการณ์ของผู้ใช้งานอาจได้รับความรู้สึกในแง่บวก หรือได้รับความรู้สึกในแง่ลบ[4] นักพัฒนาเองยังคงค้นหาสิ่งที่ผู้ใช้งานต้องการตัวอย่างเช่น Zendesk เป็นซอฟต์แวร์ด้านการสนับสนุนลูกค้า (Customer Support). แบบการรวมทุกช่องทางที่ลูกค้าติดต่อไว้ที่เดียว (Omni channel) โดยการออกแบบหน้าตาของส่วนต่อประสานของผู้ใช้ ที่ทำออกมาได้เรียบง่ายและสวยงามเมื่อมีผู้ใช้งานได้เข้ามาใช้งานทำให้ได้รับประสบการณ์ใช้งานง่ายสะดวกไม่ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจกับระบบเพราะ Zendesk ออกแบบโดยคำนึงถึงการสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้ใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญได้พูดถึงความแต่ต่างระหว่าง ส่วนต่อประสานผู้ใช้และประสบการณ์ของผู้ใช้งาน โดย Ken Norton อดีตผู้จัดการของ google ได้กล่าวว่า "UX มุ่งเน้นไปที่การใช้งานของผู้ใช้ เพื่อแก้ปัญหาส่วน UI มุ่งเน้นที่หน้าตาและการทำงานของผลิตภัณฑ์" Andy Budd **และ**ผู้ร่วมก่อตั้ง Clearleft และผู้ก่อตั้ง UX London ได้กล่าวว่า "นักออกแบบ UX สนใจเกี่ยวกับแนวคิดด้านกระบวนการออกแบบ โดยผู้ออกแบบ UI จะมุ่งเน้นองค์ประกอบที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น"[5] โดยความหมายโดยรวมนั้นในทางด้านประสบการณ์ผู้ใช้งานจะไปใน แนวทางการพัฒนาความรู้สึกของผู้ที่ใช้งานให้ได้รับความพึงพอใจมากที่สุด

ประสบการณ์ผู้ใช้งานจะช่วยสร้างความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันโดยมีงานวิจัยที่ศึกษาด้านประสบการณ์ผู้ใช้ด้านการออกแบบเว็บไซต์โดย Dat Tien Le ได้ออกแบบเว็บไซต์ซื้อของออนไลน์ โดยใช้หลักการ ประสบการณ์ผู้ใช้งานร่วมกับความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและจิตวิทยาของผู้ใช้งาน ความรู้จากการวิจัยได้ถูกนำไปออกแบบ UX ที่สนับสนุน ผู้เขียนในการสร้างเว็บไซต์ใหม่ของบริษัท Camellia Bees โดยใช้วิธี เชิงคุณภาพโดยสัมภาษณ์เจ้าของธุรกิจและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ประสบการณ์ผู้ใช้ได้สรุปว่ามีคุณสมบัติและได้รับการยืนยันด้วยผลการตอบรับในเชิงบวก ประสบการณ์ผู้ใช้เป็นบทบาทสำคัญในการพัฒนาเว็บไซต์ และซอฟต์แวร์มีความจำเป็นในด้านออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และการออกแบบส่วนต่อประสานให้เข้ากับพฤติกรรมและจิตวิทยาการการใช้งานของ ผู้ใช้งานทำให้ได้รับความรู้และข้อมูลที่สำคัญ เพื่อเป็นหลักการในการวิจัย และพัฒนาเว็บไซต์นี้[6]

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเกี่ยวกับเว็บไซต์ที่พัฒนาตามหลักการประสบการณ์ผู้ใช้แล้วยังมีการพัฒนาในรูปแบบของแอปพลิเคชันเพื่อการซื้อขายสินค้าบนตลาดออนไลน์ ผู้วิจัยยังพบเกี่ยวกับทฤษฎีทางหลักจิตวิทยา และการอ้างอิงโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับดวงตาในการเข้าวิเคราะห์ผู้ใช้งานเพื่อให้เกิดประสบการณ์ผู้ใช้งานที่ดีมากขึ้นโดยมี Lau King Lieng และ Aslina Binti Baharum ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ "Visualization Pattern for Shopping Mobile Application Design base on User's Mental Model and Eye-Tracking Technology" ในงานวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลอง แอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์ โดยอ้างอิงจากแบบจำลอง User's Mental Model คือแบบจำลองที่บอกว่าการที่ผู้ใช้งาน ตีความหรือเดาว่าเว็บหรือแอปพลิเคชันของเราหน้าตาเป็นอย่างไร โดยที่ผู้ใช้งานจะเหมือนมีภาพในหัวของตัวเองที่อ้างอิงมาจากประสบการณ์ที่เคยเจอมาก่อน จากบทความที่ผู้วิจัยได้สืบค้นในบทความ ได้ทำการค้นหารูปแบบการจัดวางหน้าแอปพลิเคชันที่ผู้ชายชอบและผู้หญิงชอบออกมาแล้วใช้หลัก Mental Model ในการอ้างอิง และทำการทดสอบครั้งแรกโดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับดวงตา เพื่อตรวจจับจุดที่ผู้ใช้งานในกลุ่มทดลองให้ความสนใจมากที่สุด แต่มีอุปสรรค์ที่อุปกรณ์ตรวจจับดวงตานั้นเมื่อผู้ทำการทดสอบกระพริบตาถี่ๆทำให้การตรวจจับดวงตาเกิข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เมื่อทดสอบครั้งแรกเรียบร้อยแล้วนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ การตรวจจับดวงตา ไปวิเคราะห์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันต่อไป[7] ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการใช้อุปกรณ์ตรวจจับดวงตาเป็นสิ่งที่ดี ในการบอกได้ว่าตัวผู้ใช้งานนั้นให้ความสนใจและไม่สนใจในส่วนใดของ แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น แต่ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ ทำให้ผลที่ได้อาจจะไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่เราต้องการ

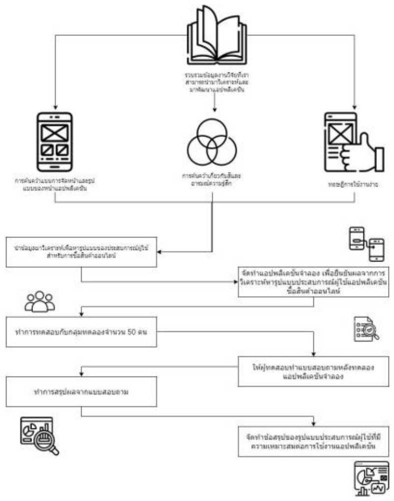
*2.2.ทัศนะคติและพฤติกรรมที่มีผลต่อการซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชันตลาดออนไลน์* ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับทัศนะคติและพฤติกรรม ที่มีต่อการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันตลาดออนไลน์ โดยคุณพลิศา รุ่งเรืองและคุณพิกุล ปฏิภาณจำรัส ได้ผลจากการวิจัยว่า โดยการศึกษาแอปพลิเคชันที่มีคนทั่วไปใช้เป็นอย่างมากได้แก่ Lazada และ Shopee ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งเป็นแอปพลิเคชัน ตลาดออนไลน์ที่ยอดนิยม การมีทัศนคติที่มีต่อแอปพลิเคชันตลาดออนไลน์ ความมีชื่อเสียงยังคงมีปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อสินค้าออนไลน์ แต่ผู้คนทั่วไปยังคงใช้งานแอปพลิเคชัน shopee มากกว่า lazada ด้วยเหตุผลว่า ความง่ายในการใช้งานสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองได้ จากการใช้งานครั้งแรกและมีการสั่งซื้อที่ง่ายกว่า ส่วนต่อประสาน กับผู้ใช้งานของแอปพลิเคชัน shopee มีการใช้สีที่ดูสบายตากว่าและมีการจัดเรียงเมนูในแอปพลิเคชันเข้าใจง่ายและการจัดหมวดหมู่ชัดเจน[8] พฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านตลาดสินค้าออนไลน์ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชื่นชอบการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน มีจุดเด่นคือ สามารถซื้อสินค้าที่ไหนก็ได้สามารถเปรียบเทียบสินค้าประเภทเดียวกันในหลายร้านค้าได้ง่ายไม่เสียเวลาเดินทางไปซื้อสินค้ารวมทั้งมีโค้ดส่วนลดที่ทำให้ราคาถูกลงซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีตลาดสินค้าออนไลน์[9]

*2.3.สีส่งผลต่อการซื้อสินค้าอย่างไร* ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสี ซึ่งมีผลต่อการซื้อสินค้าตามที่ KISS metrics ซึ่งเป็นเว็บไซต์ การวิเคราะห์ยอดนิยมได้นำข้อมูลของสีและการตลาด มาแสดงให้ดูว่าสีมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ผลการศึกษาพบว่าร้อยละ 93 ของผู้บริโภค ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความสวยงามและสีสันในการซื้อสินค้า และสียังมีความสำคัญกับการจดจำองค์กร โดยร้อยละ 80 ของผู้บริโภคจดจำองค์กรจากสีประจำองค์กร ในบทความยังคง พูดถึงเรื่องสีส่งผลต่ออารมณ์ของผู้บริโภคอีกด้วยตัวอย่างเช่น สีส้มที่หลายคนบอกว่าเห็นแล้วหิวนั้น สามารถทำให้ลูกค้า เกิดความรู้สึกอยากซื้อ อยากขาย และอยากเป็นสมาชิกได้ด้วย ส่วนสีฟ้านั้นทำให้เกิดความรู้สึกเชื่อมั่นและไว้ใจ[10] และมีทฤษฎีของ Shigenobu Kobayashi ที่เขาได้เขียนเกี่ยวกับขนาดภาพสี (Color Image Scale) ในบทความเขาได้เขียนเกี่ยวกับสีกับอารมณ์ของภาพ ที่ชุดของสีจะให้ความรู้สึกในแต่ละด้าน ขึ้นอยู่กับการใช้สี ที่จะทำให้เกิดอารมณ์และความรู้สึกของภาพ ทำให้ผู้วิจัยสามารถคาดคะเน อารมณ์ความรู้สึกในการใช้สีเพื่อทำให้เกิดประสบการณ์ผู้ใช้ที่ดี[11]

จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ใช้งานจะมีส่วนที่เกี่ยวของกับความพึงพอใจในส่วนของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้ข้อสังเกตว่าพฤติกรรม การซื้อสินค้าออนไลน์ มีส่วนที่เกิดจากความพึงพอใจของผู้ใช้ ในการใช้งานแอปพลิเคชันโดยอ้างอิงจาก การใช้งานง่าย สีที่ดึงดูด รูปแบบการจัดวาง และการจัดหมวดหมู่ที่ดูสบายตา ซึ่งความพึงพอใจ จะดึงดูดให้ผู้ใช้งานกลับมาใช้แอปลิเคชันอีกครั้ง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับประสบการณ์ผู้ใช้ส่วนใหญ่ จะมุ่งเน้นหารูปแบบที่ดีที่สุด ในการพัฒนาแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์โดยใช้ความพึงพอใจ

จากกระสบการณ์ ของผู้ใช้เป็นหลักในการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชัน

## III. วิธีการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1: วิธีการดำเนินการวิจัย

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการวิจัยดังนี้

*3.1. รวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ประสบการณ์ผู้ใช้*

*3.1.1.การเก็บข้อมูลจากงานวิจัยเกี่ยวกับการการวางรูปแบบ* โดยอ้างอิงจากงานวิจัยโดย Zofija Tupikovskaja-Omovie และ David Tyler ได้ศึกษาเกี่ยวกับ “Clustering Consumers’ Shopping Journeys: Eye Tracking Fashion m-Retail” งานวิจัยได้พูดถึงการตรวจสอบดู การเลือกซื้อสินค้าออนไลน์ โดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับดวงตา เขาได้แบ่งหน้าเป็นส่วนที่สำคัญทั้ง 4 ส่วนคือ 1.หน้าหลัก 2.หน้าการปรับแต่ง 3.หน้าสินค้า 4.หน้าชำระสินค้า ศึกษาจาก ผู้เข้าร่วมการทดลองเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมการทดสอบ ว่าพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันซื้อสินค้าออนไลน์การใช้งานในหน้า ใดบ้าง[12] ทำให้เราทราบว่าพฤติกรรมของผู้ใช้งานจะทำการใช้มีทั้งหมด 4 หน้าหลักๆผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูล วิเคราะห์ทั้ง 4 หน้ามีรูปแบบส่วนใดสำคัญบ้าง โดยเราจะนำแอปพลิเคชัน ที่มีความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทยมามาเป็นตัวอย่างการทดลองได้แก่ Shopee Lazada JDCentral โดยมีผลสำรวจจากเว็บไซต์ similar web จะทราบว่าทั้ง 3 แอปพลิเคชันอยู่ติดอันดับ 10 อันดับแรก[13] โดยหาการวางรูปแบบของแอปพลิเซันและส่วนที่สำคัญที่มีเหมือนกันทั้ง 3 แอปพลิเคชัน

*3.1.2.* การเก็บรวมรวมข้อมูลของสีที่แสดงอารมณ์ โดยอ้างอิงจากทฤษฎีสีของ Kobayashi,Shigenobu ที่จับคู่สีแสดงเป็นอารมณ์ความรู้สึก ช่วยให้ผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน มีความรู้สึกเป็นไปตามอารมณ์ของสี ทำให้สะดวกในการเลือกใช้สี เพื่อจัดทำแอปพลิเคชัน

*3.1.3.* การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีการใช้งานง่ายเป็น ตัวแปลควบคุมในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงการใช้งานง่ายและสามารถบอกได้ว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนานั้นมีส่วนใดที่ใช้งานได้ง่ายและควรปรับปรุงจากความรู้สึกของผู้ใช้งาน

*3.2.* รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้ามาวิเคราะห์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาประสบการณ์ผู้ใช้สำหรับซื้อสินค้าออนไลน์โดยใช้หลักการทั้ง 3 ส่วนนำมาวิเคราะห์หาสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

*3.3.* จัดทำแอปพลิเคชันจำลอง นำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแอปพลิเคชันจำลองเพื่อยืนยันผลจากการวิเคราะห์หารูปแบบประสบการณ์ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันซื้อสินค้าออนไลน์

*3.4.* ทำการทดสอบกับกลุ่มทดลอง ทำการทดสอบกับกลุ่มทดสอบทั้งหมด 50 คนให้ทำการทดสอบโดยการเลือกซื้อสินค้า 1 อย่าง ให้เริ่มต้นตั้งแต่ หน้าหลักจนถึงหน้าชำระสินค้าเพื่อทดสอบการพัฒนาแอปพลิเคชันมีประสบการณ์ผู้ใช้งานที่ดีหรือไม่

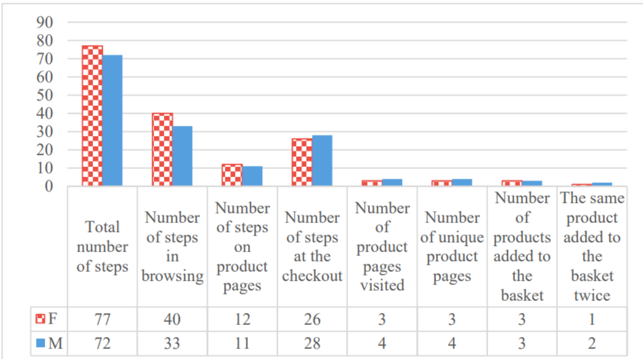
*3.5.* ให้ผู้ร่วมการทดสอบทำแบบสอบถาม ให้ผู้เข้ารวมการทดสอบ ทำแบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากการทดลองแอปพลิเคชันจำลอง โดยนำหลักการของการใช้งานง่ายมาจัดจำแบบสอบถามเพื่อเป็นหลักการยืนยันการใช้งานของประสบการณ์ผู้ใช้งาน

*3.6.* ทำการสรุปผลจากแบบสอบถาม นำแบบสอบถาม ที่ได้จากกลุ่มผู้ร่วมการทดสอบนำมาวิเคราะห์ว่าเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีหรือไม่

*3.7.* จัดทำข้อสรุปของรูปแบบประสบการ์ผู้ใช้ ว่าความเหมาะสม ต่อประสบการณ์ผู้ใช้เพื่อการใช้งานแอปพลิเคชันหรือไม่

## IV.ผลการดำเนินงาน

*4.1.* การดำเนินงานโดยการศึกษารวบรวมข้อมูลงานวิจัย เกี่ยวกับการติดตาม เส้นทางการซื้อสินค้าออนไลน์บนแอปพลิเคชันโดย Zofija Tupikovskaja-Omovie and David Tyler ใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์ ตรวจจับดวงตาทำให้เราได้ลำดับความสนใจของผู้เข้าร่วมการทดสอบ ในการซื้อสินค้าออนไลน์ว่าผู้ใช้งานสนใจหรือมีพฤติกรรมในหน้าแอปพลิเคชันใดบ้าง




ภาพที่ 2: หน้าที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบสนใจหน้าแอปพลิเคชัน

แหล่งที่มา: Clustering Consumers’ Shopping Journeys: Eye Tracking Fashion m-Retail

จากงานวิจัยทำให้ผู้วิจัยสังเกตได้ว่ามี 3 หน้าที่ได้รับความสนใจคือ 1.หน้าค้นหา 2.หน้าสินค้า 3.หน้าชำระสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการ วิเคราะห์แต่ละหน้าแอปพลิเคชันจาก 3 แอปพลิเคชัน ซื้อขายสินค้าออนไลน์ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ได้แก่ Shopee Lazada JDCentral เพื่อหารูปแบบส่วนต่อประสานของทั้ง 3 แอปพลิเคชัน วิเคราะห์หาจุดที่เหมือนกัน โดยหน้าหลักระบุออกมาเป็นตารางดังภาพที่ 3

**หน้าหลัก**

| ส่วนประกอบของส่วนต่อประสานแอปพลิเคชั่น | Shopee | Lazada | JDCentral |
|---|---|---|---|
| ปุ่มสแกน | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มตะกร้าสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ช่องค้นหา | ☑ | ☑ | ☑ |
| แถบแท็บ (Tab Bar) | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มการกระทำลอย (Floating Action Button) | ☑ | ☑ | ☑ |
| ช่องโฆษณา | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มการนำทาง (Navigation Button) | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มค้นหาสินค้าด้วยภาพ | ☑ | ☑ | ☐ |
| ปุ่มแสกนสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| **หมวดหมู่** | | | |
| - ปุ่มการนำทาง (Navigation Button) | ☑ | ☐ | ☑ |
| - การ์ด (Card) | ☐ | ☑ | ☐ |
| สินค้าแนะนำ | ☑ | ☑ | ☑ |
| ข้อมูลอัพเดทสินค้า (Feed) | ☑ | ☑ | ☑ |
| **การ์ด (Card)** | | | |
| - รูปภาพสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ชื่อสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ราคา | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ขายสินค้าไปแล้ว | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ระดับพึงพอใจ | ☐ | ☑ | ☑ |
| - ป้ายสินค้า | ☐ | ☑ | ☑ |
| โปรโมชั่นลดราคาจำกัดเวลา | ☑ | ☑ | ☑ |

ภาพที่ 3: หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

โดยหน้าหลักทั้ง 3 แอปพลิเคชัน จะมีการวางรูปแบบ ความคล้ายคลึงกัน จะมีบางส่วนที่จะเป็นการออกแบบ ให้เป็นเอกลักษณ์ ของตัวเองซึ่งขึ้นอยู่กับการค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งาน

**หน้าการปรับแต่ง**

| ส่วนประกอบของส่วนต่อประสานแอปพลิเคชั่น | Shopee | Lazada | JDCentral |
|---|---|---|---|
| ช่องค้นหา (Search Field) | ☑ | ☑ | ☑ |
| เมนูหลัก (Primary Navigation) | ☐ | ☑ | ☑ |
| เมนูรอง (Secondary Navigation) | ☑ | ☐ | ☑ |
| ป้ายประเภทสินค้า (Tag) | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มคัดกรอง (Filter Button) | ☑ | ☑ | ☑ |
| ข้อมูลอัพเดทสินค้า (Feed) | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มปรับรูปแบบของการ์ด | ☐ | ☑ | ☑ |
| - แนวตั้ง 2 แนว | ☑ | ☑ | ☑ |
| - แนวนอน | ☐ | ☑ | ☑ |
| **การ์ด (Card)** | | | |
| - รูปภาพสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ชื่อสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ราคา | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ขายสินค้าไปแล้ว | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ระดับพึงพอใจ | ☑ | ☑ | ☑ |
| - สถานที่ของสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ส่วนลด | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ปุ่มตะกร้าสินค้า | ☐ | ☐ | ☑ |
| - ปุ่มเมนูเพิ่มเติม | ☐ | ☑ | ☐ |

ภาพที่ 4: หน้าการปรับแต่งของแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 4 จะมีความคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันที่ปุ่มหรือฟังก์ชั่น แต่รูปแบบการวางรูปแบบจะมีความคลายกันทั้งในหน้าสินค้าและหน้าชำระเงินดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6

**หน้าสินค้า**

| ส่วนประกอบของส่วนต่อประสานแอปพลิเคชั่น | Shopee | Lazada | JDCentral |
|---|---|---|---|
| ภาพถ่ายสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ชื่อสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ราคา | ☑ | ☑ | ☑ |
| ระดับพึงพอใจ | ☑ | ☑ | ☑ |
| ขายสินค้าไปแล้ว | ☑ | ☐ | ☑ |
| โค้ดส่วนลดสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ตัวเลือกสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| หน้าร้านค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| คะแนนและรีวิว | ☑ | ☑ | ☑ |
| กล่องความคิดเห็น | ☑ | ☑ | ☑ |
| รายละเอียดสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| สินค้าแนะนำ | ☑ | ☑ | ☑ |
| การจัดส่งสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| แชร์สินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ติดต่อร้านค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ตะกร้าสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| เมนูเพิ่มเติม | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มถูกใจสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มย้อนกลับ | ☑ | ☑ | ☑ |
| ปุ่มซื้อสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |

ภาพที่ 5: หน้าสินค้าของแอปพลิเคชัน

**หน้าชำระสินค้า**

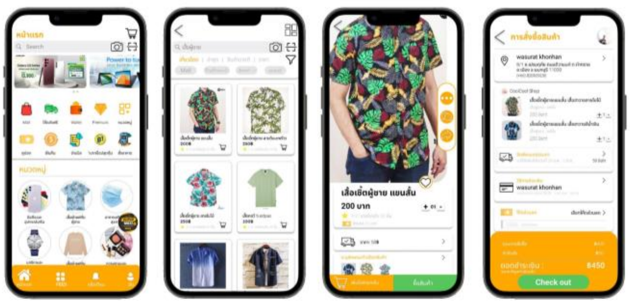
| ส่วนประกอบของส่วนต่อประสานแอปพลิเคชั่น | Shopee | Lazada | JDCentral |
|---|---|---|---|
| การ์ด (Card) | | | |
| แสดงที่อยู่ | ☑ | ☑ | ☑ |
| แสดงช่องทางการชำระเงิน | ☑ | ☑ | ☑ |
| แสดงร้านค้าที่จำหน่ายสินค้า / รายละเอียดสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |
| ตัวเลือกการจัดส่ง | ☑ | ☑ | ☑ |
| การระบุโค้ดส่วนลด | ☑ | ☑ | ☑ |
| - ช่องกรอกรหัสส่วนลด | ☐ | ☑ | ☐ |
| - ปุ่มไปยังส่วน ลดของฉัน | ☑ | ☐ | ☑ |
| รวมราคาสินค้า | ☑ | ☑ | ☑ |

ภาพที่ 6: หน้าชำระสินค้าของแอปพลิเคชัน

เมื่อเราได้วิเคราะห์หารูปแบบและข้อมูลสิ่งที่ต้องมีในแอปพลิเคชัน แต่ละหน้า วิเคราะสิ่งที่แอปลิเคชั่นทั้ง 3 แอปพลิเคชันนั้น มีร่วมกันและ วิเคราะห์ให้เป็นสิ่งใหม่ที่เป็นตัวช่วยแนะแนวทางการจัดทำแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์และผู้วิจัยได้ค้นหางานวิจัยได้พบว่าการใช้สีจะแสดงอารมณ์และความรู้สึกเพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดประสบการณ์ใช้งานที่ดี จากงานวิจัยที่เราได้ค้นหา ว่าทัศนคติและพฤติกรรมที่มีต่อการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์ พบว่าผู้ใช้งาน ให้ความสำคัญกับความใช้งานง่าย สีที่ดูสบายตา และการจัดหมวดหมู่มีความน่าสนใจ โดยสีที่เรานำมา อ้างอิงเรานำทฤษฎีสีของ Shigenobu Kobayashi เรื่อง Color Image Scale ที่จัดกลุ่มสีเป็นอารมณ์ และความรู้สึกและยังมีทฤษฎีที่ทาง KISS metrics ซึ่งเป็นเว็บไซต์การวิเคราะห์ยอดนิยมได้นำข้อมูลของสีและการตลาดมาทำข้อมูลภาพให้เห็นว่าสีมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า

สิ่งที่ผู้วิจัยต้องการหลังจากที่ได้ข้อมูลรูปแบบการจัดวางและสีเรียบร้อยแล้วการที่ทำให้ผู้ใช้งานใช้งานได้ง่ายผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการใช้งานง่าย เป็นหลักในการพัฒนา จัดทำขึ้นเพื่อยืนยันผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล หารูปแบบประสบการณ์ผู้ใช้แอปพลิเคชันซื้อสินค้าออนไลน์

*4.2.* จัดทำแอปพลิเคชันจำลองแอปพลิเคชันจำลองทั้ง 4 หน้า ผู้วิจัยได้รับการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้วว่าเป็นหน้าที่ผู้ใช้งาน มีการปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันมากที่สุด ดังภาพที่ 7 ที่ผู้วิจัยได้จัดทำแอปพลิเคชันจำลองขึ้นมา



ภาพที่ 7: แอปพลิเคชันการซื้อสินค้าออนไลน์จำลอง

ผลจากการทำการทดสอบกับกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยแบบสอบถาม จะมีกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดสอบช่วงอายุที่ 20 - 29 ปี คิดเป็นร้อยละ 58.8 ของผู้เข้าร่วมทั้งหมด ผู้เข้าร่วมการทดสอบทั้งหมด เคยมีประสบการณ์ซื้อสินค้าออนไลน์จึงทำให้มีความคุ้นชินกับการใช้งานแอปพลิเคชันซื้อสินค้าออนไลน์

โดยสำหรับบทวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการบริการแบบสอบถาม โดยกำหนดเป็นช่วงดังนี้

1.00 - 1.50 หมายถึงความพึงพอใจอยู่ระดับ น้อยที่สุด

1.51 - 2.50 หมายถึงความพึงพอใจอยู่ระดับ น้อย

2.51 - 3.50 หมายถึงความพึงพอใจอยู่ระดับ ปานกลาง

3.51 - 4.50 หมายถึงความพึงพอใจอยู่ระดับ มาก

4.51 - 5.00 หมายถึงความพึงพอใจอยู่ระดับ มากที่สุด

ผู้วิจัยจะแบ่งส่วนที่ต้องการทราบจากแบบสอบถามทั้งหมด 3 กลุ่มคือ 1. การวางรูปแบบแอปพลิเคชัน 2.การใช้สีและการสื่อความหมาย 3.การใช้งานง่ายและความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการทดสอบต่อแอปพลิเคชัน

*4.2.1.* การวางรูปแบบแอปพลิเคชัน

**ตารางที่ 1** ตารางการวางรูปแบบแอปพลิเคชันจำลองการซื้อสินค้า

| **การวางรูปแบบแอปพลิเคชัน** | **คะแนนเฉลี่ย (5 คะแนน)** |
|---|---|
| การจัดวางรูปแบบมีความเป็นระเบียบสบายตา | 3.72 |
| การจัดรูปแบบของแอปพลิเคชันมีการจัดหมวดหมู่ทำให้ผู้ใช้งานหาสินค้าได้ง่าย | 4.06 |
| การลำดับสิ่งที่น่าสนใจภายในแอปพลิเคชันมีความน่าสนใจ ตรงกับที่ผู้ใช้งานต้องการ | 3.82 |
| การจัดวางรูปแบบมีความน่าสนใจ ดึงดูดให้ผู้ใช้งานอยากใช้งานมากขึ้น | 3.82 |
| คะแนนรวม(ค่าเฉลี่ย) | 3.85 |

จากตารางที่ 1 ในส่วนของการจัดรูปแบบแอปพลิเคชัน จะเห็นความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทั้งหมด 50 คนจะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.58 ของคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน

*4.2.2.* การใช้สีและการสื่อความหมาย

**ตารางที่ 2** ตารางการการใช้สีเพื่อสื่อความหมายบนแอปพลิเคชันจำลองการซื้อสินค้า

| **การใช้สีและการสื่อความหมาย** | **คะแนนเฉลี่ย (5 คะแนน)** |
|---|---|
| การใช้สีมีความน่าสนใจดึงดูการใช้งาน | 3.88 |
| การเลือกใช้สีที่ปุ่มทำให้เข้าใจผิดเกี่ยวกับความหมายของปุ่ม | 3.46 |
| สีมีการดึงดูให้อยากซื้อสินค้าหรือไม่ | 3.6 |
| คะแนนรวม(ค่าเฉลี่ย) | 3.64 |

จากตารางที่ 2 ในส่วนของการใช้สีและการสื่อความหมายจะอยู่ที่ระดับกลางการใช้สียังไม่สามารถดึงดูให้ผู้ใช้งานมีแรงจูงใจในการซื้อสินค้าและการใช้สีที่ปุ่มทำให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบบางท่านสับสน ควรมีการปรับเปลี่ยนการใช้สีเพิ่มเติมเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้องและเป็นประสบการณ์ผู้ใช้งานที่ดี โดยมีคะแนนรวมในส่วนของสี และการสื่อความหมายคือ 3.64 ของคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน

*4.2.3.* การใช้งานง่ายและความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการทดสอบต่อแอปพลิเคชัน

**ตารางที่ 3** ตารางการใช้งานง่ายและความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชัน จำลองการซื้อสินค้า

| **การใช้งานง่ายและความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชัน** | **คะแนนเฉลี่ย (5 คะแนน)** |
|---|---|
| ปุ่มกดมีการแสดงความหมายที่ต้องการจะสื่อออกมาได้อย่างถูกต้อง | 4.18 |
| Icon ทำให้สื่อความหมายตรงกับที่ผู้ทำการทดสอบเข้าใจ | 4.18 |
| ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการทดสอบ โดยภาพรวมสำหรับแอปพลิเคชันการซื้อสินค้าออนไลน์ทดลอง | 3.82 |
| คะแนนรวม(ค่าเฉลี่ย) | 4.06 |

จากตารางที่ 3 ปุ่มกดและสัญลักษณ์แทนโปรแกรม (Icon) มีความสื่อถึงที่พี่ผู้วิจัยต้องการจะสื่อแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ปุ่มโดยอ้างอิงจากประสบการณ์ที่ผู้ใช้งานเคยพบมาก่อนทำให้ผู้ใช้งานสามารถ เข้าใจได้และผู้ใช้งานสามารถศึกษาได้ด้วยตัวเองทำให้คะแนนเฉลี่ย ในการใช้งานง่ายและความพึงพอใจสูงถึง 4.06 คะแนนของคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน และส่วนที่มีการประเมินน้อยสุด จะอยู่ที่การใช้สีและการสื่อความหมาย คือ 3.64 ของคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน ผู้เข้าร่วมการทดสอบบางท่าน มีความรู้สึกว่าสียังไม่ดึงดูดชวนให้ซื้อสินค้าคิดเป็นร้อยละ 2 ของผู้เข้าร่วมการทดสอบทั้งหมด

## V. สรุป

ผลจากการเกิดโรคระบาดไวรัสโควิด 19 ในปัจจุบัน ทำให้การใช้งานโทรศัพท์มือถือ เพื่อใช้แอปพลิเคชัน ในการซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้องค์กรต่างๆ ให้ความสนใจการทำการตลาดออนไลน์เพิ่มขึ้น ทำให้มีการพัฒนาแอปพลิเคชัน ตลาดออนไลน์เพื่อนำเสนอสินค้าขององค์กรหรือบริษัท

ทั้งนี้การใช้แอปพลิเคชันเพื่อการซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มขึ้นตามความต้องการของผู้ใช้งาน ค้นพบว่าประสบการณ์ผู้ใช้งานจะพึงพอใจกับการใช้งานง่าย สามารถเรียนรู้ได้ตั้งแต่ครั้งแรกที่ทำการทดสอบไม่ต้องปรับตัวมากปุ่มออกแบบมีความเข้าใจได้ตั้งแต่ครั้งแรกที่เห็น

จากผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์งานวิจัยที่ได้ศึกษาหรือมีบุคคลได้ทำวิจัยนำมาวิเคราะห์เพื่อสังเคราะห์ให้เกิดสิ่งใหม่และนำมาพิจารณาร่วมกับหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้งานและได้ทำแบบสอบถามพบว่า ผู้ทำการทดสอบพึงพอใจกับการใช้งานง่ายของแอปพลิเคชันตลาดสินค้า ออนไลน์

โดยคะแนนรวมจะอยู่ที่ 4.06 คะแนน ส่วนของการจัดวางรูปแบบ จะมีคะแนนอยู่ที่ 3.85 คะแนน และส่วนของการใช้สีและการสื่อความหมาย จะมีคะแนนรวมน้อยที่สุดอยู่ที่ 3.64 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก จากการทดสอบแอปพลิเคชัน ตลาดสินค้าออนไลน์ โดยผู้ใช้งานจะสนใจ การวางรูปแบบของแอปพลิเคชันที่สบายตาและการจัดหมวดหมู่ที่สวยงามและการใช้งานง่ายทำให้ผู้ใช้งานเกิดประสบการณ์ผู้ใช้ที่ดี

ในอนาคตงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางให้กับผู้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการซื้อสินค้าออนไลน์และประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันประเภทอื่นๆได้ เพื่อเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจในหัวข้อประสบการณ์ผู้ใช้งานและเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง


[1] กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม,/ “New Normal ชีวิตวิถีใหม่ และการปรับตัวในภาวะ COVID-19”/ [Online] Available: https://www.mhesi.go.th/index.php/content_page/item/1448-new-normal.html. [Accessed: 23 มกราคม 2565].

[2] กระทรวงพาณิชย์,/ “กระทรวงพาณิชย์เผย โควิดดันยอดซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มขึ้น 0.45 เท่าในไตรมาสแรกของปี 2564 จากที่เคยสำรวจในเดือนพฤศจิกายน ปี 2563”/ [Online] Available: https://www.price.moc.go.th/price/fileuploader/file_admin_sum/news_survey-042564.pdf. [Accessed: 23 มกราคม 2565].

[3] ”UX Design คืออะไร”/9expert Training/ [Online] Available: https://www.9experttraining.com/articles/ux-design-คืออะไร. [Accessed: 22 กุมภาพันธ์ 2565].

[4] "User Interface (UI) กับ User Experience (UX) คืออะไร ? และ แตกต่างกันอย่างไร ?", Tips.thaiware.com, 2022. [Online]. Available: https://tips.thaiware.com/ 1437.html. [Accessed: 22 กุมภาพันธ์ 2565].

[5] “UX / UI คืออะไร”/ DMIT Demeter ICT / [Online]. Available: https://www.dmit.co.th/th/ข่าวสาร/ux-vs-ui/[Accessed: 22 กุมภาพันธ์ 2565].

[6] Dat Tien Le,/ “User Experience: Psychological Implementation to Web Design,”/Thisis,/Vaasan Ammattikorkeakoulu University of Applied Sciences,/Finland,2021

[7] Lau King Lieng,Aslina Binti Baharum,/ “Visualization Pattern for Shopping Mobile Application Design base on User’ Mental Model and Eye-Tracking Technology,”/ Innovation for Sustainable Growth,/ series1,pp. 59-63,2018

[8] พิกุล ปฏิภาณจำรัส,/”ทัศนคติและพฤติกรรมที่มีต่อการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันตลาดสินค้าออนไลน์,”/สารนิพนธ์มหาบัณฑิต,/ มหาวิทยาลัยมหิดล,/กรุงเทพฯ, 2562

[9] thumbsupteam./ “PR News: Lazada เปิดให้ผู้ขายนับล้านร่วมค้าขายผานระบบมาร์เก็ตเพลสโฉมใหม่พร้อมกันทั้ง 5 ประเทศ.” [Online]. Available: https://thumbsup.in.th/2013/08/lazada-new-marketplace/. [Accessed: 18 กุมภาพันธ์ 2565].

[10] techinasia./ “How do Colors Affect Purchases.” [Online]. Available: https://www.techinasia.com/color-and-design-in-purchase-behavior. [Accessed: 18 กุมภาพันธ์ 2565].

[11] Shigenobu Kobayashi translated by Louella Matsunaga ,/Color Image Scale,New York : Kosdansha International,1991.

[12] Zofija Tupikovskaja-Omovie and David Tyler,/ “Clustering Consumers’ Shopping Journeys: Eye Tracking Fashion m-Retail,”/ Journal of Fashion Marketing and Management,/ no page,May 2020

[13] similarweb./ “Top Apps Ranking.” [Online]. Available: https://www.similarweb.com/apps/top/apple/store-rank/th/shopping/top-free/iphone/. [Accessed: 18 กุมภาพันธ์ 2565].

# แบบจำลองการพยากรณ์ฝุ่นละออง (PM2.5) ของหาดบางแสนด้วย Multi-Stacked Deep BiLSTM

# A model for particulate matter (PM2.5) forecasting for Bangsaen Beach based on Multi-Stacked Deep BiLSTM

1st กิตติธัช เมืองใย
Kittitat Muangyai
คณะวิทยาการสารสนเทศ , มหาวิทยาลัยบูรพา
ชลบุรี / ประเทศไทย
62910056@buu.go.ac.th

2nd พลวัต ช่อผูก
Ponlawat Chophuk
คณะวิทยาการสารสนเทศ , มหาวิทยาลัยบูรพา
ชลบุรี / ประเทศไทย
ponlawat.ch@go.buu.ac.th

3rd ผศ.ดร.กฤษณะ ชินสาร
Krisana Chinasan
คณะวิทยาการสารสนเทศ , มหาวิทยาลัยบูรพา
ชลบุรี / ประเทศไทย
krisana@informatics.buu.ac.th

*บทคัดย่อ* —**ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศฝุ่น PM2.5 เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะพื้นที่ชายฝั่งที่มีควรแปรปรวนของกระแสลมมากกว่าปกติ เช่น ลมบก ลมทะเล พายุฤดูร้อน เป็นต้น ส่งผลให้แบบจำลองพยากรณ์ในพื้นที่อื่นไม่เหมาะสมกับข้อมูลชายฝั่ง งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการพยากรณ์ฝุ่นละออง PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันอันตรายจากฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบางแสน จังหวัดชลบุรี โดยรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ จากศูนย์ข้อมูลสภาพอากาศของ Weather Underground ร่วมกับข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ โดยได้รวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ มกราคม ค.ศ. 2016 – กรกฎาคม ค.ศ. 2020 เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์ฝุ่น PM2.5 4 รูปแบบโดยใช้วิธีการ Machine learning ได้แก่ Random forest , Long Short-Term Memory (LSTM) , Bidirectional LSTM (BiLSTM) และวิธีที่งานวิจัยนี้นำเสนอ Multiple Bidirectional LSTM (Multi-BiLSTM) เป็นวิธีการที่ปรับปรุงขึ้นจาก BiLSTM เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูล PM2.5 ชายฝั่งทะเล จากผลการทดลองพบว่า Multi-BiLSTM นั้นให้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมี Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ที่ 211.75 และมีค่า Root Mean Square Error (RMSE) อยู่ที่ 3.16**

*คำสำคัญ* **- การวิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นอนุภาคขนาดเล็ก 2.5 ไมโครเมตร**

***ABSTRACT*** **— Nowadays, we are facing PM2.5 pollutants, which are impossible to avoid from our daily life. Especially in coastal areas where there should be more variation in wind currents such as land winds, sea breezes, and summer storms. This research offers forecasting of the pollution 24 hours ahead to prevent the respiratory tract problem from PM2.5 in Bangsaen bay area, Chonburi Province. The study will gather the information from Weather Underground and The Pollution Control Department from 5 years ago, which from January 2016 - July 2020, to imitate the forecasting. The method is called Machine Learning, which will be classified into 4 ways; Random forest , Long Short-Term (LSTM) , Bidirectional LSTM (BiLSTM) and Multiple Bidirectional LSTM (Multi-BiLSTM) .The research will be presented in the Multi-BiLSTM way, which is developed from BiLSTM to be more accurate in forecasting and find the most suitable way that matches the information of the pollution in the coastal area. The result of the study found that the Multi-BiLSTM has the most efficient outcome, which shown MAPE at 211.75 and RMSE at 3.16**

***Keywords*** **— Data analysis pm2.5**

## I. บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นหนึ่งในความท้าทายเร่งด่วนของโลกที่กำลังเผชิญอยู่ขณะนี้ คาดการณ์ว่ามลพิษทางอากาศมีส่วนต่อการตายก่อนวัยอันควร 7 ล้านคนต่อปีเป็นสาเหตุอันดับ 4 ของการตายก่อนวัยอันควรของโลก ฝุ่นละออง PM2.5 ถูกพิจารณาว่าเป็นมลพิษที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุดในบรรดามลพิษทางอากาศ [1] และเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากในชีวิตประจำวัน ข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษประจำปีแสดงถึงแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณฝุ่น PM2.5 ซึ่งแสดงถึงสภาพอากาศที่ยังคงเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการแก้ไข

โดยวิธีการที่เป็นที่ยอมรับในการรับมือกับปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่นละออง PM2.5 นั่นคือการสร้างเครื่องมือในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ล่วงหน้า เพื่อใช้ในการเตรียมตัวป้องกันสุขภาพต่อมลพิษทางอากาศ และในงานวิจัยโดยส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญไปที่การพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ในบริเวณใจกลางเมืองเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้อาจไม่เหมาะสมกับการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่ที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การหาวิธีการที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ชายฝั่งทะเล ที่มีความแปรปรวนของกระแสลมที่เกิดจาก ลมบก , ลมทะเล และพายุฤดูร้อน [2] เป็นต้นจึงเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ค่าฝุ่นละออง PM2.5 สำหรับข้อมูลชายฝั่งทะเล ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง

เนื่องจากปัญหาการครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของระบบอัตโนมัติสำหรับการทำนายฝุ่นละออง ( PM2.5 ) เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Xinyi Wu [3] ได้เสนอการพยากรณ์คุณภาพอากาศในอนาคตโดยการใช้ข้อมูลย้อนหลัง 24 ชั่วโมงล่าสุด ในการพยากรณ์ความเข้มข้นของ PM2.5 ที่สถานีในเฉิงตู ตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2557 ถึง 30 มิถุนายน 2560 และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ตาม Long Shot-Term Memory (LSTM) จากการทดลองพบว่า การเพิ่ม hidden layer ในกระบวนการทำให้ประสิทธิภาพในการทำนายแม่นยำขึ้น โดยแม่นยำที่สุดที่ hidden layer 7 โดยได้ค่าความแม่นยำที่ RMSE 8.11 และใช้ต้นแบบการทำนายนี้ในการพยากรณ์ PM10 ด้วย โดยใช้ hidden layer 7 ในการทำนายได้ผลลัพธ์ RMSE 15.41 ซึ่งดีที่สุด เอกสารนี้แสดงให้เห็นว่า LSTM ที่มีซ้อนกันหลายชั้นสามารถเพิ่มความแม่นยำของการทำนายได้อย่างมาก Massimo Stafoggia [4] ศึกษาข้อมูลสภาพอากาศซึ่งเป็นข้อมูลภูมิอากาศจากดาวเทียมสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์ค่า PM2.5 และ PM10 ในการศึกษานี้ได้พัฒนาแบบจำลอง Randomforest 5 ขั้นตอนเพื่อคาดการณ์ความเข้มข้น PM10, PM2.5 รายวันที่ความละเอียดเชิงพื้นที่อย่างละเอียดทั่วประเทศอิตาลี สามารถจับ 75% ความแปรปรวนของ PM10 และ 80% ความแปรปรวนของ PM2.5 โดยมีค่าประสิทธิภาพ RMSE 6.39 จากนั้น ภานุพงษ์ ร่องอ้อ [5] ได้เสนอการทดลองนำเทคนิคการแทนที่ข้อมูลร่วมกับการสกัดคุณลักษณะเพื่อทำนายหาความหนาแนของฝุ่นละออง PM2.5 ในอีก 24 ชั่วโมงข้างหน้าโดยใช้ข้อมูลนำเข้าเป็น ข้อมูลช่วงเวลาก่อนหน้าเป็นเวลา 7 วัน หรือ 168 ชั่วโมงโดยใช้วิธีการ LSTM และใช้ข้อมูลในการสร้างแบบจำลองจากการตรวจวัดบริเวณสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย ในกรุงเทพมหานคร หลังจากการทดลองพบว่า การแทนที่ข้อมูลที่สูญหายด้วย Kalman Smoothing (KS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับแทนที่ข้อมูลที่สูญหาย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำได้ โดย KS-LSTM คือ แบบจำลอง LSTM ที่สร้างจากการแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วย KS เพราะเมื่อแทนที่ข้อมูลด้วย Kalman Smoothing (KS) และ Linearly Weighted Moving (LWMA) พบว่าแบบจำลองให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างด้วยข้อมูลที่ทำการลบแถวข้อมูลสูญหายทิ้งอยู่ประมาณ 7%-8% โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 5.67 และ Mingmin Zhang [6] นำเสนอการพยากรณ์ความเข้มข้น PM2.5 ทุกชั่วโมง โดยใช้ข้อมูล PM2.5 และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสำหรับการรวมข้อมูล จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองการทำนาย และการทดสอบสำหรับเปรียบเทียบกับแบบจำลองการทำนาย 3 แบบที่แตกต่างกันตาม Gate Recurrent Units (GRU) , Long Short-Term Memory (LSTM) และ Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) ในเวลาเดียวกัน ผลการทดสอบพบว่า MAE ของ BiLSTM การทำนายความเข้มข้น PM2.5 มีค่าเท่ากับ 14.15 ซึ่งต่ำกว่าวิธีอื่นๆ อีก 2 วิธีคือ 49.91 และ 31.51 RMSE เท่ากับ 17.20 ซึ่งต่ำกว่าสองวิธี 60.03 และ 36.70 $R^2$ คือ 0.95 ซึ่งสูงกว่าวิธีเปรียบเทียบสองวิธีตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงนำวิธีการพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีความแม่นยำสูง สำหรับสร้างแบบจำลองการพยากรณ์มลพิษทางอากาศฝุ่นละออง PM2.5 โดยการเปรียบเทียบความแม่นยำของแต่ละแบบจำลองเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลมลพิษฝุ่นละออง PM2.5 ชายฝั่งทะเลมากที่สุด ในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง

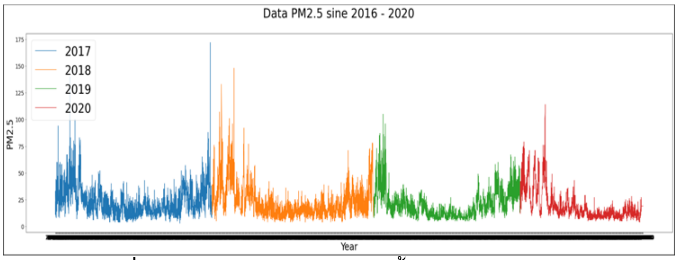
ส่วนที่เหลือของงานวิจัยจัดลำดับดังนี้ ส่วนที่ 1 และ 2 นำเสนอบทนำและการวิเคราะห์ปัญหาสำหรับการทำนายฝุ่นละออง (PM2.5) ตามลำดับ จากนั้น วิธีการที่เสนอจะอธิบายไว้ในส่วนที่ 3 ส่วน 4 แสดงการทดลองและผลลัพธ์ และ บทสรุปจะกล่าวถึงในส่วน 5

## II. การวิเคราะห์ปัญหาในการพยากรณ์ฝุ่นละออง PM2.5

ตารางที่ I. ตารางเปรียบเทียบวิธีการ , พื้นที่ และผลลัพธ์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| Paper | Algorithm | Location | RMSE |
|---|---|---|---|
| [4] | LSTM | Chengdu , China (City) | 8.11 |
| [5] | Randomforest | ISPRA , Italy (City) | 6.35 |
| [6] | LSTM | Bangkok , Thailand (City ) | 5.67 |
| [7] | BiLSTM | Beijing , China (City ) | 17.20 |

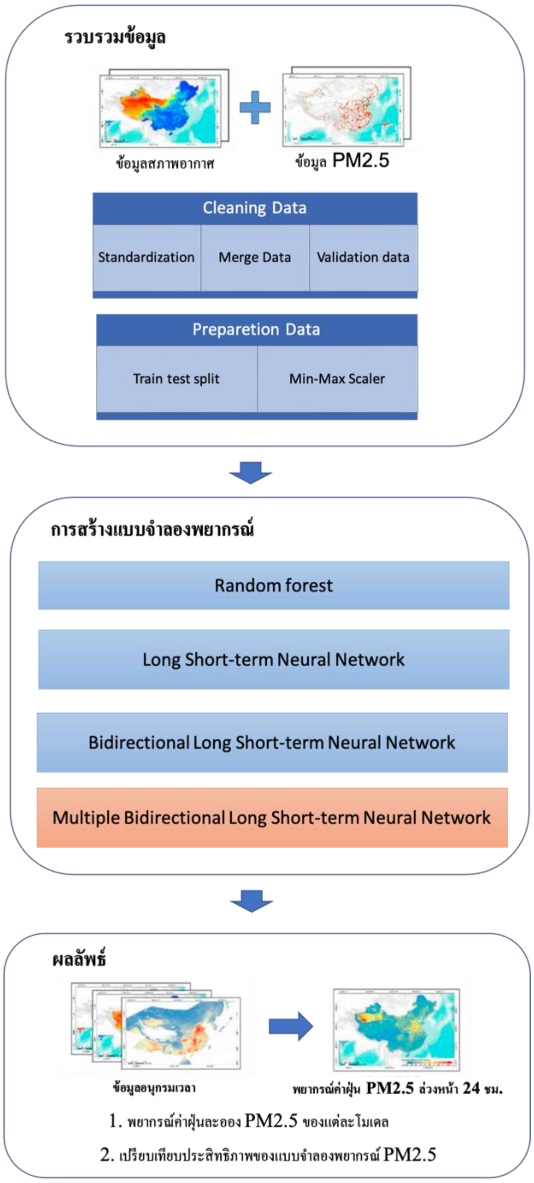
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การพยากรณ์มลพิษทางอากาศ PM2.5 ในบริเวณใจกลางเมืองที่มีสภาพอากาศแตกต่างจากชายฝั่งทะเล ทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่าแบบจำลองไหนที่เหมาะสมกับข้อมูลชายฝั่ง งานวิจัยนี้จึงทำการรวบรวมวิธีการพยากรณ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3 วิธี ได้แก่ Random forest , Long Short-term Memory (LSTM) และ Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์ที่ปรับปรุงขึ้น Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) ที่เป็นวิธีการพยากรณ์ BiLSTM แบบหลายชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์



รูปที่ I. กราฟข้อมูล PM2.5 รายปีตั้งแต่ 2016 - 2020

จากข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลัง 5 ปี จะเห็นได้ชัดว่าพฤติกรรมของข้อมูลเป็นแบบอนุกรมเวลา (Time series) โดยมีการเพิ่มลดของปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เป็นไปตามฤดูกาล (Seasonal time series) ซึ่งมีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนมากจึงไม่เหมาะกับการใช้ Recurrent neural network (RNN) หรือ Linear regression และจากที่ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงเหมาะกับการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ Random forest , Long Short-Term Memory (LSTM) , Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) และงานวิจัยนี้นำเสนอ วิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการพยากรณ์ Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วย รากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error,RMSE) และ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute percentage error,MAPE) เพื่อหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด




รูปที่ II. กระบวนการเตรียมข้อมูลและกระบวนการพยากรณ์

## III. วิธีดำเนินงานวิจัย

### III.I ข้อมูลที่นำมาใช้

| | Time | Temperature | Dew Point | Humidity | Wind | Speed | Gust | Pressure | Precip. Rate. | Precip. Accum. | loc_id | date | Hours | Minute |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 07:00 | 76.3 F | 69.3 F | 79% | NE | 7.0 mph | 13.0 mph | 29.95 in | 0.00 in | 0.00 in | ICHONBUR6 | 2/12/2016 | 07 | 00 |
| 1 | 07:05 | 76.3 F | 69.3 F | 79% | NE | 4.0 mph | 9.0 mph | 29.95 in | 0.00 in | 0.00 in | ICHONBUR6 | 2/12/2016 | 07 | 05 |
| 2 | 07:10 | 76.1 F | 69.1 F | 79% | NE | 8.0 mph | 9.0 mph | 29.95 in | 0.00 in | 0.00 in | ICHONBUR6 | 2/12/2016 | 07 | 10 |
| 3 | 07:15 | 76.1 F | 69.1 F | 79% | NNE | 7.0 mph | 10.0 mph | 29.95 in | 0.00 in | 0.00 in | ICHONBUR6 | 2/12/2016 | 07 | 15 |
| 4 | 07:20 | 76.1 F | 69.1 F | 79% | NE | 4.0 mph | 10.0 mph | 29.95 in | 0.00 in | 0.00 in | ICHONBUR6 | 2/12/2016 | 07 | 20 |

รูปที่ III. ตัวอย่างชุดข้อมูลสภาพอากาศจาก Weather Underground

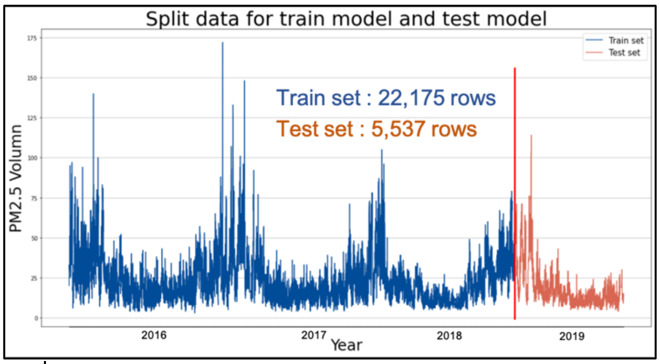
| | PM2.5 | Time | Date |
|---|---|---|---|
| 0 | 20.3 | 04:00 | 6/12/2016 |
| 1 | 20.2 | 05:00 | 6/12/2016 |
| 2 | 23.7 | 06:00 | 6/12/2016 |
| 3 | 23.2 | 07:00 | 6/12/2016 |
| 4 | 23.2 | 08:00 | 6/12/2016 |

รูปที่ IV. ตัวอย่างชุดข้อมูลค่าปริมาณ PM2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ สถานีบริเวณชายหาดบางแสน

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาแบบทุติภูมิ (Secondary Time series data) โดยรวบรวมข้อมูล ย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2016 - 28 กันยายน 2020 จากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ได้แก่ ข้อมูลสภาพอากาศจากเว็บไซต์ Weather Underground [7] ให้บริการข้อมูลสภาพอากาศเชิงพาณิชย์ที่ให้ข้อมูลสภาพอากาศแบบเรียลไทม์ดังแสดงในรูปที่ 2. ร่วมกับข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ [8] ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 จากสถานี PM2.5 ในบริเวณชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรีในรูปที่ 3. จากนั้นทำกระบวนการ Cleaning data โดยการทำ Standardization ให้ข้อมูลมีรูปแบบเดียวกัน หน่วยข้อมูลในชุดข้อมูลเป็นองศาเซลเซียส เปลี่ยนประเภทของข้อมูลให้เป็นตัวเลข และทำการ Merge Data โดยเลือกข้อมูลที่เป็นรายชั่วโมงจึงสามารถทำการ Merge Data ได้ หลังจาก Merge Data แล้วได้ทำการเลือกคุณลักษณะที่สัมพันธ์กับมูลค่าของ PM2.5 ได้แก่ อุณหภูมิ , ความชื้น , ทิศทางลม , ความแรงลม และ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง โดยมีข้อมูลทั้งหมด 27,682 ชุด จากนั้นทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูล สำหรับการฝึกฝนแบบจำลอง และชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบประเมินผลแบบจำลองด้วยอัตราส่วน 80:20 ตามลำดับของชุดข้อมูล จึงเหลือชุด ข้อมูลในการฝึกฝนแบบจำลอง 22,145 ชุด และข้อมูลสำหรับทดสอบ 5,537 ชุด

| | Date | Time | Temperature/C | Dew Point/C | Humidity | Wind | Speed/mph | PM2.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6/12/2016 | 04:00 | 26 | 22 | 81 | NE | 4.0 | 20 |
| 1 | 6/12/2016 | 05:00 | 26 | 22 | 81 | NE | 2.0 | 20 |
| 2 | 6/12/2016 | 06:00 | 25 | 22 | 83 | ENE | 2.0 | 24 |
| 3 | 6/12/2016 | 07:00 | 25 | 22 | 82 | NNE | 0.0 | 23 |
| 4 | 6/12/2016 | 08:00 | 26 | 23 | 81 | NNW | 0.0 | 23 |

รูปที่ V. ตัวอย่างชุดข้อมูลหลังจาก Cleaning data และ Preparation data




รูปที่ VI. กราฟแสดงข้อมูลฝึกฝนแบบจำลองและข้อมูลทดสอบแบบจำลอง

### III.II การเตรียมข้อมูล

ในการเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องนั้น ได้นำวิธีการแปลงข้อมูลโดยใช้ Min-Max Scaler [9] มาใช้ในการปรับข้อมูลให้ อยู่ในช่วง 0-1 ตามค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดของข้อมูล โดยมีวิธีการ แปลงข้อมูลตามสมการที่ 1 ซึ่งสามารถใช้ Min-Max Scaler ใน Scikit-learn ในการแปลงข้อมูลตาม Features ต่าง ๆ ที่ได้เลือกไว้ในข้อ III.I

$$x_{sc} = \frac{\chi - \min(\chi)}{\max(\chi) - \min(\chi)} \quad (1)$$

จากนั้นทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างโมเดล Random forest , Long Short-term Memory (LSTM) , Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) และ Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) ได้ โดยเปลี่ยนจากข้อมูลรูปแบบ 2 มิติ ให้อยู่ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งมีมิติด้านเวลาเพิ่มขึ้นมา

### III.III การสร้างโมเดล

#### III.III.I Random forest

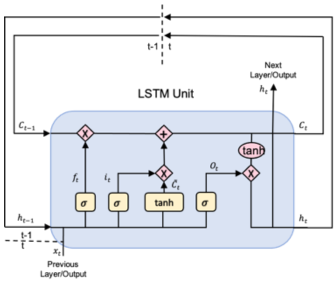
Random Forest เป็นหนึ่งในกลุ่มของโมเดลประเภทการเรียนรู้แบบร่วมกัน (Ensemble Learning) ซึ่งใน Ensemble จะแบ่งได้อีก 2 วิธีคือ Bagging และ Boosting โดย Random Forest จะจัดเป็นวิธีBagging คือ การ Train แบบคู่ขนาน (Parallel) โดยแต่ละโมเดลจะได้รับชุดข้อมูลที่ไม่เหมือนกันจากการสุ่ม(Random) ซึ่งเป็น subset ของชุดข้อมูลทั้งหมด ซึ่งแต่ละโมเดลของ Random Forest คือ Decision Tree ที่จะได้จากการ Train ข้อมูลที่แตกต่างกัน เมื่อแต่ละโมเดลทำนายแล้วก็จะใช้ผลสรุปจากเสียงส่วนมาก (Majority Vote) ในการตัดสินผลลัพธ์สุดท้าย

ตารางที่ II. ตารางพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Random forest

| Parameter | Value |
|---|---|
| N_estimators | 1000 |
| Random state | 42 |

#### III.III.II Long Short-Term Memory (LSTM)

จากปัญหา vanishing gradient ใน RNN จึงได้มีการพัฒนา LSTM ขึ้นโดยจะใช้ข้อมูล cell state และ hidden state ในการเก็บข้อมูลและส่งไปประมวลผลยังช่วงเวลาถัดไป ซึ่งอาศัย gate ต่าง ๆ ในการคำนวณว่าควรจะเก็บรักษาข้อมูลภายใน cell state และ hidden state มากน้อยเพียงใด โดยประกอบไปด้วย input gate, output gate, และ forget gate แต่ละ gate จะมีหน้าที่ในการ ตัดสินใจว่าจะให้ข้อมูลผ่านไปหรือไม่ ตามค่าความสำคัญของข้อมูลหากมีค่าน้อยก็จะไม่สามารถผ่าน gate ไปได้จึงช่วยป้องกันการเกิด vanishing gradient ได้ โดยมีการคำนวณค่าต่าง ๆ ดังสมการที่ 2-7




รูปที่ VII. โครงสร้างของ Long Short-term Memory (LSTM)

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (2)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (3)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C) \quad (4)$$

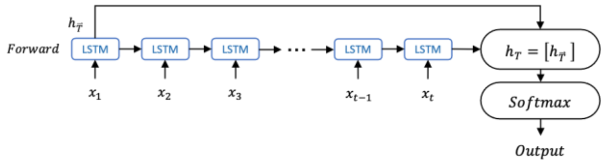
$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t \quad (5)$$

$$o_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (6)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (7)$$

โดยที่ $i$ คือ input gate, $f$ คือ forget gate, $o$ คือ output gate, $C$ คือ cell state, h คือ hidden state, $\sigma$ คือ Activation function, $W$ และ $U$ คือ weight matrix และ $t$ แทนช่วงเวลา โดย สามารถแสดงโครงสร้างได้ดังรูปที่ 4 ดังนั้น ในบทความนี้ ลำดับของข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่เครือข่าย LSTM คือ ชั่วโมงก่อนหน้าและปัจจุบัน ( t, t-1, ... , tj ) และผลลัพธ์ที่จะคาดการณ์คือ ความเข้มข้นของ PM2.5 ใน 24 ชั่วโมงถัดไป (t+1,...,t+24). เครือข่ายการคาดการณ์ LSTM แสดงไว้ในรูปที่ VII.

รูปที่ VIII. การทำงานของ Long Short-term Memory (LSTM)

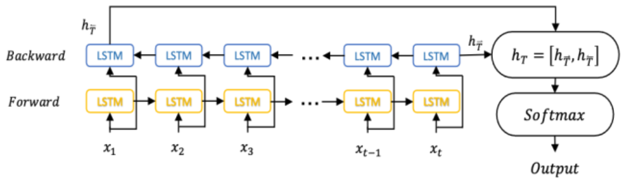



ตารางที่ III. ตารางพารามิเตอร์ของแบบจำลอง LSTM

| Parameter | Value |
|---|---|
| epoch | 90 |
| Batch size | 144 |
| Hidden node | 512 |
| Hidden layer | 1 |
| Activation | Relu |
| Optimizer | Adam |

#### III.III.III Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM)

LSTM แบบสองทิศทางเชิงลึก [25] เป็นส่วนขยายของแบบจำลอง LSTM ที่อธิบายซึ่งใช้ LSTM สองตัวเพื่อป้อนข้อมูล ในรอบแรก LSTM จะถูกนำมาใช้ในลำดับอินพุตไปข้างหน้า ในรอบที่สองรูปแบบย้อนกลับของลำดับอินพุตจะถูกป้อนเข้าสู่โมเดล LSTM (เช่น เลเยอร์หลัง) ใช้ LSTM สองครั้งนำไปสู่การปรับปรุงการเรียนรู้การพึ่งพาระยะยาวและช่วยเพิ่มความแม่นยำ




รูปที่ IX. การทำงานของ Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM)

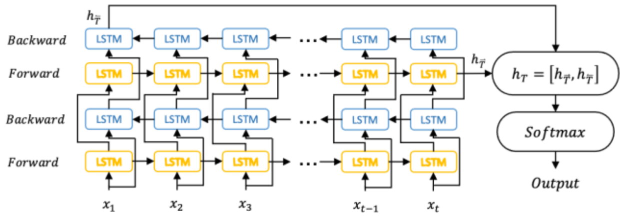
ตารางที่ IV. ตารางพารามิเตอร์ของแบบจำลอง BiLSTM

| Parameter | Value |
|---|---|
| epoch | 90 |
| Batch size | 144 |
| Hidden node | 512 |
| Hidden layer | 1 |
| Activation | Relu |
| Optimizer | Adam |

#### III.III.IV Multiple Long Short-term Memory (Muti-BiLSTM)

จากแนวคิดของ Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) เป็นการเพิ่มชั้นการวิเคราะห์ BiLSTM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

ความแม่นยำ จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงความแม่นยำ ด้วยการเพิ่มเลเยอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) ในระดับเลเยอร์ที่มากขึ้นโดยมีขั้นต่ำตั้งแต่ 4 เลเยอร์ขึ้นไป จะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น




รูปที่ X. การทำงานของ Multiple Long Short-term Memory (Muti-BiLSTM)

ตารางที่ V. ตารางพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Multi-BiLSTM

| Parameter | Value |
|---|---|
| epoch | 90 |
| Batch size | 144 |
| Hidden node | 128 |
| Hidden layer | 4 |
| Activation | Relu |
| Optimizer | Adam |

III.III.V การตรวจสอบประสิทธิภาพ

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีรากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) และวิธีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE) เพื่อประเมินความแม่นยำในการพยากรณ์และเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม ถ้าหากวิธีพยากรณ์รูปแบบใดให้ค่า RMSE และ MAPE น้อยที่สุดจะให้เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

III.III.V.I วิธีรากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังสมการที่ (8)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \left(\hat{Y}_t - Y_t\right)^2} \quad (8)$$

โดยที่ $Y_t$ แทน อนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

$n$ แทน จำนวนข้อมูล

III.III.V.II วิธีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังสมการที่ (9)

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n} \left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| \quad (9)$$

โดยที่ $Y_t$ แทน อนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

$n$ แทน จำนวนข้อมูล

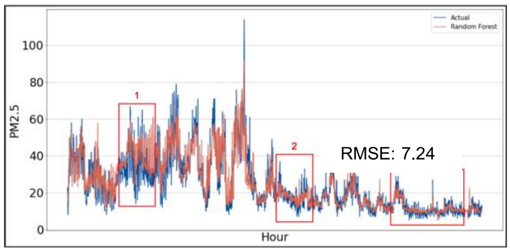
## IV. ผลการดำเนินงาน

ในการสร้างแบบจำลองแบบต่าง ๆ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ ทำการวัดผลของโมเดล โดยใช้ค่า MAPE และ RMSE และนำมา เปรียบเทียบผลดังแสดงในตารางที่ VI

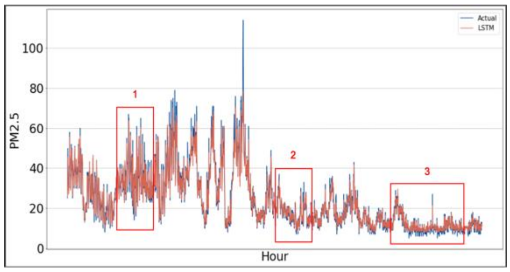
ตารางที่ VI. ตารางค่า MAPE และ RMSE ของแบบจำลองต่างๆในการทดลอง

| Model | MAPE | RMSE |
|---|---|---|
| Random forest | 464.59 | 7.24 |
| Long Short-term Memory | 221.35 | 3.66 |
| Bidirectional Long Short-term Memory | 217.86 | 3.39 |
| Multiple Bidirectional Long Short-term Memory | 211.75 | 3.16 |

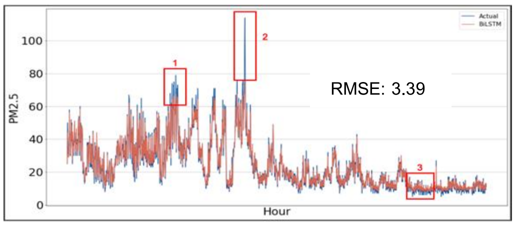
จากตารางที่ VI จะเห็นว่าแบบจำลองที่นำเสนอ Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) มีผลลัพธ์ค่า MAPE ที่ 211.75 และมีค่า RMSE อยู่ที่ 3.16 ดีกว่าแบบจำลอง Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) ซึ่งให้ค่า MAPE ที่ 217.86 และ RMSE เท่ากับ 3.39 โดยเหมาะสมกับข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ชายฝั่งทะเล มากกว่าแบบจำลอง Long Short-term Memory (LSTM) และ Randomforest ซึ่งให้ค่า MAPE ที่ 221.35 , 464.59 และค่า RMSE เท่ากับ 7.24 และ 3.66 ตามลำดับ โดยแบบจำลองที่มีค่า MAPE และ RMSE น้อยที่สุดจะเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุด



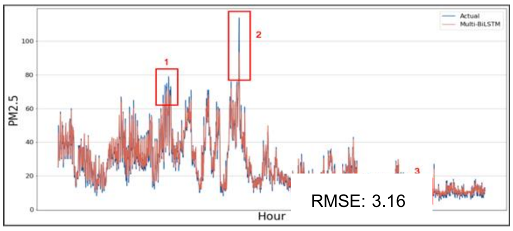

(a) ผลของวิธีการ Random forest




(b) ผลของวิธีการ LSTM




(c) ผลของวิธีการ BiLSTM




(d) ผลของวิธีการ Multi-BiLSTM

รูปที่ XI. กราฟแสดงผลการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าฝุ่น PM2.5 โดยมีการพยากรณ์ด้วย (a) Random forest,(b) LSTM,(c) BiLSTM และ(d) Multi-BiLSTM

จากการสร้างแบบจำลองแบบต่างๆ แสดงผลเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์กับปริมาณฝุ่น PM2.5 ในชุดข้อมูลทดสอบ ในรูปที่ XI จะสรุปผลได้ดังนี้

(a) ผลของวิธีการ Random forest

แบบจำลอง Random forest ได้ผลดีกับข้อมูลที่มีความแปรปรวนของค่าที่น้อย หรือมีกราฟเป็นเส้นตรง จะมีประสิทธิภาพที่ดี โดยสังเกตุได้จากกรอบ ที่ 1 , 2 และ 3 ที่พยากรณ์ได้ค่าที่เกาะกลุ่มอยู่ตรงกลางไม่ขึ้นหรือลงตามข้อมูลจริง

(b) ผลของวิธีการ LSTM

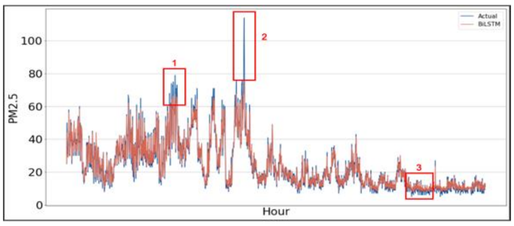
แบบจำลอง LSTM ได้ผลดีกว่าแบบจำลอง Random forest โดยค่าฝุ่นที่พยากรณ์สามารถเกาะกลุ่มการแปรผันของข้อมูลได้ดี โดยสังเกตได้จากกรอบที่ 1 , 2 และ 3 สามารถพยากรณ์ความแปรปรวนของค่าฝุ่น PM2.5 ได้ดีกว่า Random forest

(c) ผลของวิธีการ BiLSTM

แบบจำลอง BiLSTM คือวิธีการของ LSTM แบบสองทิศทาง ได้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่า LSTM เล็กน้อย เนื่องจากเป็นวิธีการที่เพิ่มการรวบรวมผลลัพธ์จาก LSTM 1 ชั้น เป็น LSTM 2 ชั้น ซึ่งจากในกรอบ ที่ 1 , 2 จะสังเกตได้ว่าค่าพยากรณ์ไม่สามารถขึ้นไปถึงค่าปริมาณฝุ่นที่สูงที่สุดได้ และ กรอบที่ 3 จะสังเกตได้ว่า ค่าพยากรณ์จะไม่ต่ำตามปริมาณค่าฝุ่นจริง

(d) ผลของวิธีการ Multi-BiLSTM

แบบจำลอง Multi-BiLSTM คือวิธีการของ BiLSTM ที่ซ้อนกัน 4 ชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวมผลลัพธ์โดยจะปรับปรุงผลลัพธ์ 4 ชั้น โดยเลือกผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งจากในกรอบที่ 1 , 2 จะสังเกตได้ว่า Multi-BiLSTM สามารถพยากรณ์ค่าปริมาณฝุ่นได้สูงใกล้เคียงกับค่าฝุ่นจริง มากกว่า BiLSTM ในกรอบที่ 1 , 2 และจากกรอบที่ 3 สังเกตได้ว่า Multi-BiLSTM สามารถพยากรณ์ค่าฝุ่นที่มีค่าต่ำได้ดีกว่า BiLSTM ในกรอบที่ 3 จึงได้ผลการพยากรณ์ค่าฝุ่น PM2.5 ที่ดีที่สุด




รูปที่ 9. กราฟแสดงผลการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าฝุ่น PM2.5 Multi-BiLSTM

จากรูปที่ XII ปัญหาของแบบจำลอง Multi-BiLSTM ยังมีอยู่ โดยจะอยู่ในกรอบที่ 1 , 2 และ 3 ในการพยากรณ์ค่าที่ความแปรปรวนของค่าฝุ่นที่สูง ปริมาณฝุ่นที่ได้จากการพยากรณ์จะไม่ค่อยแม่นยำ ทั้งนี้ค่าความแม่นยำของแบบจำลองยังขึ้นอยู่กับการตั้งค่าต่าง ๆ ของแบบจำลองและจำนวนข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองด้วย จากข้อมูลที่นำมาใช้จะเห็นว่ามีจำนวน Features ที่นำมาใช้เพียง 5 ตัว คือ อุณหภูมิ , ความชื้น , ทิศทางลม , ความเร็วลม และ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง เท่านั้นเนื่องจากข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีจำกัด ซึ่ง Feature ดังกล่าวอาจไม่เพียงพอต่อการพยากรณ์ค่าฝุ่นที่มีความแปรปรวนสูง และข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลองเป็นเพียงข้อมูลจากสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศใกล้ชายฝั่งเพียงจุดเดียว

ดังนั้นหากต้องการให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพเพิ่มยิ่งขึ้น และขอเสนอแนะการเพิ่มข้อมูล Feature ที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่น PM2.5 เช่น ก๊าซคาบอนมอนอกไซด์ (CO) , ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) หรือ ก๊าซไนโตรเจน ($NO_2$) เป็นต้น [10] และเพิ่มข้อมูลจากสถานีควบคุมมลพิษอื่นใกล้ชายฝั่งทะเลในการสร้างโครงสร้างแบบจำลองและฝึกฝนแบบจำลอง จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหาความหนาแน่นของปริมาณฝุ่น PM2.5 ได้แม่นยำขึ้น และในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ Convolutional Neural Network (CNN) ทำการสกัดคุณลักษณะกับการพยากรณ์ความหนาแน่นของฝุ่น PM2.5 ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น CNN จึงเป็น เทคนิคที่ อาจเพิ่มประสิทธิภาพให้แบบจำลอง Multi-BiLSTM ในการพยากรณ์ค่าปริมาณฝุ่น PM2.5

## V. บทสรุป

จากปัญหามลพิษทางอากาศจากปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ที่เพิ่มมากขึ้นการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 งานวิจัยนี้ได้เสนอแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง ที่เหมาะสมกับข้อมูลบริเวณชายฝั่งทะเล ที่มีกระแสลมแตกต่างจากพื้นที่ปกติ โดยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ ได้แก่ Random forest , Long Short-term Memory (LSTM) , Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) และ ในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยของ LSTM ด้วย Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) จากผลการทดลองสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการพยากรณ์ในรูปแบบต่าง ๆ และสร้างกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าฝุ่น PM2.5 กับค่า PM2.5 ที่ได้จากการพยากรณ์ของแบบจำลองแต่ละรูปแบบจะเห็นว่า แบบจำลอง Multiple Bidirectional Long Short-term Memory (Multi-BiLSTM) มีผลลัพธ์ค่า MAPE ที่ 211.75 และมีค่า RMSE อยู่ที่ 3.16 ดีกว่าแบบจำลอง Bidirectional Long Short-term Memory (BiLSTM) ซึ่งให้ค่า MAPE ที่ 217.86 และ RMSE เท่ากับ 3.39 โดยแบบจำลอง Multi-BiLSTM สามารถพยากรณ์ค่าฝุ่น PM2.5 ที่มีค่าสูงและค่าต่ำสุดได้ดีกว่า โดยเหมาะสมกับข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ชายฝั่งทะเลมากกว่าแบบจำลอง Long Short-term Memory (LSTM) และ Random forest ซึ่งให้ค่า MAPE ที่ 221.35 , 464.59 และค่า RMSE เท่ากับ 7.24 และ 3.66 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการพยากรณ์ค่าฝุ่น PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมงในพื้นที่ชายฝั่งทะเล และอนุกรมเวลาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกัน

## เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอนามัยและกรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข,"แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ" , กรมควบคุมมลพิษ , 2564 [Online] Available: http://www.enhealthplan.go.th [Accessed: 20 พฤศจิกายน 2564]

[2] ลมบกและลมทะเล , "หนังสือกรมอุตุนิยมวิทยาพายุหมุนเขตร้อน" , กรมอุตุนิยมวิทยา , [Online] https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=62

[3] Xinyi Wu, Zhixin Lu ,"A Haze Prediction Model in Chengdu Based on LSTM" , Atmosphere 2021,12 , https://doi.org/10.3390/atmos12111479

[4] Massimo Stafoggia , "Estimation of daily PM10 and PM2.5 concentrations in Italy, 2013–2015, T using a spatiotemporal land-use random-forest model " , Environment International 124 (2019)

[5] ภานุพงษ์ ร่องอ้อ , "ผลกระทบของการทำการสกัดคุณลักษณะของข้อมูลและการแทนที่ข้อมูลกับแบบจำลองพยากรณ์ฝุ่นละออง PM2.5 สำหรับบริเวณกรุงเทพมหานคร" , มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจ , 2562

[6] Mingmin Zhang , "Hourly prediction of PM2.5 concentration in Beijing based on Bi-LSTM neural network " , Multimedia Tools and Applications (2021) , China

[7] Weather underground , "ข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมง" [Internet]. [cited 20 พฤศจิกายน 2564 ] Availability from: www.wunderground.com/dashboard/pws/ICHONBUR6/daily

[8] Chonburi PM2.5 Data - Berkeley Earth , กรมควบคุมมลพิษ , [Internet]. [cited 2020 Aug 10] Availability from: http://berkeleyearth.lbl.gov/air-quality/Maps/cities/Thailand/Chonburi/Chonburi.txt.

[9] S. Patro, and K.K. Sahu, "Normalization: A preprocessing stage," Dept. CSE & IT, VSSUT, Burla, Odisha, India, 2015

[10] ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ , Air4Thai ,กรมควบคุมมลพิษ , Availability from: http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/AQIInf

# ห้องฝึกปฏิบัติการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง: ห้องปฏิบัติการดีจัง

# Laboratory for Integrated Teaching and Learning English with Digital Technologies and Practical Training: Djung Laboratory

1st พรคิด อั้นขาว
Pornkid Unkaw
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะบริหารธุรกิจ
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
pornkid.u@rmutp.ac.th

2nd ธธนา กมลนรากิธรักษา
Thatana Kamonnarakitraksa
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
santi.k@rmutp.ac.th

3rd ขวัญฤทัย บุญยะเสนา
Kwanruetai Boonyasaena
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะบริหารธุรกิจ
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
kwanruetai.b@rmutp.ac.th

4th สุนันทา ชูตินันท์
Sunanta Chutinan
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะศิลปศาสตร์
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
sunanta.c@rmutp.ac.th

5th ณรงค์รัตน์ แต่งตั้ง
Narongrat Tangtung
ธนาคารแห่งประเทศไทย
สำนักบริหารอาคาร
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
narongrt@bot.or.th

6th โทโมโกะ คันดะ
Tomoko Kanda
Department of English Language and Literature
College of Humanities and Sciences
Nihon University, Japan
kanda.tomoko@nihon-u.ac.jp

***บทคัดย่อ* — ในปี พ.ศ. 2565 ยูเนสโกระบุว่า "การระบาดใหญ่ของโควิด-19 ส่งผลให้สถานศึกษาต้องจัดการเรียนการสอนออนไลน์นั้นเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ในห้องเรียนของนักเรียน(นักศึกษา)อย่างน้อย 9 ใน 10 คนทั่วโลก" คณะวิจัยจึงได้ประดิษฐ์ "ห้องปฏิบัติการดีจัง" เพื่อแก้ไขสถานการณ์วิกฤตนี้ ห้องปฏิบัตินี้เป็นห้องปฏิบัติการปฏิสัมพันธ์ดิจิทัลสำหรับการเรียนการสอนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริงระหว่าง นักเรียน(นักศึกษา) ครู(อาจารย์) และหุ่นยนต์ ซึ่งให้บริการโซเชียลเน็ตเวิร์ก การประมวลผลข้อมูล และการแบ่งปันทรัพยากรผ่านเครือข่ายหรือคลาวด์คอมพิวติ้งสำหรับการจัดการเรียนการสอนทั้งในและนอกห้องเรียน จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าผู้ให้ข้อมูลหลัก 10 คน เชื่อว่าห้องปฏิบัติการดีจังสามารถให้ความยืดหยุ่นในการจัดการชั้นเรียนในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความคู่ความสนุก นอกจากนี้การวิจัยเอกสารแสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการนี้สามารถพัฒนากระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์สำหรับผู้เรียน ช่วยเพิ่มประสิทธิผลของการเรียนรู้ ส่งผลต่อผลลัพธ์ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการเพิ่มรายได้เฉลี่ยต่อหัวและการพัฒนาประเทศ**

***คำสำคัญ* — ห้องปฏิบัติการ การเรียนการสอนแบบบูรณาการ ภาษาอังกฤษ ดิจิทัลเทคโนโลยี การฝึกปฏิบัติจริง**

***ABSTRACT* — In 20222, UNESCO mentioned that "The Covid-19 pandemic has interrupted classroom learning for at least 9 out of 10 students worldwide". Therefore, we created Djung Laboratory to improve this crisis situation. It is a digital interactive laboratory for integrated teaching and learning with digital technologies and practical training among students, teachers, and the robot. It provides services in social networking, data processing and resource sharing via network or cloud computing for teaching and learning management both inside and outside the classroom. From the in-depth interview, we found that the 10 key informants believed that Djung Laboratory could offer flexibility in managing classes with various situations to enable learners to gain knowledge while having fun. Furthermore, the documentary research showed that this laboratory could develop analytical thinking processes for learners to increase the effectiveness of learning with an impact on outcomes that affect the development of human resources, the most important factor for increasing per capita income and country development.**

***Keywords* — practical lab, integrated teaching and learning, English, digital technologies, practical training.**

## I. บทนำ

องค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ หรือ ยูเนสโก(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: UNESCO) และ ไออีเอ (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA) รายงานว่า การจัดการเรียนการสอนในช่วงสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) เป็นการเพิ่มความเหลื่อมล้ำทางด้านการศึกษาในแต่ละประเทศมากขึ้น โดยนักเรียนและนักศึกษาที่มาจากครอบครัว โรงเรียน

และชุมชน ที่มีความพร้อม รวมถึงการสนับสนุนจากรัฐที่ดีกว่าจะประสบความสำเร็จได้มากกว่าและได้รับผลกระทบจากทางลบที่น้อยกว่า ครอบครัวที่ไม่มีความพร้อม โรงเรียนหรือชุมชนขาดทรัพยากร รวมถึงภาครัฐที่ไม่มีนโยบายหรือทุนสนับสนุน [1] [2] นอกจากนี้ยูเนสโกยังเปิดเผยข้อมูลสำคัญว่า *“The Covid-19 pandemic has interrupted classroom learning for at least 9 out of 10 students worldwid.”* หรือ “การระบาดใหญ่ของโควิด-19 ส่งผลให้สถานศึกษาต้องจัดการเรียนการสอนออนไลน์นั้น เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ในห้องเรียนของนักเรียน (นักศึกษา)อย่างน้อย 9 ใน 10 คนทั่วโลก” [3]

ประเทศไทยยังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานในเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะทักษะในตลาดแรงงาน ที่สามารถแยกออกเป็นทักษะทั่วไป (general skill) ที่ต้องใช้ในทุกสาขาอาชีพ และทักษะวิชาชีพเฉพาะทาง (specific skill) สำหรับทักษะทั่วไปนั้นได้แก่ทักษะภาษาอังกฤษ การพัฒนาตัวเอง ความเป็นผู้นำ และความอดทน [4] ส่งผลทางลบต่อผลิตภาพแรงงานในประเทศ ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้เต็มกำลังความสามารถและเป็นอุปสรรคต่อการลงทุนในนวัตกรรม ดังนั้นประเทศไทยจึงได้วางแผนพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีซึ่งเป็นทักษะของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st-Century Skill) [5] จากรายงานเรื่อง “ทุนมนุษย์กับผลิตภาพแรงงานในภาคอุตสาหกรรมไทย” ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ระบุว่า สถานประกอบการระบุว่า แรงงานไทยขาดทักษะภาษาอังกฤษถึงร้อยละ 95 รองลงมาคือแรงงานขาดแคลนทักษะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศคิดปืนร้อยละ 84 [6] ดังนั้น นี่นับได้ว่าเป็นความท้าทายเร่งด่วนและสำคัญของภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ต้องดำเนินการแก้ไข

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันภาษาอังกฤษนับได้ว่าเป็นภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีผู้ใช้มากที่สุดทั้งที่เป็นภาษาแม่และไม่ใช่ภาษาแม่ ถึง 1.35 พันล้านคน [7] นอกจากนี้ภาษาอังกฤษยังเป็นภาษาที่มีคนใช้เป็นอันดับ 1 ทางอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีผู้ใช้ถึงร้อยละ 26.8 [8] [9] จึงนับได้ว่าเป็นภาษาที่มีความสำคัญต่อการสื่อสารเป็นอย่างยิ่ง แต่ทางตรงกันข้าม Education First English Proficiency Index (EF EPI) รายงานว่า ความสามารถในด้านภาษาอังกฤษของคนไทยอยู่ในลำดับที่ 89 จาก 100 ประเทศที่จัดอันดับทั่วโลก เป็นลำดับที่ 20 จาก 24 ประเทศในทวีปเอเชีย และเป็นลำดับที่ 7 จาก 8 ประเทศในอาเซียน ประเทศไทยจึงมีประชากรที่มีทักษะภาษาอังกฤษอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (very low proficiency) [10]

การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสร้างต้นแบบห้องฝึกปฏิบัติการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง ภายใต้ชื่อ “ห้องปฏิบัติการดีจัง” ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการดิจิทัลเชิงโต้ตอบสำหรับการเรียนการสอนแบบบูรณาการกับเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติสำหรับนักเรียน(นักศึกษา) ครู(อาจารย์) และหุ่นยนต์ โดยที่ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ไม่จำกัดเวลา และสถานที่ [11] ผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ให้บริการทางด้านเครือข่ายสังคม (social networking) การประมวลผลแบบแบ่งปันทรัพยากรผ่านเครือข่ายหรือการคำนวณแบบคลาวด์ (cloud computing) มาใช้ในการจัดการเรียนเรียนการสอน โดยมีวัตุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนทั้งในและนอกห้องเรียน ในรูปแบบการเรียนรู้ใหม่ที่ตอบโจทย์สถานการณ์โควิด-19 ในปัจจุบัน ทำให้การเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษสัมฤทธิ์ผลมากขึ้น จะส่งผลให้บัณฑิตมีศักยภาพในการสื่อสารภาษาสากล อันจะส่งผลให้คนไทยมีรายได้เฉลี่ยต่อหัว (Per Capita Income) และผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนาประเทศในอนาคต

## II. ทบทวนวรรณกรรม

### 1. การสอนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร (Communicative Language Teaching: CLT)

การสอนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารเป็นวิธีการในการจัดการเรียนการสอนภาษาจากการโต้ตอบระหว่างกัน โดยเน้นทั้งความหมายในการสื่อสารและเป้าหมายในการเรียนรู้ [12] [13] โดยที่ผู้เรียนสามารถสนทนาเกี่ยวกับประสบการณ์ส่วนตัวกับเพื่อนและผู้สอนในหัวข้อต่าง ๆ ที่อยู่นอกบทเรียนและนอกไวยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะด้านภาษาจากสถานการณ์ต่าง ๆ จากประสบการณ์ส่วนตัว ดังนั้นภาษาจึงทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องมือในการสื่อสารทางด้านความคิดและอารมณ์ [14] ตามกลไกทางธรรมชาติ นอกจากนี้ บิลาช (Bilash’s Second Language Instructional Model) หรือ B-SLIM Model [15] [16] ได้เสนอแนวคิดว่ากิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวภาษาเพื่อการสื่อสารที่น่าสนใจ คือการสอนภาษาที่สอง ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวางแผนและการเตรียม (planning and preparation) 2) ขั้นทำความเข้าใจตัวป้อนหรือข้อความรู้ใหม่ (comprehensible input) 3) ขั้นกิจกรรมเพื่อความเข้าใจและฝึกทักษะ (intake activity) 4) ขั้นผล (output) และ 5) ขั้นประเมินผล (evaluation)

### 2. การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated Instruction)

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated Instruction) เป็นการสอนที่เชื่อมโยงความรู้ความคิด ในภาพรวมหรือทักษะเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้โดยองค์รวม ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย (ดูรูปที่ I) [17] ซึ่งสอดคล้องตามแนวการจัดการศกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 23 ที่เน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมตามความเป็นจริงของสังคม นอกจากนี้การเรียนรูปแบบบูรณาการยังเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง [18] ซึ่งสอดคล้องกับปิรามิดการเรียนรู้ (The Learning Pyramid) ของ Edgar Dale (1946) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการศึกษาระดับนานาชาติและถูกพัฒนามาใช้จนถึงในปัจจุบัน ที่ระบุว่าการเรียนรู้จากการลงมือทำหรือปฏิบัติจริง [19] [20] ซึ่งสอดคล้องกับ การจัดจำแนกของบลูม (Bloom's Taxonomy)ซึ่งจะมีการจำแนกระดับความสามารถในการเรียนรู้จากต่ำสุดไปถึงสูงสุด ซึ่งระบุว่านอกจาก “การสอนผู้อื่น” แล้ว “การเรียนรู้จากการปฏิบัติ” จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้มากกว่าวิธีการอื่น ๆ (ดูรูปที่ I) [21] [22]

### 3. การเรียนรู้แบบปฏิบัติจริง (Practical Learning)

ในปี 1984 David A. Kolb ได้ออกแบบโมเดลการเรียนรู้แบบปฏิบัติจริง (Practical Learning) หรือ ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning Theory: ELT) โดยทฤษฎีที่เชื่อว่ามีปัจจัยสำคัญ 3 ประการในการเรียนรู้ของแต่ละคน คือ 1) พันธุกรรม 2) ประสบการณ์ชีวิต และ 3) ความต้องการตามสภาพแวดล้อม และมี

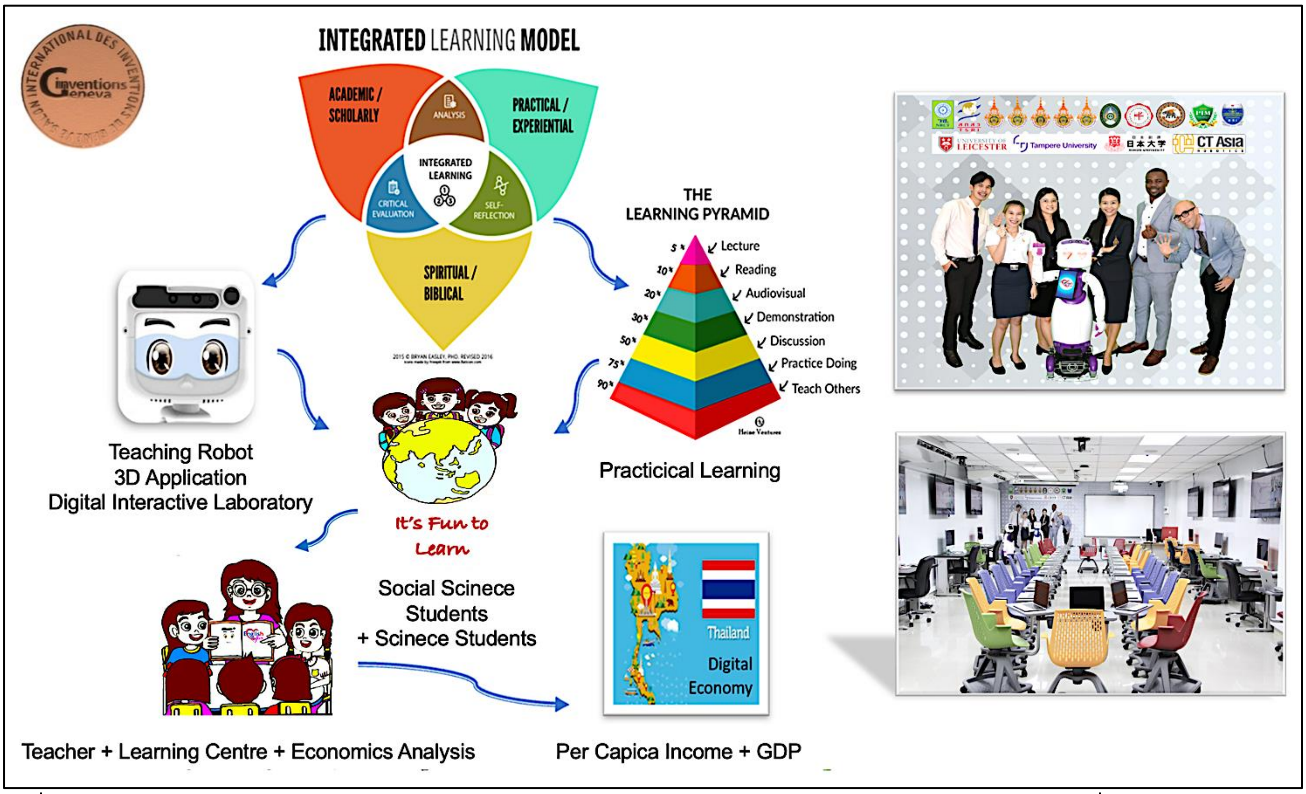
กระบวนการในประมวลผลข้อมูลจากการเรียนรู้แบบปฏิบัติอยู่ 4 ขั้นตอน คือ 1) ประสบการณ์คอนกรีต (concrete experience followed by) 2) การสังเกตการณ์เชิงสะท้อน (observation and experience followed by) 3) บทคัดย่อแนวความคิด (forming abstract concepts followed by) และ 4) ทดลองใช้งาน (testing in new situations) เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนทั้ง 4 นี้ กระบวนการการเรียนรู้แบบปฏิบัติจริงก็จะเริ่มต้นใหม่ เพื่อดำเนินการสร้างความรู้และข้อมูลต่อไป [23] [24] [25] ดังนั้น การเรียนรู้แบบปฏิบัติจริงจึงเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องสร้างสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติเป็นฐาน เพื่อสร้างให้ผู้เรียนเกิดความเชี่ยวชาญในเนื้อหาความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ โดยสามารถนำเทคโนโลยีและสารสนเทศประยุกต์ใช้ในกระบวนการเรียนรู้แบบฝึกปฏิบัติเป็นฐาน [25] [26]

**4. การเรียนรู้ในยุคดิจิทัล**

อติพร เกิดเรือง อธิบายว่าในอดีตการเรียนรู้จะเกิดจากครู(อาจารย์) ถ่ายทอดความรู้ของตนเองออกมา โดยนักเรียน(นักศึกษา)จะเป็นผู้รับความรู้เหล่านั้นและจดลงสมุด ตลอดจนค้นคว้าหาข้อมูลจากหนังสือเพื่อจัดทำรายงานและเตรียมตัวสอบ แต่การศึกษายุคดิจิทัลนี้ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเรียน การทำงาน และการดำเนินชีวิต อันนำไปสู่การจัดการศึกษาที่มีคุณภาพ [27] เพื่อสร้างทักษะที่สำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st-Century Skill) [5] ดังนี้

1. การเรียนจะเป็นศึกษาตลอดชีวิต สร้างให้ผู้เรียนพร้อมรับสิ่งใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดทักษะและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้

2. การเรียนต้องสามารถนำวางแผนพัฒนาวิจัยและนำไปใช้ได้จริง




รูปที่ I. กรอบแนวคิดและห้องปฏิบัติการดีจัง (Djung Laboratory)

3. มีการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อสร้างแนวทางการศึกษารูปแบบใหม่ ที่ไม่ใช่การเรียนที่บ้านหรือโรงเรียนเท่านั้น

4. การจัดสิ่งแวดล้อมทางการศึกษาเป็นแบบสมัยใหม่ มีการจัดแหล่งความรู้ด้วยข้อมูลจำนวนมากเพื่อการค้นคว้าด้วยตนเอง มีระบบอินเทอร์เน็ตสามารถเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ และการนำเทคโนโลยีมาจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน

5. การพัฒนาของสถานศึกษาต้องเน้นให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน แบ่งปันมุมมอง ความรู้ คุณค่า และประสบการณ์ เพื่อให้สามารถปรับตัวและพัฒนาให้เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบันและอนาคต

6. ครู(อาจารย์)เป็นผู้ช่วยคอยชี้แนะเป็นผู้นำทางและสนับสนุนให้แก่นักเรียน(นักศึกษา) เพื่อให้เกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ ครู(อาจารย์)และนักเรียน(นักศึกษา)เรียนรู้ร่วมกัน ครู(อาจารย์)มีหน้าที่กระตุ้นให้กำลังใจและให้คำแนะนำในการสอน

7. ระบบการศึกษาต้องเชื่อมต่อเข้าระบบสารสนเทศอย่างเต็มรูปแบบ เพื่อเร่งการเรียนรู้ผ่านข้อมูลและเทคโนโลยีในทุกสาขา

8. สถานศึกษาต้องพัฒนาระบบเทคโนโลยีเชื่อมโยงระบบคอมพิวเตอร์ในสถานศึกษา

9. หลักสูตรการเรียนการสอนสามารถจัดเนื้อหาความรู้ทักษะชีวิต ศิลปะ และความคิดสร้างสรรค์ ผ่านระบบเครือข่ายและส่งต่อไปยังฐานข้อมูลที่อยู่ภายนอกห้องเรียนได้

10. การวัดผลและประเมินผลควรให้ครู(อาจารย์)และนักเรียน(นักศึกษา)ร่วมกันกำหนดแนวทางในการประเมิน โดยเน้นการประเมินเพื่อพัฒนามากกว่าการประเมินเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ [27]

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถเขียนกรอบแนวคิดของการวิจัย เรื่อง “ห้องฝึกปฏิบัติการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง” ได้ดังรูปที่ I

## III. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นวิจัยประเภทการวิจัยและพัฒนา (research and development, R&D) ที่หวังผลให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษา โดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมในการพัฒนาความเป็นต้นแบบ เพื่อขยายผลในการสร้างห้องปฏิบัติการในชุดโครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาศักยภาพด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลผ่านการเรียนการสอนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง” (ซึ่งมีทั้งหมด 7โครงการวิจัย) สำหรับโครงการวิจัยย่อย “ห้องฝึกปฏิบัติการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง” นี้มีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

โครงการวิจัยนี้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative research) โดยการวิจัยเอกสาร (documentary research) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth Interview) จากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key informants) โดยใช้วิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จาก 1) ผู้มีความเชี่ยวชาญ จาก The University of Leicester, The University of Tampere, Nihon University และมหาวิทยาลัยไทย จำนวน 4 คน 2) อาจารย์ผู้มีความเชี่ยวชาญในการสอนวิชาภาษาอังกฤษหรือใช้ภาษาอังกฤษในการสอน จำนวน 3 คน และ 3) นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จำนวน 3 คน รวมทั้งสิน 10 คน เพื่อนำข้อมูลไปใช้สำหรับ

1. จัดทำข้อกำหนดและ ข้อเสนอกระบวนการพัฒนาห้องปฏิบัติการไปสู่ห้องปฏิบัติการต้นแบบ

2. สำรวจและประเมินสถานภาพ ด้านความประสิทธิภาพและปลอดภัยผ่านรายการสำรวจห้องปฏิบัติการ (ESPReL Checklist) [28] ด้วยตนเองและผู้เชี่ยวชาญ

3. วิเคราะห์ศักยภาพของห้องปฏิบัติการจากผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมา 1) ออกแบบห้องปฏิบัติการ 2) ออกแบบระบบและโปรแกรม เพื่อให้สามารถใช้งานควบคู่กับ “หุ่นยนต์ปัญญาประดิษฐ์” ที่ทำการวิจัยร่วมในชุดโครงการวิจัยเดียวกัน 3) การออกแบบประเมิน [28] 4) ทดสอบและปรับปรุง และ 5) ถ่ายทอดองค์ความรู้

## IV. ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยจากเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิจัยเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญจำนวน 10 คน มีดังนี้

จากการวิจัยเอกสาร พบว่า เดิมจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการ คือ การเสริมทฤษฎีความรู้ที่ได้รับจากการบรรยายเป็นหลัก โดยมีผู้ที่มีส่วนร่วม คือ มหาวิทยาลัย อาจารย์ หรือหัวหน้าห้องปฏิบัติการ และนักศึกษา [29] แต่การเรียนที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบันและในอนาคตไม่ใช่การบรรยายหรือการนำความรู้มาป้อนให้กับผู้เรียนโดยตรงเช่นในอดีตอีกต่อไป แต่ต้องเป็น “การเรียนรู้จากประสบการณ์จริง” (Experiential Learning) [30] ซึ่งต้องมีกรอบความคิด (Conceptual Framework) ของการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory Learning) เป็นการเรียนรู้ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ในสามมิติ คือ 1) การคิด 2) แรงจูงใจ และ 3) บริบททางสังคม [31] ห้องปฏิบัติการแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริงจึงนับได้ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะทำให้การจัดการเรียนการสอนนี้สัมฤทธิ์ผลจากการเชื่อมโยงทั้ง 3 มิติ ผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ให้บริการทางด้านเครือข่ายสังคม การประมวลผลแบบแบ่งปันทรัพยากรผ่านเครือข่ายหรือการคำนวณแบบคลาวด์

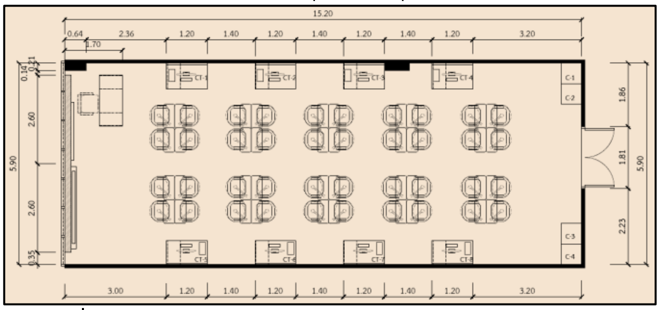
ในปัจจุบันการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการควรจะสามารถแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริงได้อย่างหลากหลาย เช่น การเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning: BL) หมายถึง การผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ในชั้นเรียนกับการเรียนรู้จากเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น อาจารย์สอนโดยจัดกิจกรรมในชั้นเรียนแบบปกติ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้การศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองนอกชั้นเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ [32] [33] แนวทางการศึกษาที่ผสมผสานสื่อการศึกษาออนไลน์นี้ยังรวมถึงการโต้ตอบออนไลน์ ที่จะเพิ่มการมีส่วนร่วม (engagement) ของผู้เรียน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่จะก่อให้เกิดการปรากฏตัวทางกายภาพของทั้งครูและนักเรียน ทั้งในห้องเรียนปกติและในห้องเรียนออนไลน์

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของห้องปฏิบัติการจากผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่าง

1. การออกแบบห้องปฏิบัติการ ณ ห้อง L307 อาคารพร้อมมงคล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ดูรูปที่ II) ซึ่งห้องปฏิบัติการดีจังนี้มีลักษณะพิเศษทางเทคนิค คือ

1.1 เก้าอี้ สามารถตอบโจทย์การใช้งานได้ทุกสถานที่ มีความยืดหยุ่นให้กับการจัดประชุม สัมมนา การอบรม การทำงานกลุ่มต่างๆ หรือการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนมีอิสระในการใช้งาน

1.2 ผนังห้องเรียน มีการออกแบบให้ผนังของห้องเรียนสามารถเขียน และลบได้ ด้วยปากกาชอล์กน้ำไร้ฝุ่น ไร้กลิ่น ไร้สารพิษ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เหมาะสำหรับให้ผู้เรียนสามารถเขียนแสดงความคิดเห็น หรือการทำงานเป็นกลุ่มแต่ละกลุ่มได้อย่างอิสระ



รูปที่ II. การออกแบบห้องปฏิบัติการดีจัง (Djung Laboratory)
หมายเหตุ : เลขที่คำขอจดทะเบียนสิทธิบัตร 2201000190

2. การออกแบบระบบและโปรแกรมมีลักษณะ ดังนี้

2.1 ระบบการสื่อสารภายในห้องเรียน ผู้สอน และผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายได้ทั้งระบบ ซึ่งมีระบบต่างๆ ดังนี้

- ระบบการสื่อสารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้สอน และผู้เรียน มีอุปกรณ์เครือข่ายตามมาตรฐาน WiFi 6
- ระบบเสียง ผู้สอนมีไมค์โครโฟนแบบไร้สาย ชนิดหนีบติดกับตัวผู้สอน เพื่อให้มีความคล่องแคล่วในการสอน ซึ่งสามารถเดินไปได้ทั่วบริเวณภายในห้องเรียน ในส่วนของผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีไมค์โครโฟนแบบไร้สาย
- ระบบภาพ ผู้สอนสามารถส่งภาพหน้าจอของผู้สอนไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ เช่น โปเจคเตอร์ เครื่องรับโทรทัศน์ได้ทุกเครื่องภายในห้อง

และสามารถดึงภาพหน้าจอของผู้เรียนแต่ละคนมาแสดงได้ ส่วนผู้เรียนสามารถส่งภาพหน้าจอของผู้เรียนไปยังเครื่องรับโทรทัศน์

- ระบบการเรียนออนไลน์ ผู้สอนและผู้เรียนสามารถทำการเรียนการสอนแบบออนไลน์ได้ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Teams, Google Meet หรือ ZOOM

2.2 ระบบกล้องบันทึกภาพภายในห้องเรียนมีกล้องบันทึกภาพ ชนิดหมุนติดตามตัวผู้สอนได้ และมีกล้องบันทึกสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในห้องเรียน เพื่อให้เห็นบรรยากาศ ณ ปัจจุบัน (Real Time)

2.3 กระดานออกแบบให้ประหยัดเวลาและทรัพยากร ผู้สอนสามารถใช้กระดานที่มีลักษณะเป็น Interactive White Board ร่วมกับผู้เรียน โดยมีปากกาอัจริยะที่ช่วยในการเขียน วาดรูปทรงต่าง ๆ และสามารถย่อ/ขยาย/หมุน ภาพหรือมัลติมีเดียได้ด้วยปลายนิ้ว อีกทั้งยังสามารถแปลงลายมือที่เขียนเป็นตัวพิมพ์

2.4 ระบบจัดเก็บข้อมูลการเรียนการสอน นักศึกษาสามารถเปิดดูวีดิทัศน์ย้อนหลังผ่านเครือข่ายส่วนตัวเสมือน (Virtual Private Network: VPN) ของทางมหาวิทยาลัย

2.5 การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการผ่านระบบดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และหุ่นยนต์ (ดูรูปที่ III)


รูปที่ III. การออกแบบหุ่นยนต์อาจารย์ (Ajarn Robot)

หมายเหตุ : เลขที่คำขอจดทะเบียนอนุสิทธิบัตร 2203000081

3. การออกแบบประเมินยังคงใช้แบบฟอร์ม ESPReL Checklist [28] (ดูรูปที่ IV) ซึ่งพบว่าผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

**ESPReL Checklist**

**4. ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ**

เป็นการประเมินถึงความสมบูรณ์เหมาะสมของโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ อุปกรณ์และเครื่องมือภายในห้องปฏิบัติการ ที่จะเอื้อต่อความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ และเป็นปัจจัยที่จัดให้สมบูรณ์เต็มที่ได้ยาก เนื่องจากอาจเป็นโครงสร้างเดิม หรือการออกแบบที่ไม่ได้คำนึงถึงการใช้งานในลักษณะห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะ ข้อมูลที่ให้สำรวจในรายการสำรวจประกอบด้วยข้อมูลเชิงสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม ดูพื้นที่การใช้งานจริง วัสดุที่ใช้ ระบบสัญจร ระบบไฟฟ้า ระบบระบายอากาศ ระบบสาธารณูปโภค และระบบฉุกเฉิน

**4.1 งานสถาปัตยกรรม**

| หัวข้อ | ใช่ | ไม่ใช่ | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่ทราบ/ไม่มีข้อมูล | คำอธิบายประกอบฯ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. สภาพภายในและภายนอกที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย | ✓ | | | | ข้อ 4.1.1 |
| 2. แยกส่วนที่เป็นพื้นที่ห้องปฏิบัติการ (laboratory space) ออกจากพื้นที่อื่นๆ (non-laboratory space) ✓ | ✓ | | | | ข้อ 4.1.2 |
| 3. ขนาดพื้นที่และความสูงของห้องปฏิบัติการและพื้นที่เกี่ยวเนื่อง มีความเหมาะสมและเพียงพอกับการใช้งาน จำนวนผู้ปฏิบัติการ ชนิดและปริมาณเครื่องมือและอุปกรณ์ * ✓ | ✓ | | | | ข้อ 4.1.3 |
| 4. วัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิวของพื้น ผนัง เพดาน อยู่ในสภาพที่ดี มีความเหมาะสมต่อการใช้งานและได้รับการดูแลและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ * ✓ | ✓ | | | | ข้อ 4.1.4 |

รูปที่ IV. แบบฟอร์ม ESPReL Checklist

แหล่งที่มา : โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, 2558 [28]

4. การทดสอบและปรับปรุง

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าผู้ให้ข้อมูลหลัก 10 คน เชื่อว่าห้องปฏิบัติการดีจังสามารถให้ความยืดหยุ่นในการจัดการชั้นเรียนในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ควบคู่ความสนุก โดยนักศึกษา 3 คนได้ให้สัมภาษณ์ว่า

*"ผมชอบห้องเรียนที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยแบบนี้ โดยให้ความรู้ควบคู่ความสนุกครับ"*

*"ห้องแลบนี้มีผนังที่สามารถเขียนและลบได้เป็นเหมือนกระดานไวท์บอร์ด ทำให้ทุกมุมในห้องสามามารถเขียนจดบันทึกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ได้ทุกที่ ร่วมถึงมีคอมพิวเตอร์ที่จะช่วยหาข้อมูลต่าง ๆ บนโลกออนไลน์ได้มากยิ่งขึ้นครับ"*

*"ห้องแลป Djung มีความทันสมัยและยังสามารถทำงานเป็นทีมได้สะดวกเพราะมีอุปกรณ์ครบสำหรับแต่ละคน นักศึกษาบางคนที่บ้านไม่มีอุปกรณ์ ถ้าได้เรียนในห้องแลป Djung หมดห่วงเลยค่ะ"*

ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของอาจารย์ที่อยากให้สถานศึกษาทุกแห่งมีห้องปฏิบัติการที่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง โดยอาจารย์ 3 ท่านได้ให้ความคิดเห็นว่า

*"การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันควรมุ่งเน้นไปที่ Play and Plug คือ ให้ใช้ความสนุกนำหน้าความรู้"*

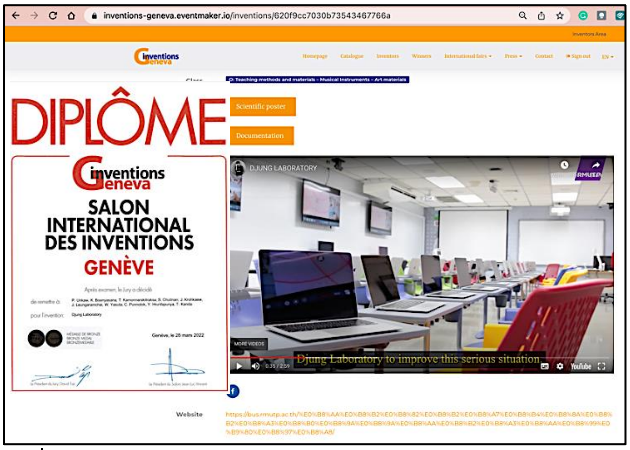
*"นวัตกรรมนี้มีน่าจะสามารถช่วยนักเรียนพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษจากการปฏิบัติจริงทั้งในและนอกห้องเรียน"*

*"ห้องปฏิบัติการดีจังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการจัดการเรียนการสอนในทุกสาขาวิชา ไม่ใช่เฉพาะแต่วิชาภาษาอังกฤษเท่านั้น ขอให้พัฒนาต่อไป เพราะจะเป็นประโยชน์ต่อระบบการศึกษาในภาพรวม"*

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำสำหรับการพัฒนางานวิจัยในอนาคตไว้ดังนี้

*"นวัตกรรมนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงสถานการณ์โควิด-19 แต่ส่วนประกอบของเทคโนโลยีและอุปกรณ์บางอย่างนำเข้ามาจากต่างประเทศ ในอนาคตควรจะพยายามสร้างสิ่งเหล่านี้ขึ้นมาเองในการวิจัยเฟสต่อไป"*

5. การถ่ายทอดองค์ความรู้ผลงาน "ห้องปฏิบัติการดีจัง" ถูกนำไปแสดงและได้รับรางวัล "เหรียญทองแดง" จากงาน "SPECIAL EDITION 2022 - INVENTION GENEVA EVALUATION DAYS" ณ สมาพันธรัฐสวิส เมื่อวันที่ 16 - 20 มีนาคม 2565 (https://inventions-geneva.event maker.io/inventions/620f9cc7030b735 43467766a) (ดูรูปที่ V) และได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวในการประชุมออนไลน์ "สอนออนไลน์อย่างไร...ให้เด็กไม่เบื่อ?" ในวันที่ 2 พฤษภาคม 2564 ซึ่งมีจำนวนการรับชมจนถึงปัจจุบันกว่า 1,600 ครั้ง (https://web.facebook.com/102724691969271/videos/3902764206460 018)




รูปที่ V. การถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่าน Geneva Inventions 2022 และ Youtube

## V. สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผลการวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนทั้งในช่วงสถานการณ์โควิด-19 ณ ปัจจุบัน "ห้องปฏิบัติการดีจัง" จึงถูกออกสำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการผ่านระบบดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง ระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และหุ่นยนต์ ที่สามารถทำให้ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ไม่จำกัดเวลา และสถานที่ สอดคล้องกับการทบทวนวรรณกรรม [15] [17] [23] [27] ผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ให้บริการโซเชียลเน็ตเวิร์ก การประมวลผลข้อมูล และการแบ่งปันทรัพยากรผ่านเครือข่ายหรือคลาวด์คอมพิวติ้ง ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์กับการเรียนการสอนทั้งในและนอกห้องเรียน โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ซึ่ งสอดคล้องกับผลการวิจัยเอกสาร [30] [31] [32] และจากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าต้นแบบห้องปฏิบัติการดีจังสามารถช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ควบคู่ความสนุกในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ โดยมีการศึกษา ทดลอง เน้นการปฏิบัติ สรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับ รวมไปถึงการประเมินผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งถือว่าเป็นทักษะที่สำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่จะพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์ให้เกิดแก่ผู้เรียนและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ในการจัดการเรียนการสอน จึงทำให้ได้รับรางวัลจากการประกวดสิ่งประดิษฐ์ในระดับนานาชาติ

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปี 2564-2565 (สกสว.) ขอขอบคุณ Prof. Dr. Milla Kinnunen, Dr. Francisco Martinez Mora, Mr. Robin Neill นายเฉลิมพล ปุณโณทก นายยืนยง เหินฟ้าปัญญา รศ.สุภัทรา โกไศยกานน ที่ปรึกษา นายวรวุฒิ ยะสุดา และนายเอกลักษณ์ จริยสันติธรรม ผู้ช่วยนักวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และเครือข่ายทางด้านการวิจัย The university of Leicester, The University of Tampere, Nihon University และบริษัท ซีที เอเซีย โรโบติกส์ จำกัด

## เอกสารอ้างอิง

[1] นงลักษณ์ อัจนปัญญา, "ยูเนสโกเผยรายงานตอกย้ำความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา," กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา, สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2565, จาก https://www.eef.or.th/news-report-examines-teaching-070322/

[2] VOAnews, "Report Examines Teaching, Learning During COVID in 11 Countries," I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," Retrived Febuary 28, 2022, from https://www.howandwhentoreference.com/APAcitation

[3] UNESCO, "COVID-19: A Global Crisis for Teaching and Learning," Retrived May 5, 2021, from https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373233

[4] ภาวรรณ ธนาเลิศสมบูรณ์, "อะไรทำให้เด็กไทยกลายเป็น NEETs? : แก้ปัญหาคนนอกตลาดแรงงานและการศึกษา กับ รัตติยา ภูละออ," กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา, สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2564, จากhttps://www.eef.or.th/ruttiya-neets-interview/

[4] สำนักบริการงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สพฐ., "แนวทางจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21," สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2016/09/20160908101755_51855.pdf

[6] พิริยะ ลพิรุพห์ และ ปังปอนด์ รักอำนวยกิจ, "ทุนมนุษย์กับผลิตภาพแรงงานในภาคอุตสาหกรรมไทย," สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2558.

[7] Statista, "The Most Spoken Languages Worldwide in 2021," Retrieved May 3, 2022, from https://www.statista.com/statistics/266808/the-most-spoken-languages-worldwide/

[8] Funders and Founders, "World's Top Language," Retrieved April 1, 2021, from https://notes.fundersandfounders.com/post/50347902559/worlds-top-languages-on-the-internet

[9] ECC Language Institute, "Top 10 Most Spoken Languages in the World," Retrieved January 26, 2021, from https://www.ecc.ac.th/m/knowledge_detail.php?id=456

[10] EF EPI, "EF English Proficiency Index," Retrieved April 12, 2021, from https://www.ef.co.th/epi/regions/asia/thailand

[11] Ezekoka and K. Gertrude, "Maximizing the Effects of Collaborative Learning through ICT," Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 176, pp.1005-1011, 2015.

[12] D. Nunan, "Communicative Tasks and the Language Curriculum," TESOL Quarterly, Vol. 25, no. 2, pp. 279-295, 1991.

[13] K. Brandl, "Communicative Language Teaching in Action: Putting Principles to Work," Upper Saddle River, NJ: Phil Miller, pp. 284–297, 2007.

[14] M. Whong, "Language Teaching: Linguistic Theory in Practice," Edinburgh University Press, Edinburgh, 2011.

[15] O. Bilash, "The Challenges and successes of Developing a Literacy Community in a Minority Language in Western Canada: An Action Research Study," Foreign Language Annuals, Vol 35, no. 3, pp. 307-319, 2002.

[16] O. Bilash, "Proving It: What Has Been Learned," Retrieve January 5, 2019, from https://sites.educ.ualberta.ca/staff/olenka.bilash/Best%20of%20Bilash/provingit.html

[17] B. Easley, “Integrated Learning Model 2017,” Retrieved January 17, 2022, https://www.linkedin.com/in/bryaneasley/overlay/experience/556459123/multiple-media-viewer/?treasuryMediaId=1493045970381

[18] สำนักความสัมพันธ์ต่างประเทศ กระทรวงศึกษาธิการ, “พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม,” สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2564, จาก https://www.bic.moe.go.th/images/stories/5Porobor._2542pdf.pdf

[19] A. Kovalchick and K. Dawson, “Education and Technology: An Encyclopedia,” ABC-CLIO, p. 161, 2004. ISBN 1576073513.

[20] W. K. Lawrence, “Learning and Personality: The Experience of Introverted Reflective Learners in a World of Extroverts,” Cambridge Scholars Publishing, 2015. ISBN 9781443878074.

[21] B. S. Bloom, M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill and D. R. Krathwohl, “Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Vol. Handbook I: Cognitive Domain,” David McKay Company, New York, 1956.

[22] B. J. Jansen, D. Booth and B. Smith, “Using the Taxonomy of Cognitive Learning to Model Online Searching,” Information Processing & Management, Vol. 45, no. 6, pp. 643-663, 2009.

[23] Lu, H.; Gong, S. and Clarke, B. (2007). The Relationship of Kolb Learning Styles, Online Learning Behaviors and Learning Outcomes". Journal of Educational Technology and Society, vol. 10, no. 4, pp. 187-196, 2007.

[24] Smith, M. K. (2010). David A. Kolb on experiential learning, the encyclopedia of informal education. Retrieve October 3, 2019, from https://infed.org/david-a-kolb-on-experiential-learning/

[25] ธีระวัฒน์ เหมือนศรีชัย, ขวัญฤทัย บุญยะเสนา, ศิริภรณ์ ศิลปวานิช, สุภัทรา โกไศยกานนท์, อัมพร อนุพันธ์ และ Milla Kinnunen. “การพัฒนาชุดกิจกรรมภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารแบบบูรณาการผ่านการฝึกปฏิบัติจริงของนักศึกษาโปรแกรมภาษาไทย: กรณีศึกษา คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยในกลุ่มรัตนโกสินทร์,” การประชุมวิชาการ Thailand Research Expo: Symposium 2020, สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพ, ประเทศไทย, น. 282-294, 2563.

[26] ทิพย์ ขำอยู่, สุกฤษฎิ์ วงแวงน้อย และสมยศ เผือดจันทึก, “การจัดการเรียนรู้แบบฝึกปฏิบัติเป็นฐาน,” แสงอีสาน. มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย วิทยาเขตอีสาน, ป. 15, ฉ. 2, น. 215–226, 2561.

[27] อดิพร เกิดเรือง, “การส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อรองรับสังคมไทยในยุคดิจิทัล,” วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ป. 6, ฉ. 1, น. 173-184, 2660.

[28] โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, “คู่มือการประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 2,” กองมาตรฐานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2558.

[29] T. Budai and M. Kuczmann, “Towards a Modern, Integrated Virtual Laboratory System,” Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 15, No. 3, pp. 119-204, 2018.

[30] H. Tavangar, “The Out of Eden Walk: An Experiential Learning,” Journey from the Virtual to the Real, Edutopia, January 3, 2014.

[31] D. A. Kolb and R. Fry, “Toward an applied theory of experiential learning," In C. Cooper (Ed.), Studies of Group Process, Wiley, New York, pp. 33–57, 1975.

[32] C. Lawless, “What is Blended Learning?,” Digital Marketing Manager at LearnUpon, January, 2019, Retrieved from: https://www.learnupon.com/blog/what-is-blended-learning/

[33] K. Boonyasana, “Learning Diary Student Outcomes Assessment: Experimental Research in Education,” Journal of Critical Reviews, Vol. 7, no. 17, pp. 1867-1873, 2020.

# ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร
# Intelligent Hydroponic Planting Control System for Farmers

1st นายพรคิด อั้นขาว
Mr.Pornkid Unkaw
*มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*
*คณะบริหารธุรกิจ*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
pornkid.u@rmutp.ac.th

*บทคัดย่อ* **การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร ซึ่งเป็นการปลูกผักสลัดในกลุ่มที่มีความต้องการค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระบบเดียวกัน บนโต๊ะปลูกผักแบบ Dynamic Root Floating Technique System (DRFT) โดยใช้อุปกรณ์ Internet of Things (IoT) มาเป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดระบบการเติมน้ำ การเปิด-ปิดสารละลายธาตุอาหาร A และ B รวมทั้งระบบพ่นละอองน้ำเพื่อลดอุณหภูมิที่โต๊ะปลูกผัก ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถทำหน้าที่ทดแทนแรงงานของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผักสลัดที่ปลูกมีคุณภาพเท่าเทียมกับที่ใช้เกษตรกรปลูก ดังนั้นระบบการปลูกผักสลัดที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำหน้าที่แทนเกษตรกรได้ มีความง่ายในการใช้ระบบควบคุม**

*คำสำคัญ* **ไฮโดรโพนิกส์, อินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่ง**

**The purpose of this research study was to research a smart hydroponic vegetable growing control system for farmers. Which is growing lettuce in the group that needs acid-base (pH) and electrical conductivity (EC) in the same system at the vegetable growing table of the Dynamic Root Floating Technique System (DRFT). Using Internet of Things (IoT) devices as sensor devices for controlling the on-off of the water filling system, the on-off of nutrient solutions A and B, as well as a water spray system to reduce the temperature at the vegetable growing table. The developed hydroponic vegetable growing control system can effectively replace farmers' labor. Salad vegetables grown are of the same quality as those grown by farmers. Therefore, the developed lettuce growing system can serve as a substitute for farmers. It is easy to use the control system.**

***Keywords*** **Hydroponics, Internet of Things (IoT)**

## I. บทนำ

การปลูกผักสลัดแบบระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยใช้วิธี Dynamic Root Floating Technique System (DRFT) ซึ่งอาศัยน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารให้ไหลหมุนเวียนภายในราง หรือท่อพีวีซี ได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้นและมีการปลูกผักสลัดอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถควบคุมสารละลายธาตุอาหารได้ง่าย แต่วิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องมีการตรวจสอบในการวัดค่า pH และ EC และต้องควบคุมการเติมสารละลายธาตุอาหาร A และ B ให้เหมาะสมกับการปลูกผักสลัดในแต่ละชนิดซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด เนื่องจากผักแต่ละชนิดมีความต้องการสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ผักสลัดที่ปลูกในกลุ่มเดียวกันจึงต้องมีการควบคุมปริมาณสารละลายธาตุอาหาร โดยการวัดค่า pH ระหว่าง 5.5 - 6.5 และ EC ระหว่าง 1.8 - 2.2 mS/cm [1] โดยปกติเกษตรกรจะต้องนำเครื่องมือมาตรวจวัดค่า pH และ EC ตลอดทุกวันจนถึงวันที่สามารถเก็บเกี่ยวด้วยตนเอง จึงทำให้สิ้นเปลืองเวลา และอาจจะมีความผิดพลาด หรือไม่ต่อเนื่องในการวัดสารละลาย จึงอาจจะก่อให้เกิดความผิดพลาดในการปลูกผักสลัด ทำให้ผักสลัดได้รับความเสียหายได้ การปลูกจะใช้ค่า

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้กับระบบปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ โดยพัฒนาเป็นเทคโนโลยี IoT ทำงานร่วมกับอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ มีการออกแบบระบบการวัดค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้กับการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งมีราคาถูก สามารถวัดการละลายของธาตุอาหารในน้ำหรือความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำแบบเวลาจริงโดยใช้หลักการวัดค่า pH และ EC และส่งข้อมูลไปแสดงบนระบบคลาวด์ และเว็บเพจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แต่ระบบไม่สามารถทำการควบคุมการเติมสารละลายธาตุอาหาร และน้ำได้

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ ด้วยเทคโนโลยี IoT โดยใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ ทำหน้าที่ในการตรวจวัดค่า pH และ EC ซึ่งสามารถควบคุมระบบได้ทั้งแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผักสลัดที่มีคุณภาพ ปลอดสารพิษตกค้างตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับระบบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำและเติมน้ำ อุปกรณ์ควบคุมสารละลายธาตุอาหาร อุปกรณ์ pH และ EC Module เกษตรกรสามารถควบคุมผ่านระบบคลาวด์ได้ เกษตรกรสามารถลดการใช้แรงงานได้ ทำให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ทำให้เกษตรกรมีการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ พัฒนาเป็น Smart Farmer ได้

## II. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชุดคำสั่งการควบคุมบอร์ดอาดุยโน่ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
2. เพื่อพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโพนิกส์แบบอัตโนมัติผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร ได้มีการออกแบบให้มีการทำงานแบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ โดยระบบสามารถควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ การเปิด-ปิดสารละลายธาตุอาหาร A และ B และการพ่นละอองน้ำเพื่อลดอุณภูมิที่โต๊ะปลูกผัก ผ่าน

โทรศัพท์มือถือ อีกทั้งสามารถเก็บข้อมูลไว้ในระบบคลาวด์ ThingSpeak [2] ซึ่งเป็นระบบคลาวด์ สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์ IoT (Internet of Things) และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk สามารถดูกราฟผ่านโทรศัพท์มือถือ เช่น ค่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมบริเวณโต๊ะปลูกผัก ค่าอุณหภูมิของน้ำสารละลายธาตุอาหาร ค่า pH และค่า EC ได้ โดยการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) หรือโทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone)

โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบควบคุม

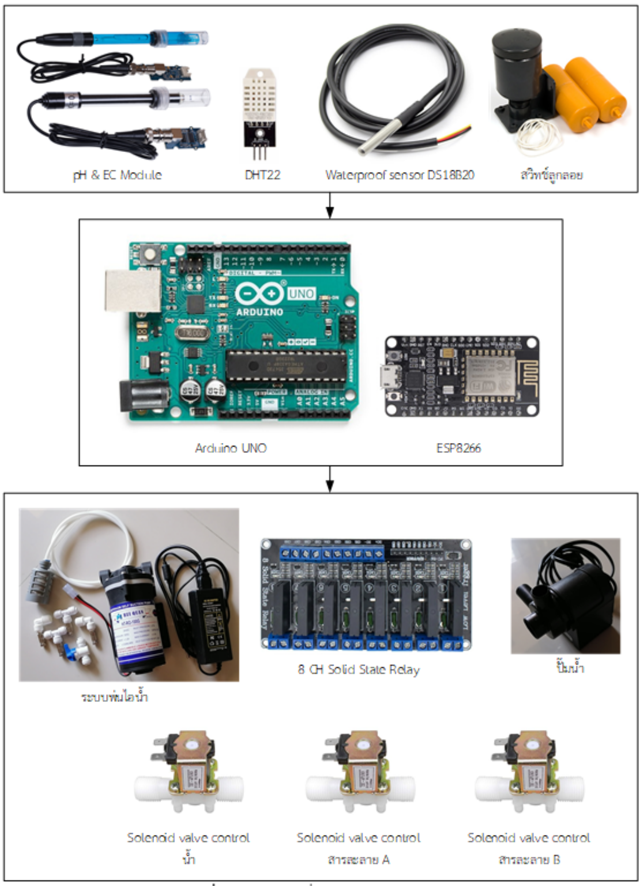
ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร มีโครงสร้างและองค์ประกอบของการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ กับบอร์ดอาดุยโน่ (Arduino) และบอร์ด ESP8266 แสดงดังรูปที่ I ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. บอร์ดอาดุยโน่ (Arduino) รุ่น Arduino UNO R3 [3] โดยพัฒนาโปรแกรมด้วยโปรแกรม Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ดและทำงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมควบคุมการทำงานที่พัฒนาขึ้นสำหรับนำไปใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ การเปิด-ปิดสารละลายธาตุอาหาร A และ B และการพ่นละอองน้ำเพื่อลดอุณภูมิที่โต๊ะปลูกผัก อีกทั้งสามารถเก็บข้อมูลไว้ใน ThingSpeak และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk เช่น ค่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมบริเวณโต๊ะปลูกผัก ค่าอุณหภูมิของน้ำสารละลายธาตุอาหาร ค่า pH และค่า EC โดยการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ หรือโทรศัพท์มือถือ

2. ESP8266 เป็นโมดูล WiFi [4] ทำงานร่วมกับบอร์ดอาดุยโน่ โดยพัฒนาโปรแกรมด้วยโปรแกรม Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ดและทำงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมควบคุมการทำงานที่พัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถต่อเข้ากับระบบ Internet ได้

3. อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็น กรด-ด่าง (pH) เป็นการตรวจวัดค่า pH ในน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหาร [5] ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ โดยจะทำการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ไปยังอุปกรณ์อาดุยโน่ และส่งข้อมูลไปที่ระบบคลาวด์ ThingSpeak เพื่อทำการบันทึกค่าข้อมูลลงในฐานข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

4. อุปกรณ์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) Electric Conductivity เป็นการตรวจวัดค่าระหว่างแท่งโลหะ 2 แท่ง ที่จุ่มอยู่ในน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารเป็นการตรวจวัดค่า EC ในน้ำซึ่งเป็นปัจจัยหลักของผักไฮโดรโปนิกส์ โดยจะทำการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ไปยังอุปกรณ์อาดุยโน่และส่งข้อมูลไปที่ระบบคลาวด์ ThingSpeak เพื่อทำการบันทึกค่าข้อมูลลงในฐานข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk




รูปที่ I ผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบ

5. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (DHT22) เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ใช้วัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียล หรือองศาฟาเรนไฮ และสามารถวัดความชื้นได้ เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณภูมิสูงกว่า 30 องศา บอร์ดอาดุยโน่จะสั่งให้มีการพ่นละอองน้ำเพื่อลดความร้อน

6. อุปกรณ์ Waterproof Sensor DS18D20 เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียล หรือองศาฟาเรนไฮ

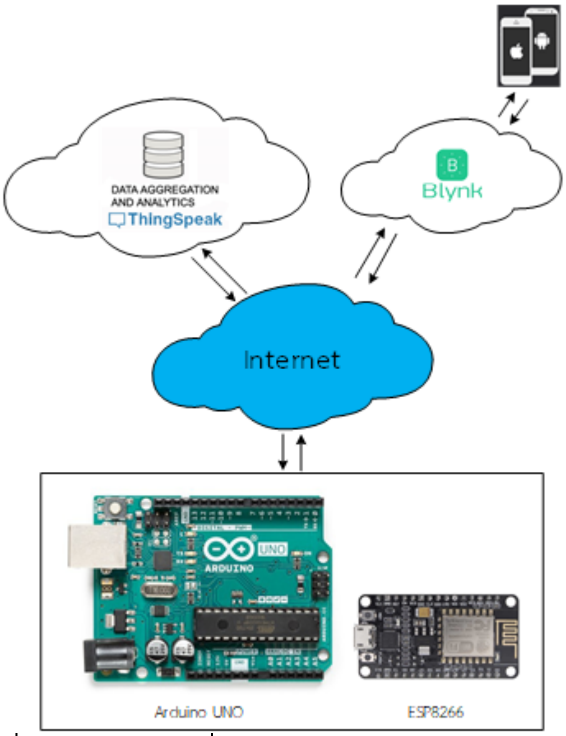
7. สวิทช์ลูกลอย จะทำหน้าที่เซนเซอร์ระดับของน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหาร เมื่อระดับน้ำสารละลายธาตุอาหารลดลง จะส่งข้อมูลให้กับบอร์ดอาดุยโน่ เพื่อสั่งให้ Solenoid Valve ของสารละลายธาตุอาหาร A และ B ทำงาน

8. เว็บไซต์ ThingSpeak [6] เป็นบริการ Cloud ที่อนุญาตให้สามารถส่งข้อมูลต่าง ๆ จากบอร์ดอาดุยโน่ และบอร์ด ESP8266 เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลบนพื้นที่ที่ให้บริการ และสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้จากเว็บบราวเซอร์ทั่วๆ ไป ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยสามารถแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์หรือโทรศัพท์มือถือ

9. แอปพลิเคชัน Blynk [7] เป็นแอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือ เป็นบริการ Cloud ที่อนุญาตให้สามารถส่งข้อมูลต่างๆ จากบอร์ด ESP8266 เพื่อไปเก็บไว้บนพื้นที่ที่ให้บริการและแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และสามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านเครื่องโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ II แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายและอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ โดยสามารถทำการแสดงผลของการออกแบบเครือข่ายได้ในลักษณะที่ไม่ซับซ้อนผ่านระบบ WiFi เพื่อให้ง่ายต่อการติดต่อสื่อสาร โดยจะ

เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อเก็บข้อมูลไว้ที่ระบบคลาวด์ ThingSpeak และแอปพลิเคชัน Blynk

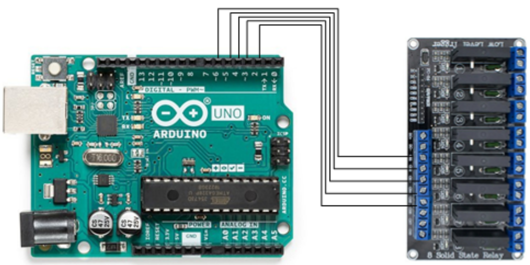



รูปที่ II แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายและอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

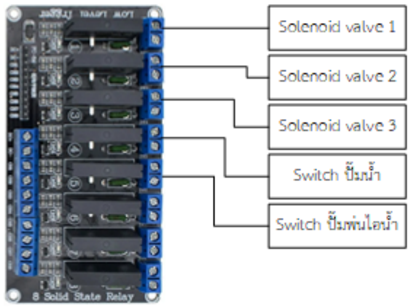
การเตรียมอุปกรณ์

1. อุปกรณ์จ่ายไฟเลี้ยงขนาด 5 V. และ 12 V.
2. อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายด้วยสาย USB
3. บอร์ด Arduino UNO R3
4. บอร์ด ESP8266
5. อุปกรณ์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ DHT22
6. อุปกรณ์ pH Module
7. อุปกรณ์ EC Module
8. อุปกรณ์ 8 Channel Relay 12 V.
9. อุปกรณ์ Waterproof Sensor DS18D20
10. สวิทช์ลูกลอย

ดำเนินการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE เพื่อใช้เชื่อมต่อในการพัฒนาเป็นโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ดและทำงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมควบคุมการทำงานที่พัฒนาขึ้น ตัวอย่างการต่ออุปกรณ์แสดงดังรูปที่ III และ IV



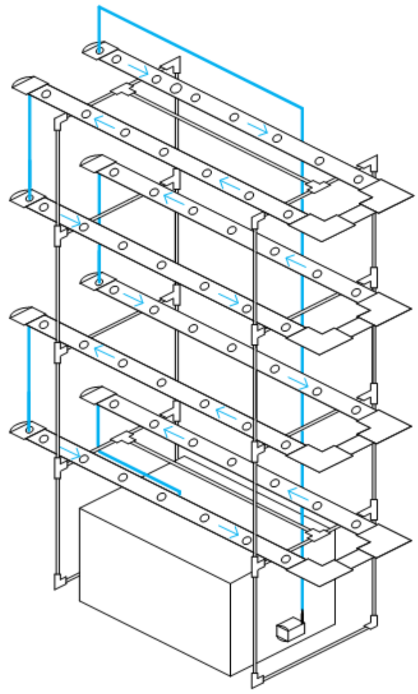
รูปที่ III การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ 8 Channel Relay Module เข้ากับอุปกรณ์อาดุยโน่ (Arduino UNO R3)




รูปที่ IV การต่อ Solenoid Valve และปั๊มน้ำเข้ากับ Relay Module

การออกแบบโต๊ะปลูกผักสลัด

ในการออกแบบโต๊ะปลูกผักสลัดแบบ Dynamic Root Floating Technique System (DRFT) จะต้องคำนึงถึงการเจริญเติบโตของผักสลัดเป็นหลัก เช่น ผักสลัดจะต้องได้รับสารละลายธาตุอาหารอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารจะต้องมีอุณหภูมิที่เหมาะสม จะต้องจัดวางถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารไม่ให้โดนแสงแดด เพื่อลดการเสื่อมสภาพของสารละลาย บริเวณโต๊ะปลูกผักสลัดควรได้รับแสงอาทิตย์อย่างเพียงพอ ใช้พื้นที่ในการติดตั้งขนาดเล็ก ซึ่งแสดงดังรูปที่ V



รูปที่ V โต๊ะปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ แบบ DRFT

ระบบเติมน้ำ และเติมสารละลายธาตุอาหาร A และ B

บอร์ดอาดุยโน่รับค่าสถานะจากสวิทช์ลูกลอยเพื่อควบคุม Solid State Relay 1 ให้มีสภาวะ On เพื่อควบคุมให้ Solenoid Valve 1 ทำการเปิด-ปิดน้ำเข้าถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารตามระดับน้ำที่ใช้สวิทช์ลูกลอยควบคุม และในระหว่างเติมน้ำเข้าถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร บอร์ดอาดุยโน่จะควบคุม Solid State Relay 2 ให้มีสภาวะ On เพื่อควบคุมให้ Solenoid Valve 2 ให้ทำการเปิด-ปิดสารละลายธาตุอาหาร A ตามอัตราส่วนที่กำหนด และเมื่อเติมสารละลายธาตุอาหาร A เสร็จ บอร์ดอาดุยโน่จะควบคุม Solid State Relay 3 ให้มีสภาวะ On เพื่อควบคุมให้ Solenoid Valve 3 ให้ทำการเปิด-ปิดสารละลายธาตุอาหาร B ตามอัตราส่วนที่กำหนด [8]

ระบบพ่นละอองน้ำ

ระบบพ่นละอองน้ำเพื่อลดอุณหภูมิที่โต๊ะปลูกผัก บอร์ดอาดุยโน่จะรับค่าอุณหภูมิบริเวณโต๊ะปลูกผัก จากเซนเซอร์ DHT22 และ DS18B20 เมื่อบริเวณโต๊ะปลูกผักมีอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส บอร์ดอาดุยโน่จะควบคุม Solid State Relay 5 ให้มีสภาวะ On เพื่อควบคุมให้สวิทช์ปั๊มพ่นไอน้ำทำงานเป็นระยะเวลา 3 นาที โดยบอร์ดอาดุยโน่จะรับค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ DS18B20 [9] ทุก 5 นาที และทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิไว้ในระบบคลาวด์ ThingSpeak เพื่อทำการบันทึกค่าข้อมูลลงในฐานข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ตลอดระยะเวลาการทำงาน

## IV. ผลการวิจัย

การเก็บข้อมูลบนระบบคลาวด์

บอร์ดอาดุยโน่ และบอร์ด ESP8266 ทำการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดความเป็น กรด-ด่าง (pH) อุปกรณ์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) เซนเซอร์ DHT22 Waterproof Sensor DS18D20 และสวิทช์ลูกลอย จากนั้นจะส่งข้อมูลไปที่ระบบคลาวด์ ThingSpeak เพื่อทำการบันทึกค่าข้อมูลลงในฐานข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ในส่วนของการส่งข้อมูลไปที่ระบบคลาวด์ ThingSpeak แสดงดังรูปที่ VI และ VII

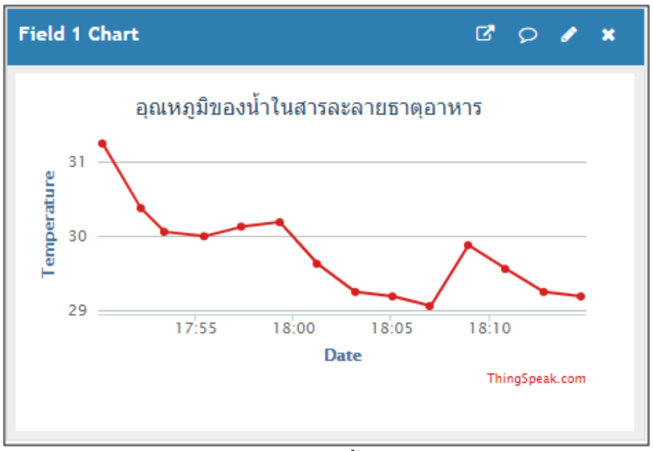
โต๊ะปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

การติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร แสดงดังรูปที่ VIII สามารถติดตั้งระบบเติมน้ำ และระบบเติมสารละลายธาตุอาหาร A และ B สามารถทำงานร่วมกันได้

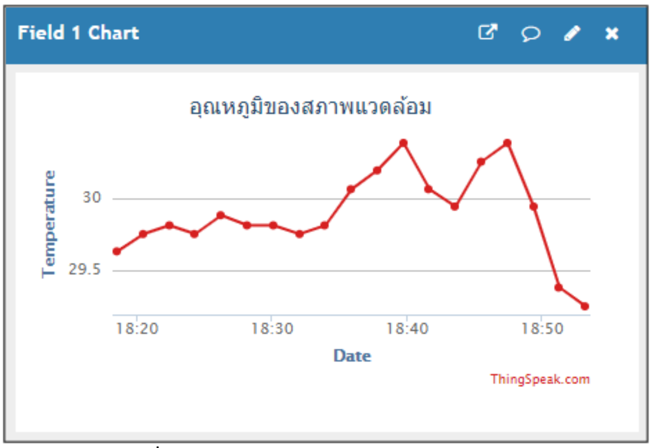
ระบบเติมน้ำ และเติมสารละลายธาตุอาหาร A และ B

บอร์ดอาดุยโน่สามารถรับค่าสถานะจากสวิทช์ลูกลอยเพื่อทำการเปิด-ปิดน้ำเข้าถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารตามระดับน้ำที่ใช้สวิทช์ลูกลอยควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในส่วนของการเติมสารละลายธาตุอาหาร A และ B ระบบสามารถเติมสารละลายธาตุอาหารได้ตามปริมาณที่กำหนด แต่จะมีปัญหาการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีผิดพลาด เนื่องจาก pH และ EC Module ถูกจุ่มอยู่ในถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา จึงทำให้มีสารละลายธาตุอาหารเกาะติดกับเซนเซอร์ทำให้ค่าสารละลายธาตุอาหารที่วัดได้มีความผิดพลาด จึงต้องทำความสะอาด pH และ EC Module ทุก ๆ 7 วัน

ระบบพ่นละอองน้ำ




รูปที่ VI กราฟของอุณหภูมิของน้ำในสารละลายธาตุอาหาร




รูปที่ VII กราฟของอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม

รูปที่ VIII โต๊ะปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

ระบบพ่นละอองน้ำเพื่อลดอุณหภูมิที่โต๊ะปลูกผัก บอร์ดอาดุยโน่จะรับค่าอุณหภูมิบริเวณโต๊ะปลูกผัก จากเซนเซอร์ DS18B20 เพราะสามารถป้องกันละอองน้ำได้ ส่วนเซนเซอร์ DHT22 ไม่มีการป้องกันละอองน้ำจึงนำมาใช้วัดอุณหภูมิรอบ ๆ บริเวณโต๊ะปลูกผัก เพื่อนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้มาเปรียบเทียบ เมื่อบริเวณโต๊ะปลูกผักมีอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส บอร์ดอาดุยโน่สามารถควบคุมให้สวิทช์ปั๊มพ่นไอน้ำ และทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิไว้ในระบบคลาวด์ ThingSpeak และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ตลอดระยะเวลาการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## V. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองและวิจัยระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์อัจฉริยะสำหรับเกษตรกร ซึ่งเป็นการปลูกผักสลัดในกลุ่มที่มีความต้องการค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่มีค่าเหมือนกันบนโต๊ะปลูกผักแบบ Dynamic Root Floating Technique System (DRFT)

โดยใช้บอร์ดอาดุยโน่รับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำหน้าที่ทดแทนแรงงานของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผักสลัดที่ปลูกมีคุณภาพเท่าเทียมกับที่ใช้เกษตรกรปลูก ดังนั้นระบบการปลูกผักสลัดที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำหน้าที่แทนเกษตรกรได้ มีความง่ายในการใช้ระบบควบคุม

ในส่วนของระบบการวัดค่า pH และค่า EC ที่ไม่ตรงกับการใช้เครื่องมือวัดที่วัดโดยเกษตรกร จึงต้องมีการปรับค่าการวัดโดยการเขียนโค๊ดโปรแกรมเพื่อปรับค่าการวัดให้มีความแม่นยำในการตรวจวัดค่า pH และ EC เพราะทั้ง 2 ค่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญในการปลูกผักสลัดเพราะจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด และระบบที่พัฒนาขึ้นยังต้องใช้แรงงานของเกษตรกรทำความสะอาด pH และ EC Module ที่จุ่มอยู่ในถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา จึงทำให้มีสารละลายธาตุอาหารเกาะติดกับเซนเซอร์ทำให้ค่าสารละลายธาตุอาหารที่วัดได้มีความผิดพลาดจึงต้องทำความสะอาด pH และ EC Module ทุก ๆ 7 วัน ดังนั้นระบบที่จะพัฒนาต่อจึงควรมีระบบการทำความสะอาด pH และ EC Module โดยอัตโนมัติเพื่อให้ได้ค่าที่วัดมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

อีกทั้งสถานที่ติดตั้งโต๊ะปลูกผักเป็นบริเวณชั้นดาดฟ้าของอาคาร ทำให้โต๊ะปลูกผักได้รับผลกระทบจากลมที่มีการพัดในลักษณะที่รุนแรง บางครั้งมีฝนตกลมที่พัดก็จะรุนแรงมากขึ้นทำให้ผักสลัดหักเสียหาย จึงควรใช้บริเวณที่ไม่โดนลมพัดตลอดเวลา แต่ต้องได้รับแสงอาทิตย์ เพื่อให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งช่วยให้การดำเนินการวิจัยเสร็จอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สมพงษ์ บัวแย้ม. 2558. เทคนิคปลูกพืชไร้ดิน. ทานตะวัน, กรุงเทพฯ.

[2] วริศร์ รัตนนิมิตร. 2560. การติดตามและแจ้งเตือนข้อมูลทางเกษตรกรรมผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง. *วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม 3(2)* : 17-21.

[3] ทรงพล นามคุณ, วรรณพร สารภักดิ์ และปิยศักดิ์ ถีอาสนา. 2560. ระบบควบคุมและดูแลสาหรับการปลูกพืชไร้ดินแบบกึ่งอัตโนมัติ, น. 156-162. ใน การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 3. มหาสารคาม.

[4] จามจุรี กุลยอด และศิลป์ณรงค์ ฉวีพัฒน์. (2560). ต้นแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟผ่านแอพพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4.* สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

[5] ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ และ กุลวดี เถนว้อง. 2557. ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสาหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์, น. 383-388. ใน การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

[6] ThingSpeak for IoT Projects. [online]: Available from: URL: https://thingspeak.com/. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563

[7] โครงสร้างการเชื่อมต่อ Blynk Server. [online]: Available from: URL: http://blynk.iot-cm.com/. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563

[8] พรคิด อั้นขาว. 2562. ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ด้วย Internet of Things (IoT). *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 11(1)* : 146-157.

[9] นพพล เชาวนกุล, ก้องภพ ลาลุน และ ชนาธิป บุตรบุญ. 2561. ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักวิธีไฮโดรโปนิกส์ผ่านแอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์. *วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 4(1)* : 67-72.

# ปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

ภัคภูมิ ดิษยวิภาส[1*] อภิวิชญ์ ขจรบุญณินทร์[2] ปัณณทัต จอมจักร์[3]

*[1*]หลักสูตรการตลาดเชิงสร้างสรรค์ คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[2]หลักสูตรการตลาดเชิงสร้างสรรค์ คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[3]หลักสูตรการตลาดเชิงสร้างสรรค์ คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : di.pakapoom_st@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยในเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยโดยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณซึ่งใช้เครื่องมือการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงบรรยาย และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ คณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 405 คน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 7PS มีเพียงปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ราคา บุคคล ลักษณะทางกายภาพ ปัจจัยการตลาดแบบปากต่อปากปัจจัยชื่อเสียงของแบรนด์ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปัจจัยด้านช่องทางการตลาด การส่งเสริมการตลาด และกระบวนการไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

***คำสำคัญ:*** ปัจจัยทางการตลาด, การตัดสินใจซื้อ, เครื่องสำอาง, Generation Z

# Marketing Factors Affecting the Decision to buy cosmetics of Generation Z, Bangkok

Pakapoon Disayavipas[1*] Apivit Khajonboonyanin[2] Pannathadh Chomchark[3]

[1*]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[3]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: di.pakapoom_st@tni.ac.th

### *Abstract*

This research aims to study "Marketing factors affecting the decision to buy cosmetics of Generation Z in Bangkok" that will give us an understanding of cosmetics buying decisions in Generation Z in Bangkok. The qualitative research method using a questionnaire was applied to collect the data. Data analysis used descriptive statistics. and multiple regression analysis. The research team collected data from a sample of 405 people. The 7PS marketing mix consists of only the factors of product, price, person, physical evidence. The word-of-mouth marketing factor, the brand reputation factor had a statistically significant effect on the purchasing decision of cosmetics. The factor of marketing channels marketing promotion and the process did not significantly affect the decision to buy cosmetics.

***Keywords:*** Marketing factor, Buying decision, Generation Z

1) บทนำ

ในสังคมภายในประเทศไทยปัจจุบันนั้นการดูแลรูปลักษณ์ภายนอกให้ดูดีอยู่ตลอดเวลานั้นถือเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่ผู้คนในปัจจุบันให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก และสิ่งที่เป็นตัวช่วยในการเสริมสร้างบุคลิกภาพได้เป็นอย่างดีนั่นก็คือสินค้าอุปโภคบริโภคที่เรียกกันว่าเครื่องสำอาง ซึ่งเครื่องสำอางเป็นสินค้าที่ค่อนข้างมีความเฉพาะบุคคล เพราะด้วยส่วนผสมในเครื่องสำอางนั้นอาจไม่เหมาะกับผิวทุกสภาพผิวซึ่งแต่ละคนก็จะมีสภาพผิวที่แตกต่างกันออกไปด้วยหลายๆ ปัจจัยไม่ว่าจะเป็นเรื่องของกรรมพันธุ์ อายุ เพศ เป็นต้น ดังนั้นการทำการตลาดเพื่อสื่อสารให้ตรงกับกลุ่มเป้าหมายของผลิตฑ์ภัณฑ์ความงามอย่างเหมาะสมย่อมส่งผลดีมากกว่า (Marketing Oops, 2020)

เนื่องด้วยกลุ่ม Gen Z นั้นเป็นกลุ่มคนที่ถือเป็นกำลังซื้อสำคัญในตลาดปัจจุบันและอนาคตทางผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ความงามของกลุ่มคน Gen Z ว่าปัจจัยทางการตลาดใดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอาง (Marketing Oops, 2020)

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดพฤติกรรมการบริโภคของตลาดความงามในประเทศไทยในปัจจุบันนั้นจะเป็นกลุ่มในช่วง Gen Z (คนที่เกิดหลังปี พ.ศ. 2538) ซึ่งจะเป็นกลุ่มนักศึกษาช่วงอายุที่มีความนิยมในการดูแลสุขภาพและรูปลักษณ์ภายนอกเป็นอย่างมาก และนอกจากนี้ไม่ใช่เพียงแค่เพศหญิงที่สนใจแต่ในปัจจุบันผู้ชายในช่วงวัยของ Gen Z นั้นก็มีการเลือกซื้อและบริโภคผลิตภัณฑ์ความงามเพิ่มขึ้นอย่างมากจากในอดีต ซึ่งจะทำให้ตลาดสามารถเติบโตได้อีกมากและยังมีแนวโน้มในการเติบโตในอัตราที่สูงแบบก้าวกระโดดได้หากมีการสื่อสารและสร้างการรับรู้ได้อย่างเหมาะสม ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เห็นถึงความสำคัญในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้นมาเพื่อที่จะเป็นข้อมูลให้ได้ศึกษาต่อเพื่อเป็นประโยชน์แก่ภาคธุรกิจความงามที่ต้องการจะศึกษาตลาดความงามของกลุ่มนักศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครที่เป็นคนในกลุ่ม Gen Z และมีความสนใจในการดูแลตัวเอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการทำธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมความงามในประเทศไทย

2) วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาปัจจัยทางการการตลาด ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

3) วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Philip Kotler (1997, p. 92) ได้ให้ความหมายของส่วนประสมทางการตลาดไว้ว่าเป็นสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่ธุรกิจสามารถปรับเปลี่ยน ปรับปรุงแก้ไขได้ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่จะส่งผลให้ธุรกิจกิจการนั้นๆ ได้ผลการดำเนินงานตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ ซึ่งจะเป็นการใช้เครื่องมือทางการตลาดเข้ามาช่วยให้ธุรกิจมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานและได้รับความพึงพอใจจากลูกค้ามากยิ่งขึ้น โดยในปัจจุบันได้มีการนำมาประยุกต์ใช้และได้จำแนกแบ่งเป็นทั้งหมด 7 ปัจจัยหลักที่จะส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจ โดยจะนิยมเรียกว่า 7Ps ซึ่งประกอบไปด้วย

1. ผลิตภัณฑ์ (product) งานวิจัยของ Jiraprabha Sudsawatt (2010) การที่ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองโดยสถาบันที่มีชื่อเสียงในเรื่องของคุณภาพและความปลอดภัยนั้นถูกให้ความสำคัญมากที่สุด ตามมาด้วยตราสินค้า และความสวยงามและทันสมัยของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้

2. ราคา (Price) งานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) ในปัจจัยด้านราคามีผลอย่างมาก โดยหัวข้อที่ถูกให้ความสำคัญมากที่สุด คือ ราคากับคุณภาพของสินค้ามีความหมาะสมกัน และปัจจัยรองลงมาคือเรื่องของแลกสินค้าที่มีการติดไว้อ่านได้อย่างชัดเจน

3. สถานที่ (Place) งานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) เรื่องของสถานที่ก็ถูกให้ความสำคัญมาก โดยสิ่งสำคัญคือ สถานที่ของธุรกิจตั้งอยู่ในทำเลที่เหมาะสม เข้าถึงได้สะดวก รองลงมาคือเรื่องของช่วงเวลาในการเปิดให้ใช้บริการของธุรกิจ

4. การส่งเสริมการขาย (Promotion) งานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) ด้านการตลาดการส่งเสริมการขายถูกให้ความสำคัญมาก โดยอันดับแรกสุดที่ให้ความสำคัญคือ การแนะนำสินค้าให้กับลูกค้า รองลงมาคือการมีสินค้าแถม หรือแจกตามช่วงเวลาต่างๆ

5. บุคลากร (People) งานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) ในด้านบุคลากรมีผลมากต่อธุรกิจนี้ โดยสิ่งที่ได้รับการเลือกมากที่สุด คือ การที่พนักงานสามารถแนะนำสินค้าได้อย่างเหมาะสมกับลูกค้าแต่ละคน รองลงมา คือ ลักษณะของพนักงานที่สุภาพ ดูอ่อนโยน

6. กระบวนการ (Process) งานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) เรื่องของขั้นตอนการให้บริการถูกให้ความสำคัญมากที่สุด สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การเต็มใจบริการ มีสีหน้ายิ้มแย้ม รองลงมา คือ ความสนิทสนมเป็นกันเองของลูกค้าที่มาใช้บริการประจำ และลูกค้าที่ผ่านมาใช้บริการ

7. องค์ประกอบทางกายภาพ (Physical Evidence) งานวิจัยของ Narin Chomchun (2013) ในส่วนของการจัดวางตำแหน่งสิ่งต่างๆ ในร้านมีผลในระดับมากที่สุด สิ่งสำคัญที่สุดคือ สินค้ามีการจัดวางเป็นหมวดหมู่ให้เลือกได้ง่าย รองลงมา คือ ภาษาที่ใช้ประชาสัมพันธ์มีหลายภาษา

Pongsakorn Ngamvivatsawang (2017) ได้กล่าวไว้ว่า อิทธิพลจากการสื่อสารแบบปากต่อปากนั้นมีผลต่อธุรกิจเครื่องสำอางในระดับที่สูงเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่นิยมใช้ในการทำการตลาดในยุคปัจจุบัน ซึ่งการทำการตลาดแบบปากต่อปากนั้นสามารถสื่อสารกับผู้บริโภคได้อย่างใกล้ชิดและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถเกิดเป็นกระแสการบอกต่อผ่านสื่อโซเชียลมีเดียได้อีกด้วย ซึ่งจะส่งผลให้ได้รับความสนใจจากผู้คนมากยิ่งขึ้นและยังเป็นการทำให้ผู้คนได้รับรู้ถึงการมีอยู่ของผลิตภัณฑ์

Achenbaum, Alvin (1993) ได้ให้ความหมายของแบรนด์ไว้ว่าแบรนด์เป็นสิ่งที่รวมทุกอย่างของสินค้าหรือบริการที่สามารถจับต้องและไม่สามารถจับตู้องไว้ด้วยกัน โดยรวมถึงสิ่งแวดล้อมทุกอย่างที่มีความสัมพันธ์กับสินค้าและบริการของแบรนด์นั้นๆ ไม่ว่าจะเป็น รูป รส กลิ่น เสียง สัมผัสสิ่งแวดล้อมต่างๆ ของสินค้าและบริการต่างๆ ของแบรนด์นั้นๆ

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่าปัจจัยส่วนประสมการตลาด 7Ps ปัจจัยการตลาดแบบปากต่อปาก (Word of Mouth Marketing) และปัจจัยชื่อเสียงของแบรนด์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร เนื่องจากกลุ่มคน Gen Z มีพฤติกรรมการเลือกซื้อเครื่องสำอางที่มีความแตกต่างจากคนกลุ่มอื่นเป็นอย่างมาก นักการตลาดในปัจจุบันจึงจะต้องทำการตลาดจากปัจจัยที่หลากหลายเพื่อที่จะทำให้สามารถสร้างความสนใจจนนำไปสู่การตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ได้ในที่สุด (Krungsri Guru, 2020)

4) วิธีดำเนินการวิจัย

*4.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้คือ กลุ่มคน Generation Z ที่มีอายุอยู่ในช่วง 16 - 24 ปี ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้กรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชากรที่ชัดเจน ภายใต้สมมติฐานที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ โดยให้ระดับความแปรปรวนสูงสุด คือ P = 50% หรือเท่ากับ 0.5 และ q = 50% หรือ 0.5 และกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% และยอมรับความคลาดเคลื่อนที่ 5% หรือ 0.05 จากการคำนวณ ในกรณีที่ไม่ทราบความแน่นอนของจำนวนประชากร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมที่นำมาใช้อ้างอิงประชากรของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเท่ากับ 385 คน และเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการตอบแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง ทางผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีก5%ทำให้มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 405 คน

*4.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล

*4.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

ผู้วิจัยใช้การแจกแบบสอบถามออนไลน์ ผ่าน Facebook และ Line Chat เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลและสอดคล้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด

*4.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

5) ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

| ปัจจัย | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients Beta | t | Sig |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Std. Error | | | |
| (Constant) | .161 | .134 | | 1.195 | .233 |
| ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ | .168 | .052 | .153 | 3.226 | .001 |
| ปัจจัยด้านราคา | -.092 | .041 | -.094 | -2.265 | .024 |
| ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย | .085 | .043 | .091 | 1.960 | .051 |
| ปัจจัยด้านการส่งเสริมทางการตลาด | -.030 | .039 | -.032 | -.774 | .439 |
| ปัจจัยด้านบุคคล | .070 | .035 | .081 | 1.973 | .049 |
| ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ | .154 | .050 | .171 | 3.062 | .002 |
| ปัจจัยด้านกระบวนการ | .074 | .046 | .080 | 1.608 | .109 |
| ปัจจัยการตลาดแบบปากต่อปาก | .261 | .034 | .295 | 7.659 | .000 |
| ปัจจัยชื่อเสียงแบรนด์ | .221 | .043 | .244 | 5.156 | .000 |

จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 405 คน ในข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.2 เพศชาย ร้อยละ 26.7 และ LGBTQ+ ร้อยละ 12.1 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 5,001 - 20,000 บาท/เดือน มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.7 กลุ่มตัวอย่างมีที่พักอาศัยเป็นบ้านของตัวเอง/ครอบครัว/ญาติ มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.7 และกลุ่มตัวอย่างมีบุคคลที่อาศัยอยู่ด้วย คือ ครอบครัว มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70.9 ในส่วนข้อมูลพฤติกรรมการซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ใน 1 เดือน มีการซื้อเครื่องสำอางมากสุดเป็นจำนวน 1 - 2 ครั้ง/เดือน คิดเป็นร้อยละ 48.9 จำนวนเงินที่ใช้ในแต่ละครั้งที่ตอบมากที่สุด คือ 300 - 800 บาท/ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 48.4 ฎที่มีอิทธิพลในการตัดสินใช้ซื้อมากที่สุด คือ ความเห็นของผู้ใช้งานจริงในสื่อสังคมออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 48.6 ประเภทของเครื่องสำอางที่สนใจซื้อ ประเภทผิวหน้า คิดเป็นร้อยละ 96.8 ประเภทผิวกาย คิดเป็นร้อยละ 61 ช่องทางหน้าร้านที่ซื้อมากที่สุด คือ EVEANDBOY คิดเป็นร้อยละ 44.2 และช่องทางออนไลน์ที่ซื้อบ่อยที่สุด คือ Shopee คิดเป้นร้อยละ 64.4

จากผลการวิจัยพบว่า

สมมติฐานที่ 1 ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ปฎิเสธ สมมติฐานที่ 1 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยด้านราคา มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.024 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ปฏิเสธ สมมติฐานที่ 2 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านราคา ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 3 ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.051 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ยอมรับ สมมติฐานที่ 3 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ไม่ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 4 ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.439 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ยอมรับ สมมติฐานที่ 4 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย ไม่ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 5 ปัจจัยด้านบุคลากร มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.049 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ปฏิเสธ สมมติฐานที่ 5 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านบุคลากร

ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 6 ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.002 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ปฏิเสธ สมมติฐานที่ 6 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 7 ปัจจัยด้านกระบวนการ มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.109 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ยอมรับ สมมติฐานที่ 7 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านกระบวนการ ไม่ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 8 จากผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยด้านการตลาดแบบปากต่อปาก มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ปฏิเสธ สมมติฐานที่ 8 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านการตลาดแบบปากต่อปาก ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานที่ 9 จากผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยด้านชื่อเสียงของแบรนด์ มีค่าสถิติ T-Test มีค่า Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ ปฏิเสธ สมมติฐานที่ 9 (H0) ซึ่งสามารถตีความได้ว่า ปัจจัยด้านชื่อเสียงของแบรนด์ ส่งผลต่อตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร

## 6) สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยข้างต้นทำให้ทราบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์นั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับการที่ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองโดยสถาบันที่มีชื่อเสียงในเรื่องของคุณภาพและความปลอดภัยนั้นถูกให้ความสำคัญมากที่สุด ปัจจัยด้านราคานั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) ปัจจัยด้านราคามีผลอย่างมาก โดยหัวข้อที่ถูกให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ราคากับคุณภาพของสินค้ามีความหมาะสมกั ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายนั้นไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Jiraprabha Sudsawatt (2010) ที่พบว่า สถานที่จัดจำหน่ายที่ใกล้กับบ้านมีผลต่อการเลือกซื้อ และสามารถหยิบจับได้ง่ายมองเห็นได้ง่ายเมื่อไปซื้อ และการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในศูนย์การค้า ซุปเปอร์มาร์เก็ต และห้างสรรพสินค้าก็มีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อด้วย แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์เป็นส่วนใหญ่ หากสามารถอำนวยความสะดวกจัดส่งตรงถึงบ้านผู้บริโภคได้ ความสำคัญของช่องทางหน้าร้านก็จะลดน้อยลง ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขายนั้นไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Tanitar Tujindar (2016) พบว่า สื่อสังคมออนไลน์ และการมีโปรโมชั่นของสินค้า ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอาง แต่ในปัจจุบันพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าบนช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภคนั้นแตกต่างไปจากเดิม การทำโปรโมชั่นที่ซ้ำเหมือนในอดีตเพียงอย่างเดียวไม่มากพอที่จะสามารถกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อได้ ปัจจัยด้านบุคลากรนั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Onchaya Kohpeth (2015) ที่พบว่า ผู้ที่ทำแบบสอบถามจะรู้สึกเชื่อถือในตัวสินค้า เมื่อเจ้าของผลิตภัณฑ์เป็นคนที่มีชื่อเสียง มีภาพลักษณ์ที่ดี มีทักษะในการพูดเชิงบวก ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพนั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) ที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับการจัดวางตำแหน่งสิ่งต่างๆในร้านมีผลในระดับมากที่สุด สิ่งสำคัญที่สุดคือสินค้ามีการจัดวางเป็นหมวดหมู่ให้เลือกได้ง่าย รองลงมา คือ ภาษาที่ใช้ประชาสัมพันธ์มีหลายภาษา ปัจจัยด้านปัจจัยด้านกระบวนการนั้นไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางขัดแย้งกับงานวิจัยของ Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul (2019) ที่พบว่า การเต็มใจบริการ มีสีหน้ายิ้มแย้ม รองลงมา คือ ความสนิทสนมเป็นกันเองของลูกค้าที่มาใช้บริการประจำ และลูกค้าที่ผ่านมาใช้บริการ ส่งผลต่อการมาใช้บริการของกลุ่มตัวอย่าง ในปัจจุบันความภักดีของผู้บริโภคนั้นลดลงไม่เหมือนในอดีต ผู้บริโภคจะเลือกซื้อสินค้าที่ดีที่สุดและคุ้มค่ามากที่สุด ปัจจัยด้านการตลาดแบบปากต่อปากนั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongsakorn Ngamvivatsawang (2017) ที่พบว่า กลยุทธ์ปากต่อปากในการขายสินค้านั้นมีผลอย่างมากต่อการตัดสินใจซื้อ โดยสองอันดับแรกของรูปแบบการสื่อสารแบบปากต่อปากที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด คือ ผ่านสื่อวิดีโอออนไลน์ เครือข่าย

สังคมออนไลน์ตามลำดับ ปัจจัยด้านชื่อเสียงของแบรนด์นั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sasinapa Laohasinnarong (2014) ที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความตระหนักถึงตราสินค้านั้นให้ความเห็นมากที่สุดในเรื่องของการจดจำตราสินค้าและรองลงมาเป็นเรื่องของสินค้าแบรนด์เนมที่ใช้อยู่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันมาก

## 7) ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในเรื่องปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของกลุ่มคน Generation Z ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยทางการตลาดทั้ง 9 ปัจจัยนั้นส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของกลุ่มคน Gen Z เป็นอย่างมาก ดังนั้นแล้วจึงควรให้ความสำคัญในกับทุกๆ ด้านดังต่อไปนี้

ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ควรมีฉลากสินค้าที่อ่านได้ง่านและชัดเจนให้ข้อมูลได้อย่างครบถ้วน และมีการรับรองจากองค์กรที่เชื่อถือได้ เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นของผู้บริโภคได้ตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น

ปัจจัยด้านราคา ควรตั้งราคาของผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับคุณภาพของสินค้า และมีบรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงาม แข็งแรงทนทาน ก็จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย สำหรับช่องทางที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายมากที่สุดก็คือช่องทางออนไลน์ด้วยเพราะเหตุผลเรื่องของความสะดวกสบายในการเลือกซื้อสินค้าที่ไม่ต้องเดินทางไปยังสถานที่จัดจำหน่าย ซึ่งจะต้องมีราคาค่าจัดส่งสินค้าที่เหมาะสมและสามารถติดต่ออาบถามข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

ปัจจัยด้านการส่งเสริมทางการตลาด ควรจัดโปรโมชั่นลดแลก แจก แถมอย่างต่อเนื่อง และการมอบสิทธิพิเศษให้กับคนที่เป็นสมาชิก เพื่อกระตุ้นให้เกิดการซื้อสินค้าบ่อยครั้งหรือในปริมาณที่มากขึ้น แต่จะต้องประกอบกับปัจจัยอื่นร่วมด้วยเพราะเพียงโปรโมชั่นอย่างเดียวไม่มากพอที่จะสามารถกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อได้

ปัจจัยด้านบุคลากร สำหรับด้านบุคลากรเพื่อให้สอดคล้องกับช่องทางที่แนะนำซึ่งก็คือช่องทางออนไลน์ ควรจัดเตรียมบุคลากรที่มีความสุภาพ เป็นมิตร มีจิตใจรักการบริการ ไว้สำหรับการตอบคำถามหรือให้ความช่วยเหลือลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าเกิดความประทับใจจากการที่ได้รับบริการช่วยเหลือหรือข้อมูลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ สำหรับด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพเพื่อให้สอดคล้องกับช่องทางที่แนะนำซึ่งก็คือช่องทางออนไลน์ ควรมีการออกแบบช่องทางออนไลน์ให้มีการจัดหมวดหมู่ของสินค้าอย่างชัดเจนและง่ายต่อการเลือกซื้อ

ปัจจัยด้านกระบวนการ ควรมีระบบสมาชิกเพื่อสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลของลูกค้า และควรบริหารจัดการปริมาณของสินค้าให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค

ปัจจัยการตลาดแบบปากต่อปาก ควรใส่ใจในทุกปัจจัยในข้างต้นเพื่อที่จะนำไปสู่การบอกต่อที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะหากผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจเป็นอย่างมากก็จะทำให้มีโอกาสที่จะแนะนำให้กับคนใกล้ตัว รวมไปถึงการบอกต่อผ่านช่องทางโซลเชี่ยลมีเดียที่เปิดเผยแบบสาธารณะ และก็มีโอกาสที่บุคคลมีชื่อเสียงจะนำสินค้าและบริการที่ประทับใจไปบอกต่อให้กับผู้ติดตามเพื่อเป็นการช่วยโปรโมทให้กับผลิตภัณฑ์

ปัจจัยชื่อเสียงแบรนด์ ควรให้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์อย่างตรงไปตรงมาเพื่อรักษาภาพลักษณ์และชื่อเสียงของแบรนด์ให้เป็นแบรนด์ที่มีความซื่อสัตย์ต่อผู้บริโภค ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดความน่าเชื่อถือของแบรนด์ซึ่งจะเป็นผลดีกับการประกอบธุรกิจเครื่องสำอางในระยะยาว

การศึกษาวิจัยในอนาคต ควรเพิ่มปัจจัยทางด้านการยอมรับเทคโนโลยีแอพพลิเคชั่น หรือแพลตฟอร์มการซื้อขายสินค้าออนไลน์ ความสะดวกสบายในการใช้งาน ผู้ทรงอิทธิพล (Influencer) เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อขยายผลการศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทของพฤติกรรมผู้ซื้อในปัจจุบันมากขึ้น

## REFERENCES

Achenbaum, Alvin A. (1993). *The mismanagement of brand equity. In: Lewis, Ian M. (ed.), ARF Fifth Annual Advertising and Promotion Workshop.* Pennysilvania: The New York Hilton

จิรประภา สุดสวัสดิ์. (2553). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดและคุณค่าตราสินค้าที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ เครื่องสำอางนำเข้าจากประเทศเกาหลีของนักศึกษา มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. (การศึกษาเฉพาะบุคคลบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยกรุงเทพ). สืบค้นจาก http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/366/1/jiraprabha_suds.pdf

Jiraprabha Sudsawatt. (2010). Factors of Marketing Mix and Brand Equity that have an effect on how the Bangkok university's college student decide to buy the korea cosmetics. (In Thai). (Personal Education, Master of Business Administration, Bangkok University). Retrieved from http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/366/1/jiraprabha_suds.pdf.

กิตติเชษฐ์ ปลอดทอง, นิศศา ศิลปะเสรฐ และเครือวัลย์ ชัชกุล (2562). *ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดธุรกิจเครื่องสำอาง บริษัท สรวีย์ บิวตี้ แอนด์ สปา.* การประชุมวิชาการด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ระดับชาติครั้งที่ 2. หน้า 851-864.

Kittichet Plodthong, Nissa Sinlapasert and Kruewan Chutchakul. (2019). *The marketing mixed factors of cosmetics business, sarawee beauty and spa co., ltd.* 2nd National Conference on Humanities and Social Sciences. (In Thai), 851-864.

กรุงศรี กูรู. (2563). 6 สิ่งต้องรู้เมื่อบุกตลาด Gen Z. สืบค้นจาก https://www.krungsri.com/th/plearn-plearn/6-techneques-to-approach-gen-z.

Kotler, P. (1997). *Marketing management: analysis, planning implementation and control*. (9th ed). New Jersey: Asimmon &Schuster.

Krungsri Guru. (2020). 6 things to know when entering the Gen Z market. (In Thai). Retrieved from https://www.krungsri.com/th/plearn-plearn/6-techneques-to-approach-gen-z.

มาร์เก็ตติ้ง อุปส์. (2563). วิเคราะห์ Insight พฤติกรรมคน 'Gen Z และ Millennials'ผู้ครองตลาด ปัจจุบันและอนาคต. สืบค้นจาก https://www.marketingoops.com/reports/behaviors/insight-gen-z-millennials/

Marketing Oops. (2020). Insight analysis on the behavior of 'Gen Z and Millennials' market dominance, present and future. (In Thai). Retrieved from https://www.marketingoops.com/reports/behaviors/insight-gen-z-millennials/

มาร์เก็ตติ้ง อุปส์. (2563). 7 ทัศนคติ 'Gen Z ประเทศไทย' ผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ มีพลังเปลี่ยนโลกการตลาด – แบรนด์จะชนะใจอย่างไร. สืบค้นจาก https://www.marketingoops.com/reports/behaviors/7-attitudes-and-behaviour-gen-z-thailand/

Marketing Oops. (2020). 7 Attitudes of 'Gen Z Thailand' Major Consumers The power to change the marketing world - how brands will win hearts. (In Thai). Retrieved from https://www.marketingoops.com/reports/behaviors/7-attitudes-and-behaviour-gen-z-thailand/

นรินทร ชมชื่น. (2556). พฤติกรรมและปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคลินิกเสริมความงามของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ) สืบค้นจาก http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/1051/1/narinthon.chom.pdf.

Narin Chomchun. (2013). Behavior and service marketing mix factors affecting the decision towards selecting beauty clinic of consumers in Bangkok. (In Thai). (Independent study, Master of Business Administration, Bangkok University). Retrieved from http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/1051/1/narinthon.chom.pdf.

อรชญา เกาะเพชร. (2558). ทัศนคติและความเชื่อมั่นต่อครีมบำรุงผิวหน้าผ่านช่องทางออนไลน์. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) สืบค้นจาก http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2015/TU_2015_5702115212_3698_2382.pdf.

Onchaya Kohpeth. (2015). Consumer's attitude and toward online facial cream. (In Thai). (Independent Study, Master of Science, Thammasat University). Retrieved from http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2015/TU_2015_5702115212_3698_2382.pdf.

พงสกร งามวิวัฒนสว่าง. (2560). กลยุทธ์ปากต่อปากผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อการตัดสนใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางนำเข้าจากต่างประเทศผ่านร้าน Multi–Brand ของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ) สืบค้นจาก http://dspace.bu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/4464/3/pongsagorn_ngam.pdf

Pongsakorn Ngamvivatsawang. (2017). The Electronic Word–of–Mouth Strategies Affecting to the Decision to Purchase Foreign Multi–Brand Beauty Store, Bangkok. (In Thai). (Independent study, Master of Business Administration, Bangkok University). Retrieved from http://dspace.bu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/4464/3/pongsagorn_ngam.pdf

ศศินภา เลาหสินณรงค์. (2557). คุณค่าตราสินค้าที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อ (ความตั้งใจ ความสนใจ ความต้องการ และการตัดสินใจซื้อ) สินค้าแบรนด์เนมแท้. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ) สืบค้นจาก http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/1582/1/sasinapa.laoh.pdf.

Sasinapa Laohasinnarong. (2014). Influence of brand equity on AIDA (Attention, Interest, Desire, and Decision) to buy brand name products. (In Thai). (Independent study, Master of Business Administration, Bangkok University). Retrieved from http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/1582/1/sasinapa.laoh.pdf.

ฐนิตา ตู้จินดา. (2559). *ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากประเทศกลุ่มอาเซียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยบูรพา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา). สืบค้นจาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56710337.pdf.

Tanitar Tujindar. (2016). *Factors affecting purchasing decision for cosmetics importing from Asean countries of Burapha University's students.* (In Thai). (Master's Thesis, Burapha University). Retrieved from http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56710337.pdf.

# การสร้างแบบจำลองไม่ต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลิตภาพของสายการผลิต กรณีศึกษา

# Creating discrete models for improving productivity in a processing line: A case Study

ภฤศฐปกร รอดผล[1]
Pharittapakorn Rodphon[1]
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Faculty of engineering, Thai-Nichi Institute of Technology*
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
po.pharittapakorn_st@tni.ac.th

ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน[2]
Dumrongkiat Ratana-Amornpin[2]
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Faculty of engineering, Thai-Nichi Institute of Technology*
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
dumrongkiat@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* —บทความนี้นำเสนอแบบจำลองการผลิตโดยใช้ซอฟต์แวร์ ARENA มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรควบคุมเพื่อเพิ่มผลิตภาพของสายการผลิตและกำหนดเป็นมาตรฐาน ใช้ผลข้อมูลจากแบบจำลองนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงโดยใช้ Takt Time เป็นเครื่องมือช่วยเป็นเกณฑ์รักษาสมดุลสายการผลิต ค่าเฉลี่ยผลผลิตที่ได้จากซอฟต์แวร์ ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างระบบจริงและแบบจำลอง โดยทดสอบสมมติฐานพบว่าค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ใช้วิธีทดสอบ Two-Sample t-test for the mean ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ผลค่า P-Value = 0.386 นำผลลัพธ์จากแบบจำลองไปสร้าง Balance Chart ตัวแปรที่ต้องควบคุมและปรับปรุงกำหนดเป็นมาตรฐานได้แก่ 1. การนำงานเข้า 2. การบรรจุแกลลอน 3. การจัดเรียงบรรจุภัณฑ์ด้วยหุ่นยนต์ และปรับปรุงโดยผ่านแบบจำลอง ผลลัพธ์ที่ได้แสดงตัวเลขสถานีงาน สถานีงานลดลงจาก 11 คงเหลือ 8 สถานีงาน กำลังคนจาก 18 คน คงเหลือ 16 คน ลดลงร้อยละ 5.55 ระยะเวลานำการผลิตลดลงจาก 43 วัน คงเหลือ 29 วัน คิดเป็นร้อยละ 32.55 OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 88 เป็นร้อยละ 97 ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 427 แกลลอน เป็น 640 แกลลอน คิดเป็นร้อยละ 49.88 และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันต่อไป**

***คำสำคัญ* — *แบบจำลองสถานการณ์, ตรวจสอบความถูกต้อง, ทดสอบสมมติฐาน, สมดุลสายการผลิต***

***Abstract* — This paper presents a production model using ARENA software. The objective is to analyze control variables to increase production line productivity and to standardize them. The results from the model were analyzed and improved using Takt Time is a tool that helps to balance the production line. The average output obtained from the software. Validation was performed between the real system and the model by testing the hypothesis and finding that the mean values of the two groups were not different using the Two-Sample t-test for the mean test method at the confidence level of 95, the P-Value = 0.386. The results of the model were used to create the balance chart. The variables that need to be controlled and adjusted were set as the standard. 1. Loading 2. Filling Gallon 3. Packing by Robot and improving through simulation. Workstations decreased from 11 to 8 workstations. Manpower from 18 people to 16 people, decreased by 5.55%. Production lead time from 43 days to 29 days, decreased by 32.55%. OEE increased from 88% to 97%. Productivity increased from 427 gallons to 640 gallons increased by 49.88% and increased the competitiveness.**

***Keywords — Simulation, Validation, Hypothesis tests, Line Balance***

## I. บทนำ

เนื่องด้วยอุตสาหกรรมปัจจุบันมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนและมีตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอเช่น การกระจายวัตถุดิบสินค้าด้านอุตสาหกรรม ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้มีความไม่แน่นอนด้านเวลาของวัตถุดิบ เครื่องจักร จึงเป็นการยากในการจัดสรรทรัพยากร ปัจจุบันการออกแบบและการพัฒนาอาศัย

แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยพิจารณาโดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง ประเภทแบบจำลองมี 2 ประเภทคือ 1. แบบต่อเนื่อง (Continuous) 2. แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ซึ่งงานวิจัยนี้นำสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ต้องการเพิ่มกำลังการผลิตที่โรงงานที่ 1 จังหวัดสมุทรสาคร และหยุดการผลิตโรงงานที่ 2 จังหวัดระยอง เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน แต่ทางโรงงานไม่ต้องการความผิดพลาดในการตัดสินใจจึงต้องการข้อมูลมาทำแบบจำลองและหาวิธีการปรับปรุงโรงงานผลิตที่ 1 หาค่าตัวแปรที่ส่งผลกระทบและปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลในแต่ละกระบวนการจับเวลาชิ้นต่อนาที พบว่าประเภทของระบบเป็นแบบ Stochastic System และประเภทของแบบจำลองเป็นแบบ Discrete Simulation โดยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ ARENA มาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งเป็นที่นิยมในการสร้างแบบจำลองเป็นอันดับที่ 1 [1]

ถึงแม้ว่าการสร้างแบบจำลองจะเป็นที่นิยมแต่สิ่งสำคัญคือข้อมูลที่มีคุณภาพและถูกต้องผ่านการตรวจสอบข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญในสายการผลิต เช่น Opertor, Process Manager, Expert Opinion เพื่อทำการทวนสอบระบบ (Verification) และตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่าง

ระบบจริง (Real System) กับแบบจำลอง (Model) หลังจากนั้นทำการ generate ข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์และหาเครื่องมือในการปรับปรุง อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือการจัดงานการผลิตให้เกิดความสมดุล เป็นเครื่องมือที่ช่วยปรับปรุงงาน ลดเวลาการผลิต เพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของสายการผลิต ลดกำลังคน ส่งสินค้าทันเวลา จากเทคนิคดังกล่าวจะช่วยการวิเคราะห์หาตัวแปรของสายการผลิตได้สะดวกมากขึ้นและปรับปรุงงานโดยไม่กระทบกระเทือนกระบวนการ

## II ทฤษฎีและหลักการ

### *II.I การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องและรูปแบบแจกแจงข้อมูล*

การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสายการผลิตส่วนมากจะแบ่งเป็นสถานีงาน (Workstation) มีการเกิดแถวคอย (Queuing) สอดคล้องกับทฤษฎีการจำลองการทำงานของระบบเป็นลำดับเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง [2] การผลิตของโรงงานกรณีศึกษาประกอบด้วย 11 สถานี แต่ละสถานีงานต้องทำงานให้เสร็จก่อนส่งต่อให้สถานีต่อไป ระบบการผลิตทำให้เกิด WIP, Queuing, และความล่าช้าที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีงาน การสร้างแบบจำลองต้องมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อกำหนดผลผลิต (Output) ที่ออกมาแต่ละสถานีงานโดยการจับเวลาการผลิตนาทีต่อชิ้นงาน ซึ่งต้องใช้การแจกแจงตัวเลขเพื่อเป็นค่าตัวแปรนำเข้า

การสร้างตัวแปรเป็นพื้นฐานเบื้องต้นเพื่อป้อนตัวเลขแบบไม่แน่นอนและเป็นอิสระต่อกัน ตัวเลขเป็นตัวอย่างของตัวเลขที่มีการแจกแจงของกระบวนการที่จำลองขึ้นมา การแจกแจงแต่ละครั้งข้อมูลที่เข้าไปในซอฟต์แวร์ได้ระบุค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ เพื่อกำหนดการแจกแจงอย่างสมบูรณ์ และให้ซอฟต์แวร์สามารถวิเคราะห์รูปแบบการกระจายข้อมูล

การรวบรวมความน่าจะเป็นของการกระจายข้อมูลในแต่ละรูปแบบสามารถเลือกใช้โดยชื่อที่ใช้ระบุการแจกจ่ายทั้งชื่อเต็มของตัวแปรหรือตัวย่อสี่ตัวอักษรของชื่อที่ประกอบด้วยสี่ตัวอักษรตัวแรก EXPONENTIAL(Mean) หรือ EXPO(Mean) หรือ EX(ParamSet) [3] ตัวอย่างเช่น การนำงานเข้าของโรงงานกรณีศึกษา จำนวน 200 ข้อมูลดังรูปที่ 1 มีรูปแบบแจกแจง 10 + EXPO (1.46) หมายถึงค่าคงที่ 10 บวกค่ากลาง 1.46 ดังแสดงในตารางที่ 1

### *II.II* ซอฟต์แวร์ ARENA และทวนสอบตรวจสอบความถูกต้อง (Verification, Validation)

Arrive - Notepad

File Edit Format View Help

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12.03 | 12.07 | 10.11 | 12.48 | 12.02 | 10.07 | 11.27 | 12.52 | 12.38 | 11.29 |
| 12.18 | 10.05 | 12.17 | 11.14 | 12.39 | 12.49 | 11.33 | 12.26 | 11.28 | 11.35 |
| 12.43 | 11.28 | 10.01 | 12.19 | 10.05 | 11.28 | 11.09 | 11.35 | 12.01 | 11.30 |
| 12.52 | 12.00 | 11.03 | 10.56 | 12.3 | 12.09 | 11.24 | 11.09 | 11.04 | 10.33 |
| 10.49 | 10.60 | 12.25 | 10.56 | 12.09 | 10.75 | 10.09 | 12.07 | 12.18 | 11.30 |
| 12.30 | 12.05 | 11.02 | 12.30 | 11.42 | 12.04 | 12.19 | 11.45 | 10.18 | 10.17 |
| 12.17 | 10.46 | 10.38 | 12.07 | 10.34 | 11.47 | 10.28 | 11.35 | 12.50 | 12.27 |
| 10.17 | 11.41 | 12.35 | 12.14 | 12.35 | 11.29 | 12.37 | 11.27 | 12.45 | 10.33 |
| 11.39 | 11.05 | 12.26 | 12.07 | 11.37 | 11.51 | 10.22 | 11.44 | 11.44 | 10.28 |
| 10.22 | 12.13 | 12.01 | 10.20 | 12.29 | 10.21 | 12.13 | 12.25 | 11.06 | 12.19 |
| 10.35 | 12.33 | 11.29 | 10.10 | 12.50 | 11.15 | 11.17 | 10.48 | 12.35 | 12.00 |
| 12.40 | 12.03 | 11.35 | 11.29 | 12.16 | 12.32 | 12.41 | 11.40 | 10.42 | 12.07 |
| 12.20 | 12.00 | 11.34 | 11.24 | 10.43 | 11.14 | 10.41 | 12.11 | 12.07 | 12.24 |
| 12.40 | 11.38 | 12.28 | 12.45 | 11.28 | 10.95 | 10.18 | 10.55 | 11.52 | 12.15 |
| 10.42 | 12.36 | 11.33 | 11.18 | 12.08 | 11.50 | 10.27 | 11.26 | 10.08 | 11.41 |
| 12.11 | 10.23 | 12.03 | 12.15 | 11.25 | 12.46 | 12.03 | 10.46 | 11.31 | 12.00 |
| 11.28 | 11.02 | 11.22 | 12.11 | 12.20 | 12.17 | 12.37 | 12.21 | 11.59 | 10.08 |
| 10.56 | 11.06 | 11.21 | 11.00 | 12.04 | 11.27 | 11.38 | 10.37 | 12.58 | 10.17 |
| 12.23 | 11.25 | 11.29 | 12.59 | 11.03 | 11.52 | 12.21 | 12.11 | 11.19 | 12.30 |

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลเวลานำงานเข้านาทีต่อชิ้น 200 ข้อมูล

การจำลอง (Simulation) คือ กระบวนการออกแบบจำลองของระบบงานจริง (Real System) เพื่อทดลองเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลผลิตจากการทดลองก่อนนำไปใช้ศึกษาวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป ส่วนประกอบแบบจำลองที่เป็นพื้นฐานหลัก 9 ส่วน [3]

- วัตถุที่ผู้สร้างตัวแบบจำลองสนใจ (Entities)
- คุณลักษณะประจำตัวของวัตถุ (Attributes)
- ตัวแปร (Variables)
- ทรัพยากร (Resources)
- แถวคอย (Queues)
- การเก็บค่าทางสถิต (Statistical Accumulators)
- เหตุการณ์ (Events)
- เวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ (Simulation Clock)
- เริ่มต้นและสิ้นสุด (Starting and Stopping)

ปัญหาที่ยากที่สุดประการหนึ่งที่นักวิเคราะห์แบบจำลองต้องเผชิญคือการพยายามค้นหาประเมินว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนที่ได้ถูกต้องหรือไม่กับระบบที่กำลังศึกษา เวลาและความสัมพันธ์ของความถูกต้อง การตรวจสอบ และการสร้างความน่าเชื่อถือการทดสอบที่ชัดเจนที่สุดของความถูกต้องของแบบจำลองคือการพิสูจน์ว่าผลผลิต (Output) จากแบบจำลองมีความคล้ายคลึงกับข้อมูลผลผลิตที่มาจากของระบบจริง (Real System) การเปรียบเทียบผลผลิต เรียกว่า Comparison with an Existing System [2] จากโรงงานกรณีศึกษาเลือกใช้การเปรียบเทียบผลผลิตแกลลอนจากทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง การทดสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% Type I error, $\alpha$ หรือเรียกว่า Model Builder's Risk ระบบจะแจ้งเตือนความผิดพลาดของแบบจำลองแบบเข้มงวด [7]

$H_0$ = Null Hypothesis สมมติฐานหลักค่าเฉลี่ยผลผลิตของระบบจริงไม่แตกต่างกับแบบจำลอง

$H_1$ = Alternative Hypothesis สมมติฐานทางเลือกค่าเฉลี่ยผลผลิตของระบบจริงแตกต่างกับแบบจำลอง

กรณี P-Value > 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธค่าเฉลี่ยสมมติฐานหลักได้ แสดงว่าไม่มีหลักฐานเพียงพอในการการสร้างความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง

### *II.III* เทคนิคจัดสมดุลผลิต

การจัดสมดุลการทำงานเป็นพื้นฐานของวิศวกรรมอุตสาหกรรม สมดุลผลิตเป็นกลยุทธ์ในการผลิตที่เกี่ยวข้องกับผู้ปฏิบัติงานและเครื่องจักรเพื่อให้สอดคล้องกับอัตราการผลิตกับ Takt Time ความสามารถของกระบวนการทำงาน เพื่อให้การไหลของกระบวนการต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เมื่อเวลาในการผลิตเท่ากับ Takt Time สายการผลิตนั้นจะมีความสมดุล เมื่อเวลาการในผลิตมากกว่า Takt Time ควรจัดเรียงลำดับงานใหม่เพื่อแก้ปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้น [4]

การทำ Balance Chart ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาทำงานในแต่ละสถานีงาน เมื่อเวลาทำงานในสถานีงานนั้นเวลาทำงานเกินค่ากำหนด จำเป็นต้องหาวิธีลดเวลาต่อหน่วยลงปรับปรุงวิธีการทำงานลดภาระโหลด ลดเวลาต่อหน่วยโดยการเพิ่มจำนวน Operation เพื่อลดภาระโหลดและจัดสมดุลงานใหม่ [5]

## III. การดำเนินการทดลอง

### *III.I* รวบรวมข้อมูลและปัญหา

โรงงานกรณีศึกษารับวัตถุดิบสาร A เป็นภาชนะถังขนาด 1,000 กิโลกรัม เรียกว่าถัง IBC รับวัตถุดิบจากผู้จัดส่ง (Supplier) การรับวัตถุดิบไม่สามารถกำหนดเวลารับเข้าได้ และนำมาแบ่งบรรจุเป็นภาชนะแกลลอน ๆ ละ 70 กิโลกรัม คำสั่งผลิต 18,000 แกลลอนต่อเดือน 30 วัน เวลาทำงานเริ่ม 08.00-16.00 รวม 480 นาที เวลาพักทานอาหาร 60 นาที และพักผ่อน 30 นาทีต่อวัน โรงงานกรณีศึกษากำหนดค่า OEE = 0.88 ค่า A = 0.96, P= 0.93, Q= 0.99 โดยงานวิจัยนี้ใช้ Takt Time กำหนดเวลาต่อชิ้นในการแก้ปัญหางาน

$$\textit{Takt Time} = \frac{\textit{Available production time per day}}{\textit{Customer demand per day}} \quad (1)$$

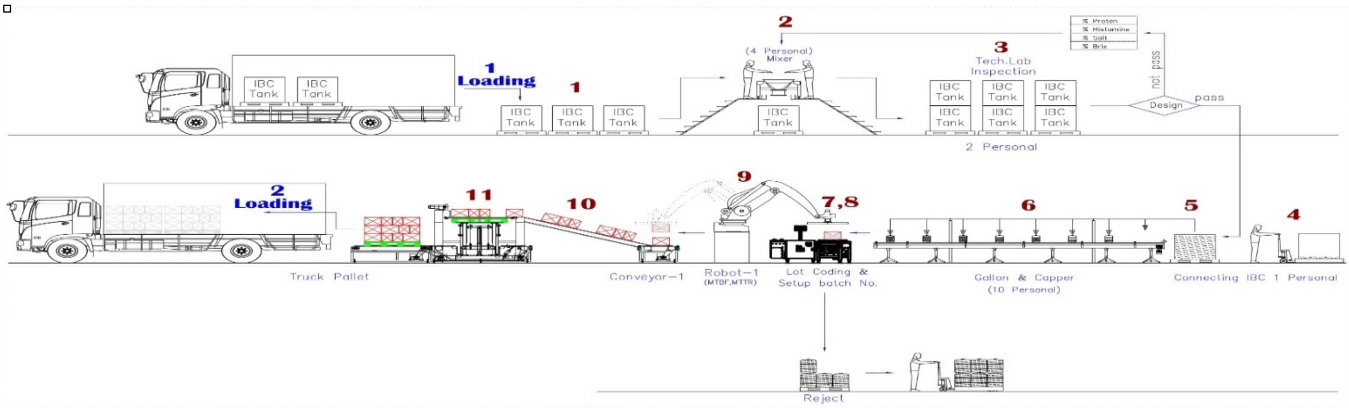
จากสมการที่ 1 หาค่า Takt Time = 390÷(18,000÷30) = 0.65 นาทีต่อแกลลอน ซึ่งค่า Takt Time จะคูณด้วยค่า OEE 0.88 ดังนั้นค่า Takt Time ที่ต้องการมีค่า 0.65× 0.88 = 0.572 นาทีต่อแกลลอน

QC ตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการกำหนดให้มีสินค้าต้องแก้ไขค่าทางคุณภาพส่วนผสม เช่น 1. ค่า Salt ไม่ผ่านร้อยละ 10 2. ค่า Protein ไม่ผ่านร้อยละ 1 3. ค่า Brix ไม่ผ่านร้อยละ 2 4. ค่า Histamine ผ่านทั้งหมด หลังผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว นำไปแบ่งบรรจุจาก IBC เป็นภาชนะแกลลอน กระบวนการผลิตกำหนดค่า Yield ร้อยละ 98 ของเสียที่เกิดขึ้นไม่สามารถที่นำมาแก้ไขเพื่อใช้ใหม่ ยอดผลิตสินค้าเฉลี่ย 427 แกลลอนต่อวัน คิดเป็น 12,810 แกลลอนต่อเดือน (30 วัน) และคิดเป็น On Time Delivery ร้อยละ 71.16, Lead Time 43 วันต่อคำสั่งผลิตของลูกค้า

การทดลองเพื่อกับหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกระบวนการดังรายละเอียดนี้

*III.II* สร้างแผนผังการไหลและรายละเอียดงาน

สถานีงานทั้งหมด 11 สถานีงาน ประกอบด้วย 1. Loading 1 นำถัง IBC เข้าสู่สถานีการนำงานเข้าตามรอบเวลาที่รถขนส่งเข้ามาซึ่งไม่สามารถกำหนดระยะเวลาได้ล่วงหน้า 2. Mixing เมื่อถัง IBC นำเข้ามาแล้วจะทำการผสมสาร A โดยใช้กำลังคน 4 คน 3. Lab Inspection Ingredient ตรวจสอบคุณภาพหลังจากผสมสาร A แล้ว โดยสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานจะถูกนำกลับไป Reprocess ใหม่เพื่อกลับไปยังสถานีงานที่ 2 โดยใช้กำลังคนจำนวน 2 คน 4. Moving by Hand Lift ขนถัง IBC จำนวน 1 คน ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปยังสถานีงานต่อไป 5. IBC to Gallon เป็นสถานีงานเชื่อมต่อปั๊มสำหรับดูดน้ำสาร A มาแบ่งบรรจุในการเชื่อมต่อต้องหยุดผลิตเพื่อรอการเชื่อมต่อ ใช้กำลังคน 1 คน 6. Filling Gallon เป็นสถานีงานสำหรับแบ่งบรรจุแบ่งจากถัง IBC เป็นภาชนะแกลลอนขนาด 70 กิโลกรัม กำลังคนที่ใช้จำนวน 10 คน 7. Setup Batch ปรับตั้งเปลี่ยนทุกๆ 30 นาทีโดยต้องหยุดการผลิตทุกครั้ง 8. Lot Coding การยิง Code ตามที่กำหนดไว้ 9. Packing by Robot เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ เป็นเครื่องจักรหลักในการจัดเรียงรูปแบบของภาชนะแกลลอน ผ่านระบบควบคุมอัตโนมัติ พบปัญหาการความถี่ในการซ่อมบำรุงสูงสุด 10. Conveyor ลำเลียงภาชนะแกลลอนที่จัดรูปแบบแล้วเพื่อส่งต่อ 11. Loading 2 เป็นแบบอัตโนมัติจัดจำนวนชั้นตามรูปแบบเพื่อส่งขึ้นรถบรรทุกดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 แผนผังกระบวนการไหลของโรงงานกรณีศึกษา

*III.III* แบบการจำลองสถานการณ์

แบบจำเหตุการณ์ได้รับการพัฒนาเพื่อเลียนแบบระบบจริง เป็นทางเลือกทดลองการปรับปรุง และประเมินสถานการณ์โดยไม่ต้องขัดจังหวะการปฏิบัติงานจริง เทคนิคนี้มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะการสร้างแบบจำลองระบบที่มีการผันแปรมาก [6] โดยกล่าวถึงแผนผังกระบวนการไหลดังรูปที่ 2 มาสร้างแบบจำลองโดยเก็บข้อมูลการทำงานแต่ละสถานีงานหน่วยเป็นนาทีเพื่อนำมาหารูปแบบการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ที่นำค่าออกมาได้ โดยวิเคราะห์ผ่าน Arena Input Analyzer แสดงรูปแบบการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ของสถานีงาน Mixing ดังนี้

รูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular ค่าพารามิเตอร์ TRIA(6.0, 8.37, 10.8) ค่า Square Error 0.066575 ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งแม่นยำ จำนวน 92 ข้อมูล ค่าต่ำสุดข้อมูล 6.0 ค่าสูงสุด 10.8 ค่าเฉลี่ย 8.37 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.08 ซึ่งต้องนำรูปแบบการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ใส่ข้อมูลลงในสถานีงานในซอฟต์แวร์ ARENA โดยทั้ง 11 สถานีงาน แสดงค่าออกมาในตารางที่ 1 โดยระบบจะเลือกรูปแบบการแจกแจงที่มีค่า Square Error น้อยที่สุดหรือขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ใช้งาน โดยระบบจะทำการ Random ตัวเลขตามค่าพารามิเตอร์ที่แสดงไว้เพื่อให้เกิดความสมจริงใกล้เคียงกับการทำงาน

แบบจำลองสถานการณ์ส่วนโรงงานกรณีศึกษาถูกสร้างแบบจำลองแบ่งเป็น 3 Module ประกอบด้วย 1. Mixing Module 2. Filling Module 3. Packing Module โดยกำหนด Replication Length เท่ากับ 1 วัน Hours Per Day เท่ากับ 6.50 ชั่วโมงหรือ 390 นาที (480-60-30) = 390 นาที÷60 = 6.50 ชั่วโมงสามารถเขียนแบบจำลองได้ดังนี้

*III.III.I* แบบจำลอง Mixing Module

ส่วนที่ 1 แสดงสถานีงานที่ 1-4 ดังแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้

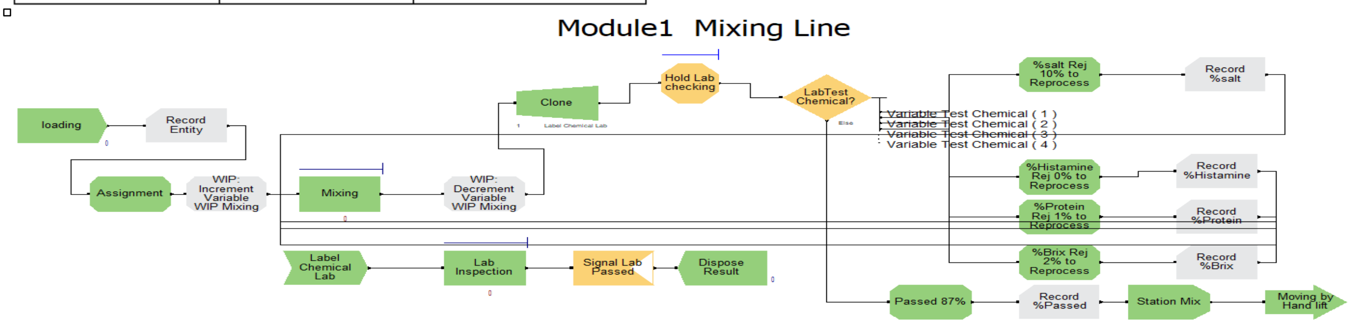
สถานีงานที่ 1 loading 1 การนำงานเข้ามีรูปแบบแจกแจงแบบ Exponential 10+EXPO(1.46) รับเข้าครั้งละ 1 Entities หน่วยเป็น IBC และกำหนด Assignment attribute ระบุคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุที่เข้าสู่โมดูลนี้

สถานีงานที่ 2 Mixing ใช้กำลังคน 4 คน แบ่งการทำงานเป็น SET เลือก Selection Rule Cyclical มีรูปแบบแจกแจง TRIA(6.0, 8.37, 10.8) หมายถึง คนผสมสาร A มีการกระจายแบบสามเหลี่ยม ค่าต่ำสุด 6.0 ค่าฐานนิยม 8.37 ค่าสูงสุด 10.8 หน่วยเป็นนาที

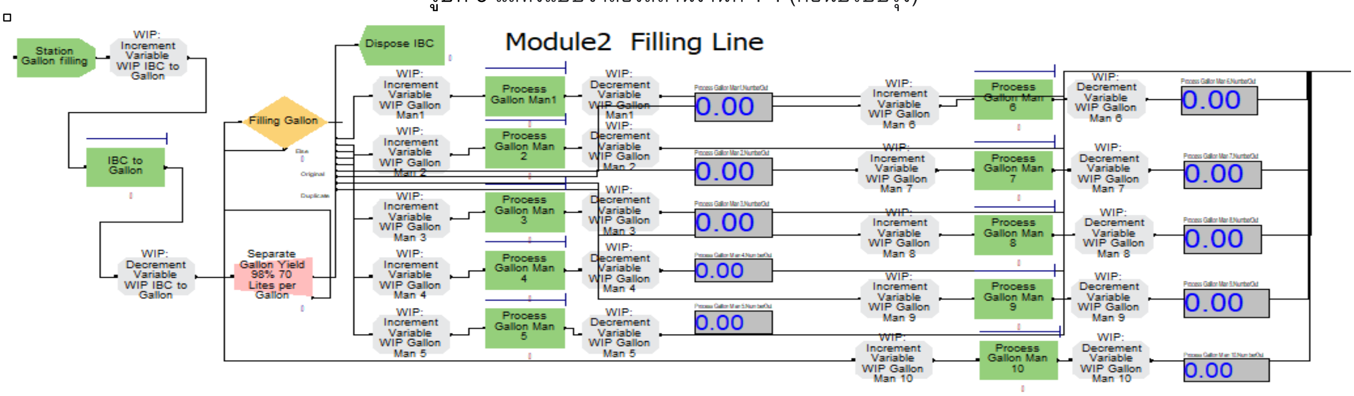
สถานีงานที่ 3 Lab Inspection Ingredient ใช้กำลังคน 2 คน แบ่งการทำงานเป็น SET เลือก Selection Rule Cyclical มีรูปแบบแจกแจง 10+7.97*BETA(3.52, 3.78) มีการตัดสินใจ Lab Inspection แบบ N-way by Chance

ตารางที่ 1 แสดงการแจกแจงข้อมูลแต่ละสถานีผ่านระบบ Input Analyzer

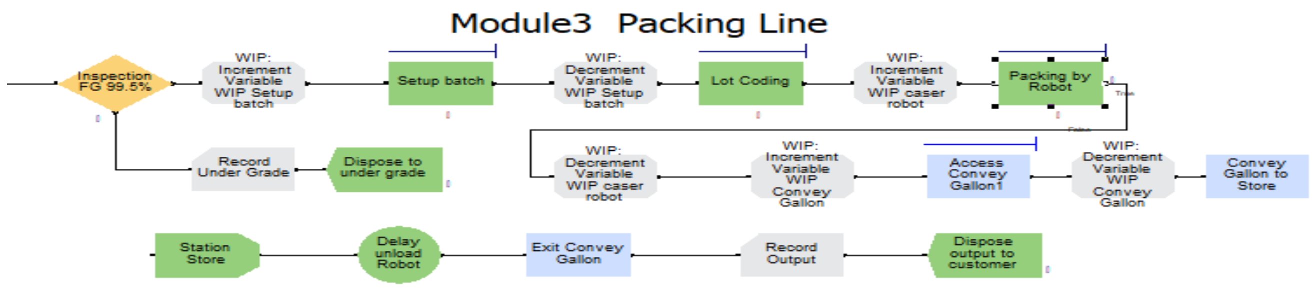
| workstations | Distribution | Expression |
|---|---|---|
| Loading 1 | Exponential | 10+EXPO(1.46) |
| Mixing | Triangular | TRIA(6.0, 8.37, 10.8) |
| Lab Inspection Ingredient | Beta | 10+7.97*BETA(3.52, 3.78) |
| Moving by Hand lift | Triangular | TRIA(1.3, 2.21, 2.49) |
| IBC to Gallon | Beta | 2+0.551*BETA(1.14, 1.33) |
| Filling Gallon | | |
| Gallon Man#1 | Weibull | 5+WEIB(0.204, 1.61) |
| Gallon Man#2 | Beta | 5.0+0.73*BETA(1.64, 2.24) |
| Gallon Man#3 | Beta | 5.0+0.73*BETA(1.93, 2.37) |
| Gallon Man#4 | Beta | 5.0+0.771*BETA(1.44, 2.27) |
| Gallon Man#5 | Triangular | TRIA(5.0, 5.34, 5.65) |
| Gallon Man#6 | Beta | 5.06+0.58*BETA(2.63, 1.8) |
| Gallon Man#7 | Beta | 5.0+0.65*BETA(2.37, 1.67) |
| Gallon Man#8 | Beta | 5.0+0.65*BETA(1.39, 1.37) |
| Gallon Man#9 | Triangular | TRIA(5.0, 5.39, 5.65) |
| Gallon Man#10 | Triangular | TRIA(5.0, 5.57, 5.65) |
| Setup batch | Normal | NORM(5.1, 0.0836) |
| IJP Coding | Constant | 0.033 |
| Packing Robot | Constant | 0.25 |
| MTTR | Weibull | 10+WEIB(4.28, 0.841) |
| MTBF | | 360 + WEIB(16.5, 4.11) |
| Conveyor | Constant | 0.1 |
| Loading 2 | Constant | 0.25 |




รูปที่ 3 แสดงแบบจำลองสถานีงานที่ 1-4 (ก่อนปรับปรุง)




รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองสถานีงานที่ 5-6 (ก่อนปรับปรุง)




รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองสถานีงานที่ 7-11 (ก่อนปรับปรุง)

คือทางเลือกของโอกาสที่เป็นไปได้ N ทาง และมี Percent True 0-100 ผลรวมของความน่าจะเป็นของ N เท่ากับ 100% เสมอ เลือกกฎการบริการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตแบบ Preempt

สถานีงานที่ 4 Moving by Hand Lift รูปแบบแจกแจง TRIA(1.2, 2.21, 2.49) เมื่อ Lab Inspection รายงานผลผ่านจะลำเลียงโดยใช้ Hand Lift มีการกระจายแบบสามเหลี่ยม ค่าต่ำสุด 1.2 ค่าฐานนิยม 2.21 ค่าสูงสุด 2.49 หน่วยเป็นนาที

*III.III.II* แบบจำลอง Filling Module

ส่วนที่ 2 แสดงสถานีงานที่ 5-6 แสดงในรูปที่ 4

สถานีงานที่ 5 Connecting IBC เชื่อมต่อระหว่าง IBC ไปยังภาชนะแกลลอนรูปแบบแจกแจง 2+0.551*BETA(1.14, 1.33) Failure Count 1 Down time 2+0.551*BETA(1.14, 1.33)

สถานีงานที่ 6 Filling Gallon มีจำนวนคนงาน 10 คน แบ่งการทำงานเป็นโอกาสที่เป็นไปได้ N ทาง และมี Percent True 0-100 ผลรวมของความน่าจะเป็นของ N เท่ากับ 100% เสมอ เลือกกฎการบริการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตแบบ Preempt หลังจากบรรจุแล้วพบน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานร้อยละ 0.5

*III.III.III* แบบจำลอง Packing Line

ส่วนที่ 3 แสดงสถานีงานที่ 7-11 แสดงในรูปที่ 5 ดังนี้

สถานีงานที่ 7 Setup batch ทำการปรับตั้งค่า DDMMYYYY:hhmm ทุก 30 นาทีโดยใช้เวลาในการปรับตั้งรูปแบบแจกแจง NORM(5.1, 0.0836) Failure Up time 30, Down time NORM(5.1, 0.0836)

สถานีงานที่ 8 Lot Coding เครื่องอัตโนมัติในการ Coding รูปแบบแจกแจงเป็น Constant 0.033

สถานีงานที่ 9 Packing Robot เครื่องอัตโนมัติในการจัดเรียงสินค้าด้วยหุ่นยนต์มีรูปแบบแจกแจงเป็น Constant 0.25 และมีการเวลาการซ่อมบำรุงเฉลี่ยต่อครั้ง 10+WEIB(4.28, 0.841) ต่อวัน Failure Up time 360 + WEIB(16.5, 4.11) Down time 10 + WEIB(4.28, 0.841)

สถานีที่ 10, 11 จุดงาน Conveyor, Loading 2 การทำงานอัตโนมัติรูปแบบแจกแจง Constant 0.1, 0.25

คำนวณค่า Half-Width ดังสมการที่ 2 [3] ยอมรับค่าช่วงความกว้างข้อมูล ±2 โดยกำหนดค่า $n_0$ เริ่มต้นเท่ากับ 20 ครั้ง

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h^2} \tag{2}$$

*III. IV* วิเคราะห์ Balance Chart

ผลการจำลองสถานการณ์ระบบงานจริงได้ข้อมูลค่า Total Time Per Entities และ Cycle Time ในตารางที่ 2 นำข้อมูลมาทำ Balance Chart เป็นค่ากำหนดความสม่ำเสมอในการผลิตและนำ Cycle Time แต่ละสถานีงานที่ถูกสร้างข้อมูลจากซอฟต์แวร์ ARENA เพื่อมาปรับปรุงสมดุลของสายการผลิตทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรที่แสดงให้เห็นว่าต้องปรับปรุงสถานีงานไหนและให้ค่าผลผลิตตามที่โรงงานกรณีศึกษาต้องการดังรูปที่ 6

ตารางที่ 2 ผลการจำลองสถานการณ์ระบบงานจริง (Real system)

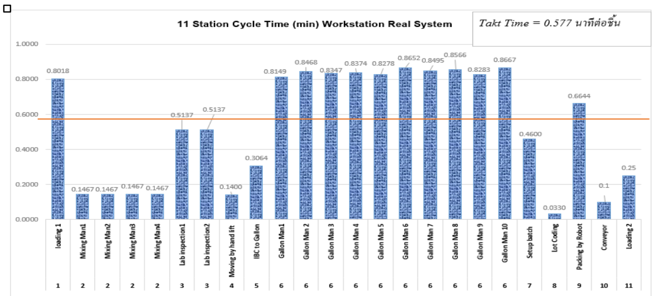
| Work Elements | | Real System Model | | |
|---|---|---|---|---|
| Step No. | Workstation | Operator No. | Total Time (min) Per Entities | Cycle Time (min) Workstation |
| 1 | loading 1 | Auto | 11.45 | 0.8018 |
| 2 | Resource Mixing Man | 1 | 8.3798 | 0.1467 |
| | | 1 | | |
| | | 1 | | |
| | | 1 | | |
| 3 | Resource QC inspection | 2 | 14.6721 | 0.5137 |
| 4 | Moving by hand lift | 1 | 2.000 | 0.1400 |
| 5 | IBC to Gallon | 1 | 4.3758 | 0.3064 |
| 6 | Process Gallon Man1 | 1 | 11.6378 | 0.8149 |
| | Process Gallon Man 2 | 1 | 12.0932 | 0.8468 |
| | Process Gallon Man 3 | 1 | 11.9207 | 0.8347 |
| | Process Gallon Man 4 | 1 | 11.9590 | 0.8374 |
| | Process Gallon Man 5 | 1 | 11.8222 | 0.8278 |
| | Process Gallon Man 6 | 1 | 12.3557 | 0.8652 |
| | Process Gallon Man 7 | 1 | 12.1312 | 0.8495 |
| | Process Gallon Man 8 | 1 | 12.2335 | 0.8566 |
| | Process Gallon Man 9 | 1 | 11.8272 | 0.8283 |
| | Process Gallon Man 10 | 1 | 12.3770 | 0.8667 |
| 7 | Process Setup batch No. | Auto | 0.4600 | 0.4600 |
| 8 | Process IJP Coding | Auto | 0.0330 | 0.0330 |
| 9 | Process Packing by Robot | Auto | 0.6644 | 0.6644 |
| 10 | Transport by Conveyor | Auto | 0.1 | 0.1 |
| 11 | loading 2 | Auto | 0.25 | 0.25 |

ประการแรกจากเส้น Takt Time ถึงรอบเวลาของสถานีงานคือจุดเวลาที่รอคอยซึ่งเป็นเวลาที่เสียไปสำหรับสถานีงานนั้น

ประการที่สอง เมื่อเปรียบเทียบความสูงของแท่งกราฟจะเห็นได้ว่ากระบวนการไม่สมดุลและปรับสมดุลใหม่ใช้เทคนิค Yamazumi Chart

ประการที่สาม แท่งกราฟสูงสุดคือคอขวดซึ่งเห็นได้ชัดเจน ผู้วิจัยดำเนินการปรับสมดุลทั้งหมด 7 ข้อดังนี้ 1. กำหนดรอบเวลาการนำงานเข้าให้ทันกับ Takt Time เฉลี่ยทุกๆ 8 นาทีต่อรอบ 2. ลดจำนวนพนักงานจุดงาน Mixing ลงร้อยละ 50 จาก 4 คน คงเหลือ 2 คน 3. สถานีที่เชื่อมต่อสายพานทดแทนการลำเลียงด้วย Hand Lift

4. ลดเวลาการ IBC to Gallon โดยกำหนด Buffer IBC แบบอัตโนมัติเพิ่ม

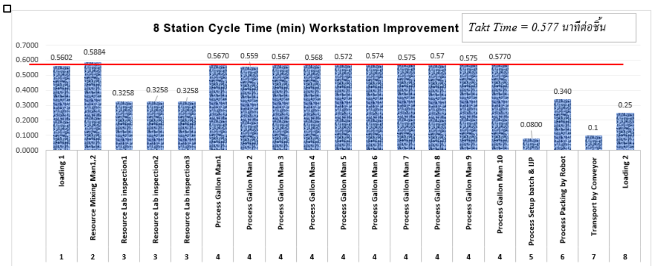



รูปที่ 6 แสดง Cycle Time ของแต่ละสถานีงานเทียบ Takt Time (ปัจจุบัน)

1 ชุดเพื่อลดการรอคอยระหว่างการ Setup และลดสถานีงานได้ 5. เพิ่มประสิทธิผลบรรจุโดยปรับแรงดัน Flow Rate ($m^3$/sec) ให้พนักงานบรรจุมี Cycle Time ลดลง จากเฉลี่ย 5.5 นาทีเป็น 3.5 นาที 6. ลดจำนวน Workstation สถานีงานที่ 7 รวมกับสถานีงานที่ 8 เรียกสถานีงานใหม่ว่า Setup batch & Lot Coding โดยใช้เทคนิค ECRS 7. สถานีงาน Packing by Robot พบว่า Cycle Time สูง ต้องลด Breakdown เท่ากับศูนย์ ปรับ Cycle Time จาก 0.25 เป็น 0.15

## IV. ผลการทดลอง

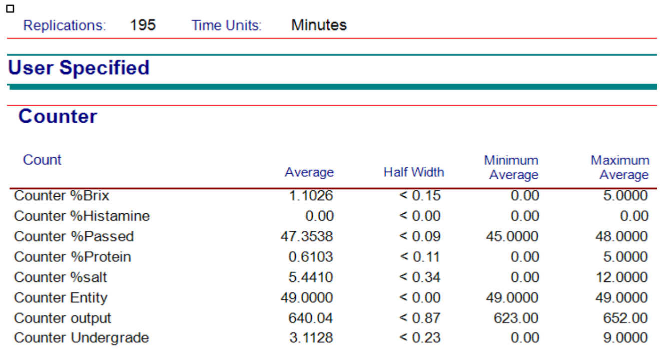
ผลการทดลองจากการ RUN แบบจำลอง Number of Replication = 195 ยอมรับค่าช่วงความกว้างข้อมูล ±2 พบว่าได้ผลลัพธ์ 428.3 แกลลอน Half Width < 1.92 เปรียบเทียบกับระบบจริงได้ผลลัพธ์ 427 แกลลอน ทดสอบสมมติฐานพบว่าค่า P-Value =0.386 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ค่าเฉลี่ยผลผลิตของระบบจริงไม่แตกต่างกับแบบจำลอง นำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมาทำ Line Balancing ดังรูปที่ 7 พบว่าจากการปรับสมดุลเห็นได้ชัดเจนว่า Cycle Time ของจุดคอขวดลดลงและค่าใกล้เคียงกับค่า Takt Time มากขึ้นส่งผลให้ลดสถานีงานได้ 3 สถานี Delivery On Time 100%, เวลานำการผลิตลดลง 14 วัน กำลังคนลดลง 2 คน ค่า OEE เพิ่มขึ้นร้อยละ 10.22 และผลผลิต เท่ากับ 640 แกลลอน ดังรูปที่ 8 คิดเป็นร้อยละ 49.88 โดยอ้างอิงข้อมูลจากซอฟต์แวร์ ARENA ได้ผลดังตารางที่ 3




รูปที่ 7 แสดง Cycle Time ของแต่ละสถานีงานเทียบ Takt Time (ปรับปรุง)

ตารางที่ 3 แสดงผลการปรับปรุงโดยผ่านซอฟต์แวร์ ARENA

| Process Summary | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ลำดับ | หัวข้อ | Real System | Improvement | % Improvement |
| 1 | สถานีงาน | 11 สถานีงาน | 8 สถานีงาน | 27.27% Reduction |
| 2 | % On-Time Delivery (30 day) | 71.27% | 100.00% | 28.73% |
| 3 | เวลานำการผลิต | 43 วัน | 29 วัน | 32.55% Reduction |
| 4 | กำลังคน | 18 คน | 16 คน | 5.55% Reduction |
| 5 | % OEE | 88.00% | 97.00% | 10.22% |
| 6 | ผลผลิต (Output) | 427 | 640 | 49.88% |



Replications: 195 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

| Count | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|---|---|---|---|---|
| Counter %Brix | 1.1026 | < 0.15 | 0.00 | 5.0000 |
| Counter %Histamine | 0.00 | < 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Counter %Passed | 47.3538 | < 0.09 | 45.0000 | 48.0000 |
| Counter %Protein | 0.6103 | < 0.11 | 0.00 | 5.0000 |
| Counter %salt | 5.4410 | < 0.34 | 0.00 | 12.0000 |
| Counter Entity | 49.0000 | < 0.00 | 49.0000 | 49.0000 |
| Counter output | 640.04 | < 0.87 | 623.00 | 652.00 |
| Counter Undergrade | 3.1128 | < 0.23 | 0.00 | 9.0000 |

รูปที่ 8 แสดงผลผลิตของกระบวนการจากแบบจำลองสถานการณ์

## V. สรุป

กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาผลิตสาร A จากผลการจำลองสถานการณ์สามารถเพิ่มผลผลิตโรงงานที่ 1 จังหวัดสมุทรสาคร ร้อยละ 49.65 สถานีงานลดลงจาก 11 คงเหลือ 8 สถานีงาน กำลังคนลดลงจาก 18 คน คงเหลือ 16 คน คิดเป็นร้อยละ 5.55 ระยะเวลานำการผลิตลดลง จาก 43 วัน คงเหลือ 29 วัน คิดเป็นร้อยละ 32.55 OEE เพิ่มขึ้นจาก 0.88 เป็น 0.97 คิดเป็นร้อยละ 10.22 ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 427 แกลลอน เป็น 640 แกลลอน คิดเป็นร้อยละ 49.88 โดยสามารถส่งสินค้าได้ทันเวลาและสามารถทำสินค้าคงคลังเพื่อเพิ่มปริมาณคำสั่งผลิตได้ ลดต้นทุนการผลิต และสามารถสร้างความสามารถในการแข่งขัน และทราบถึงค่าตัวแปรควบคุมที่ส่งผลกระทบได้แก่สถานีงาน การนำงานเข้า การบรรจุแกลลอน การจัดเรียงบรรจุภัณฑ์ด้วยหุ่นยนต์ เป็นสถานีงานหลักเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานในการปรับปรุง

## เอกสารอ้างอิง


[1] Luís M. S. Dias, et al., "DISCRETE SIMULATION SOFTWARE RANKING – A TOP LIST OF THE WORLDWIDE MOST POPULAR AND USED TOOLS", Proceedings of 2016 Winter Simulation Conference.

[2] Averill M. Law, *Simulation Modeling and Analysis,* 15th ed, New York: McGraw-Hill Education, 2015.

[3] W. David Kelton, et al., *Simulation with Arena*, 6th ed, New York: McGraw-Hill Education, 2015 Page 284.

[4] Lonnie Wilson, *How to Implement Lean Manufacturing,* 1st ed, New York: McGraw-Hill Education, 2010.

[5] Zupan, H., Herakovic, N. "Production line balancing with discrete-event simulation: A case study" IFAC-PapersOnLine 48-3 (2015) 2305–2311

[6] Nuntapon Dilokcharoen, Nattapoom Charoenlarpkul, Pisut Pongchairerks "Flow-shop and Job-shop Scheduling Problems Solved by Simulation Models" TNI Journal of Engineering and Technology, Vol.3 No.1 January-June 2015.

[7] Balci, O. and R. G. Sargent. 1981. "A methodology for cost-risk analysis in the statistical validation of simulation models". Comm. of the ACM 24 1981

# การสอนภาษาญี่ปุ่นด้วยสื่ออนิเมชั่น

ธนาเศรษฐ์ กิตติรัตน์ญานิน*1 พีรยา เศรษฐพัฒน์2

*1*บริหารธุรกิจบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น, จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*2บริหารธุรกิจบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น, จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : peeraya@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเชิงปริมาณและคุณภาพในหัวข้อ การสอนภาษาญี่ปุ่นด้วยสื่ออนิเมชั่น จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความต้องการของผู้ที่กำลังศึกษาภาษาญี่ปุ่นต่อการใช้สื่อประเภทอนิเมชั่นในการเรียนการสอนและค้นหาแนวทางและข้อแนะนำในการใช้อนิเมชั่นในการสอนภาษาญี่ปุ่นสำหรับผู้สอนรวมถึงค้นหาสื่ออนิเมชั่นหรือสื่ออื่น ๆ ที่จะนำมาใช้ในการสอนภาษาญี่ปุ่นในอนาคต เนื่องจากในปัจจุบันในความคิดของผู้เรียนนั้นคิดว่าการเรียนภาษาญี่ปุ่นนั้นมีความซ้ำซากและเริ่มมีความน่าสนใจน้อยลง จึงหวังว่าการวิจัยครั้งนี้อาจเป็นแนวทางในการแก้ปัญหานี้ในอนาคต

โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้ที่กำลังหรือเคยศึกษาภาษาญี่ปุ่นจำนวน 200 คนด้วยวิธีการเก็บข้อมูลแบบสอบถามผ่านกูเกิลฟอร์ม (Google Form) โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 3 เดือนและคณาอาจารย์ผู้สอนสอนภาษาญี่ปุ่น 10 ท่าน โดยกำหนดเป็นอาจารย์ชาวไทย 5 ท่าน และอาจารย์ชาวญี่ปุ่น 5 ท่าน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์

***คำสำคัญ – การสอน, ภาษาญี่ปุ่น, สื่ออนิเมชั่น***

# Teaching Japanese with Animation Media

Thanasett Kittiratyanin*1 Peeraya Setthapat2

*1*Faculty of Business Administrator, Thai – Nichi Institute of Techology, Bangkok, Thailand*
*2Faculty of Business Administrator, Thai – Nichi Institute of Techology, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: peeraya@tni.ac.th

***Abstract***

This research conducted with the quantitative and qualitative under the research "Teaching Japanese with animation media". The purpose of the research is to explore the needs of studying Japanese with an animation media including to find out the guidelines and recommendations for using the animation media in the future. Japanese for teachers as well as searching for animation or other materials that will be used in future Japanese language teaching. Since nowadays, in the minds of students, Japanese lecturing in the present day has a repeated teaching method and less interesting. Therefore, the researcher hopes that this research could be a good solution in the future.

The sample size is 200 respondents who are studying Japanese. The questionnaire was collect by using the questionnaires via Google Form. The data collection period is around 3 months. Moreover, 10 lecturers conducted the deep interview.

***Keywords*** **– Teaching, Japanese, Animation**

**1) บทนำ**

การสอนภาษาญี่ปุ่นนั้นได้เริ่มมีการเรียนการสอนยุคแรกเมื่อปีพุทธศักราช 2477 ในระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 7 – 8 แผนกวิสามัญภาษาต่างประเทศ ณ โรงเรียนมัธยมวัด

บพิตรภิมุข กรมวิสามัญศึกษา กระทรวงธรรมการ ปัจจุบัน คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่บพิตรพิมุขจักรวรรดิ และเริ่มการสอนระดับอุดมศึกษาที่คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เปิดสอนวิชาภาษาญี่ปุ่นเป็นวิชาเลือกใน พ.ศ. 2485 ซึ่งในปัจจุบันเหตุผลในการเลือกเรียนภาษาญี่ปุ่นนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 เหตุหลักคือ

1. ประเทศไทยมีบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นมาลงทุนอยู่จำนวนมากถึง 1,750 องค์กร (2563) โดยมีบริษัทรายใหญ่อย่าง โตโยต้า และยังมีรายเล็กอย่างร้านอาหารญี่ปุ่นเป็นจำนวนมาก โดยเมื่อเทียบภายในอาเซียนแล้วประเทศไทยมีจำนวนบริษัทญี่ปุ่นที่เข้ามาลงทุนเป็นอันดับสอง รองมาจากเวียดนาม (2549) ซึ่งการเข้ามาลงทุนของบริษัทญี่ปุ่นนั้น ทำให้ตลาดแรงงาน มีความต้องการบุคคลากรที่มีความสามารถทางภาษาญี่ปุ่นจำนวนมากขึ้น

2. มีการเสพสื่อบันเทิงเกี่ยวกับญี่ปุ่นเพิ่มมากขึ้น คงปฏิเสธได้ยากว่าสื่อบันเทิงที่มีความนิยมในสังคมไทยนั้น มีแค่สื่อบันเทิงจากทางฝั่งตะวันตก อย่างเช่น จากค่าย Waltz Disney เพราะสื่อบันเทิงญี่ปุ่นนั้น อยู่กับคนไทยมานานจนเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตตั้งแต่วัยเด็กของคนไทยหลายคน ซึ่งในปัจจุบันนั้น ยังมีความแพร่หลายทางอินเทอร์เน็ต ทำให้การเข้าถึงสื่อบันเทิงญี่ปุ่นสะดวกขึ้นมาก

การสอนภาษาญี่ปุ่นในปัจจุบันนั้น สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก ดังนี้

**1. แบ่งตามจุดประสงค์ในการเรียน** แบ่งได้เป็นสองจุดประสงค์

a. เพื่อใช้ในการสอบ

b. เพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน

**2. แบ่งตามทักษะภาษาญี่ปุ่นที่ต้องการ** ภาษาญี่ปุ่นมีทักษะโดยพื้นฐานอยู่ 4 อย่าง ได้แก่ คำศัพท์ ไวยากรณ์ การฟังและการอ่าน

ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนภาษาญี่ปุ่นที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนั้น ได้เกิดปัญหาที่ว่าผู้เรียนนั้นมีอาการเบื่อหน่ายต่อการเรียนภาษาจนนำไปสู่การเลิกเรียนและไม่ใส่ใจในการเรียนภาษาญี่ปุ่น

## 2) วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสอนภาษาญี่ปุ่นในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากการใช้สื่อเดิม ๆ อาทิ หนังสือเรียน
2. เพื่อเป็นแนวทางและทางเลือกสื่อที่จะใช้ในการสอนให้กับผู้สอนภาษาญี่ปุ่น
3. เพื่อทราบถึงความต้องการของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นต่อการที่มีสื่ออนิเมชั่นในการเรียนภาษาญี่ปุ่น

## 3) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**แนวคิดวัฒนธรรมสมัยนิยม (Popular Culture)**

“Popular Culture” มีการใช้คำเรียกในภาษาไทยหลายแบบ เช่น วัฒนธรรมสมัยนิยม วัฒนธรรมประชานิยม ซึ่งไม่ว่าจะใช้คำใดก็ตาม การพิจารณาว่าสิ่งๆ นั้นเป็นความนิยมของผู้คนในยุคสมัยหรือเป็นวัฒนธรรมสมัยนิยมหรือไม่นั้น อาจพิจารณาได้จากเกณฑ์ทั้ง 4ประการ ได้แก่

1. เป็นสิ่งที่ชื่นชอบหรือยอมรับโดยผู้คนจำนวนมาก

2. เป็นสิ่งที่ถูกมองว่าต่ำชั้นและไร้คุณค่าหรือรสนิยมทางศิลปะ

3. เป็นสิ่งที่ออกแบบมาเพื่อให้คนจำนวนมากชื่นชอบเพื่อประโยชน์ทางการค้าและบริโภคนิยม

4. เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นโดยผู้คนเพื่อพวกเขาเอง

**แนวคิดวิธีการสอนภาษา จากหนังสือ ベーシック日本語教育 ของ 佐々木泰子**

1. Grammar Translation Method (วิธีการแบบแปลไวยากรณ์) เป็นการสอนที่เน้นไปที่การจำไวยากรณ์และประโยคที่เขียนไว้ ทำให้ผู้เรียนสามารถอ่านประโยคที่ถูกเขียนไว้ได้

2. Natural Method (วิธีสอนแบบธรรมชาติ) เป็นวิธีการสอนที่ใช้ผู้สอนภาษาต่างประเทศที่เป็นเจ้าของภาษาสอนให้ผู้เรียนที่อยู่ในห้องเรียนจำนวนไม่มาก ผ่านกิจกรรมในห้องเรียน โดยที่จะไม่มีการอธิบายเป็นภาษาของผู้เรียน ผู้เรียนจะได้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมในห้องและลอกเลียนการออกเสียงจากผู้สอน

3. Phonetic Method (วิธีเน้นการออกเสียง) เป็นการสอนที่เน้นเรื่องการออกเสียง

4. Oral Method (วิธีสอนด้วยปากเปล่า) เป็นการสอนที่มีวิธีการฝึก 7 อย่าง 1. ฝึกฟังแยกเสียง 2. ฝึกออกเสียง

3. ฝึกทำซ้ำ 4. ฝึกแก้ไขแล้วทำซ้ำ 5. ฝึกเปลี่ยนรูป 6. ฝึกสั่ง 7. ฝึกให้เป็นแบบ

5. Direct Method (วิธีสอนแบบตรง) เป็นการสอนแบบกำหนดคำศัพท์หรือประโยคที่ถูกใช้ในสถานการณ์นั้นแล้วสอนการพูดการฟัง โดยเชื่อว่าผู้เรียนจะเรียนคำศัพท์ได้ดียิ่งขึ้นหลังจากได้ฟังคำศัพท์แล้ว

6. ASTP (Army Specialized Training Program) เป็นวิธีการสอนเน้นไปที่โครงสร้างของคำศัพท์และประโยค

7. Audio-Lingual Method (วิธีสอนแบบฟัง-พูด) เป็นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนได้เรียนทุกองค์ประกอบของภาษาและนำมาทำซ้ำไปเรื่อยจนเกิดความชำนาญ (Pattern Practice)

8. Silent way (วิธีเงียบ) เป็นวิธีการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลองใช้ภาษานั้น ๆ และรับรู้ถึงจุดที่ผิดด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนจะเป็นเพียงผู้สังเกตการณ์และคอยช่วยเหลือยามจำเป็น

9. Community Language Learning (วิธีสอนภาษาแบบกลุ่มสัมพันธ์) เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนเลือกในสิ่งที่อยากจะพูด โดยพุดเป็นภาษาที่ต้องการจะเรียน และเมื่อมีจุดที่ไม่ทราบ ผู้สอนจะผู้ช่วยเหลือ

10. Total Physical Response (วิธีสอนแบบการตอบสนองด้วยท่าทาง) เป็นการสอนที่เน้นการฟัง ผู้สอนเป็นผู้พูดและให้ผู้เรียนปฏิบัติตาม

11. Natural Approach (วิธีเข้าหาแบบธรรมชาติ) เป็นวิธีการสอนภาษา โดยใช้รูปแบบจากการสอนภาษาให้แก่เด็กเล็ก

12. Suggestopedia (วิธีการสอนแบบชักชวน) เป็นการสอนที่ใช้การชักชวนผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนผ่อนคลายไม่ตึงเครียดและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับรู้ของผู้เรียนได้

13. Cognitive Approach (วิธีการสอนแบบความรู้ความเข้าใจ) เป็นการสอนแบบที่ยึดแนวคิดที่ว่าภาษาเป็นระบบที่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ ความเข้าใจ และการแสดงออกทางภาษาขึ้นอยู่กับความเข้าใจ กฎเกณฑ์ เมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจรูปแบบของภาษาและความหมายแล้ว ก็จะสามารถใช้ภาษาได้ การสอนจึงมุ่งฝึกทักษะทุกด้านตั้งแต่เริ่มสอน

14. Communicative Approach หรือ Communicative Language Teaching (การสอนภาษาแบบสื่อสาร) เป็นการสอนภาษาโดยเชื่อมระหว่างความรู้ทางภาษา ทักษะทางภาษา และความสามารถในการสื่อสารเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้โครงสร้างภาษาเพื่อสื่อสาร

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

-Chan Yee Han และ Wong Ngan Ling ได้ทำการวิจัยเรื่อง The Use of Anime in Teaching Japanese as a Foreign Language (2017)

[Faculty of Languages and Linguistics, University of Malaya Jalan Universiti] ได้กล่าวว่าเนื่องในปัจจุบันมีการแพร่หลายของ สื่อบันเทิงจากประเทศญี่ปุ่นอย่าง อนิเมะ จึงทำให้ความสนใจทั้งวัฒนธรรมและภาษาญี่ปุ่นแพร่หลายมากขึ้น จึงมีการเล็งเห็นว่าจะสามารถใช้ในการสอนภาษาญี่ปุ่นได้ เพื่อเพิ่มความหลากหลายและสนุกสนานในคาบเรียน จึงมีการทดลองนำอนิเมะมาใช้เป็นสื่อการสอนในJFL (japanese foreign language) ที่มีจำนวนนักเรียนเฉลี่ยห้องละ10 – 15 คน โดยมีทั้งการทำบทบาทสมมติ (Roleplay) การพากย์ไปพร้อมกัน การวิเคราะห์บทพูด เป็นต้น โดยผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากสามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงประโยคที่ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ไวยากรณ์ หรือ สำนวนอื่น ๆ และยังสามารถเข้าถึงผู้เรียนได้ง่ายขึ้น

- **田島弘司** ได้ทำการวิจัย เรื่อง **アニメを活用した日本語教育の可能性** (2017) [**上越教育大学**] ได้กล่าวว่า ได้ทำการวิจัยรวมถึงการสืบประวัติว่าการใช้อนิเมะในการสอนภาษาญี่ปุ่นนั้นมีมาตั้งแต่ปีค.ศ.1995 โดยใช้อนิเมะเรื่อง [**となりのトトロ**] แต่ในตอนนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลาย แต่ช่วงปี ค.ศ.2000 – 2010 การแพร่หลายคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตนั้นเริ่มทำให้สามารถสื่อในการสอนได้ง่ายขึ้นซึ่งหนึ่งในนั้นคืออนิเมะ

**4) วิธีการดำเนินการ**

**1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็นสองกลุ่มได้แก่

1.1 ผู้ที่กำลังหรือเคยศึกษาภาษาญี่ปุ่นทุกระดับชั้น จำนวน 200 คน

1.2 ผู้สอนภาษาญี่ปุ่น 10 ท่าน ผู้สอนชาวไทย 5 ท่านและชาวญี่ปุ่น 5 ท่าน

**2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ วิธีที่หนึ่ง คือแบบสอบถามความต้องการการในการให้ผู้สอนภาษาญี่ปุ่นใช้สื่ออนิเมชั่นในการสอนและความคิดเห็นต่าง ๆ โดยมีการสร้างขึ้นเป็น 3 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับประวัติผู้เรียน

ช่วงที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็น รวมถึงความต้องการในการเรียนภาษาญี่ปุ่นโดยมีสื่ออนิเมชั่น

ช่วงที่ 3 เป็นคำถามปลายเปิด เพื่อรวบรวมความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะสู่ผู้สอนภาษาญี่ปุ่น

2.2 วิธีที่สอง คือการสัมภาษณ์ความคิดเห็นรวมถึงข้อแนะนำ จากผู้สอนภาษาญี่ปุ่นทั้งชาวไทยและชาวญี่ปุ่น

**3.การเก็บรวบรวมข้อมูล**

3.1 นำแบบสอบถามที่ได้รับการตรวจสอบจนสมบูรณ์แล้ว เก็บข้อมูลจากผู้เรียน โดยเริ่มตั้งแต่ เดือนธันวาคม ปี 2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2564 ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 200 คน คิดเป็น 100%

3.2 มีการขออนุญาตรวมถึงการนัดวันเวลาในการสัมภาษณ์ความคิดเห็นจากคณะผู้สอน

**4.สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

4.1 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติและข้อมูลความต้องการของผู้เรียนด้วยการหาค่าร้อยละของแต่ละคำถามและความถี่ในคำถามปลายเปิด

4.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากคำตอบที่ได้รับจากการสัมภาษณ์มาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ หาค่าร้อยละ และหาค่าความถี่ของคำตอบในแต่ละคำถาม

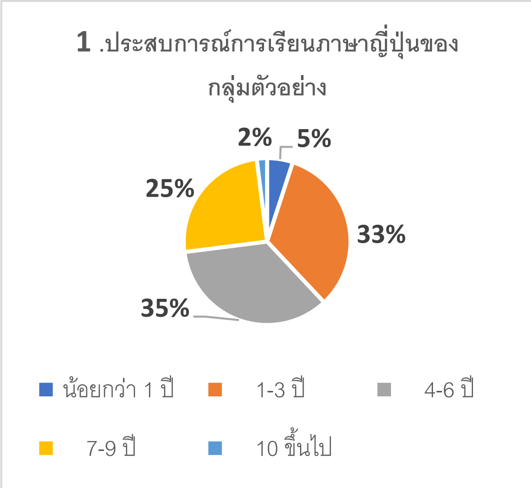
**5) ผลการวิจัย**

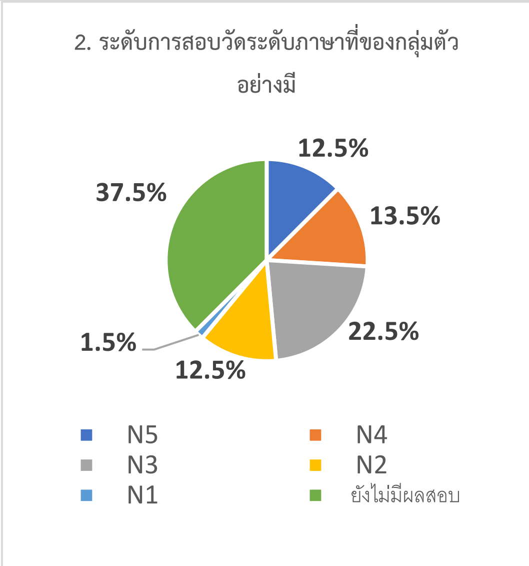
การวิจัยเรื่องการสอนภาษาญี่ปุ่นด้วยสื่ออนิเมชั่น เพื่อค้นหาแนวทางการสอนภาษาญี่ปุ่นใหม่ๆ ในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ

ได้มีการแบ่งผลวิจัยเป็น 2 ตอน

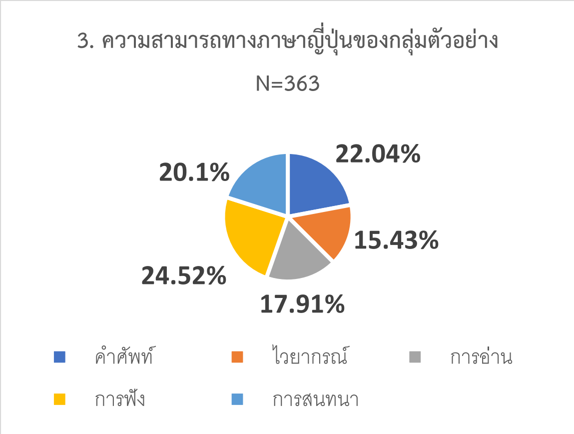
ตอนที่ 1 ผลจากการสำรวจความต้องการและความคิดเห็นของผู้เรียนผ่านแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 57 อยู่ในช่วงการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน162 คน คิดเป็นร้อยละ 81

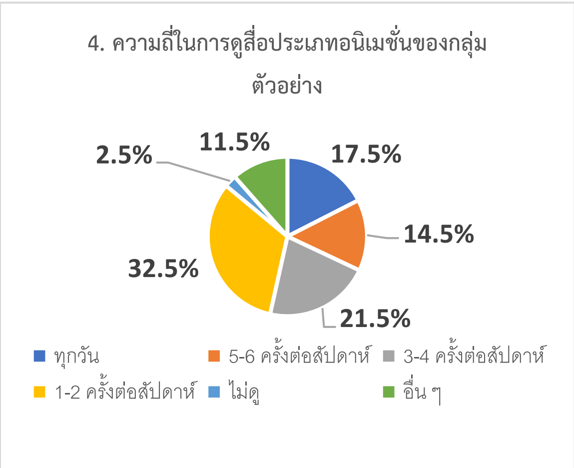


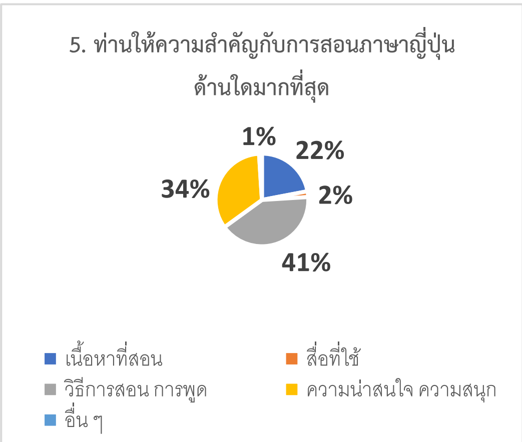

โดยภาพที่ 1 – 2 มีประสบการณ์การเรียนภาษาญี่ปุ่นตั้งแต่ 4 ปีถึง 6 ปี เป็นจำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 35 และยังไม่มีผลสอบวัดระดับภาษาญี่ปุ่น เป็นจำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 รองลงมาคือมีผลสอบระดับ N3 เป็นจำนวน 45 คนคิดเป็นร้อยละ 22.5



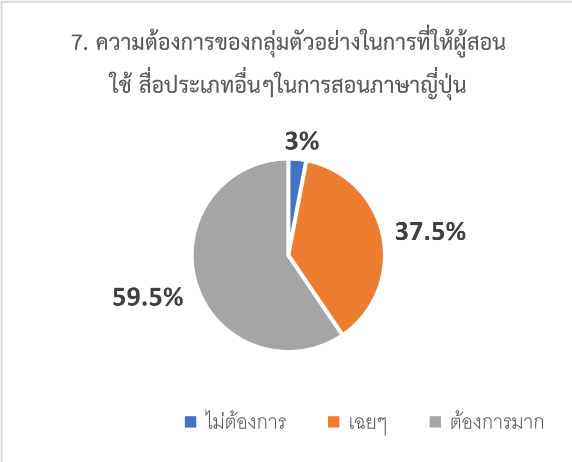

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนมากมีทักษะทางภาษาญี่ปุ่นในด้านการฟังมากที่สุด เป็นร้อยละ 24.52 ของคำตอบทั้งหมด รองลงมาคือคำศัพท์ร้อยละ 22.04 นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่าง 195 คนหรือร้อยละ 97.5 เคยดูสื่อประเภทอะนิเมชั่น และร้อยละ 98 เห็นด้วยอย่างยิ่งว่าสื่ออะนิเมชั่นมีผลทำให้การเรียนภาษาญี่ปุ่นเข้าใจง่ายขึ้น




จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 32.5 ดูสื่ออะนิเมชั่น 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์

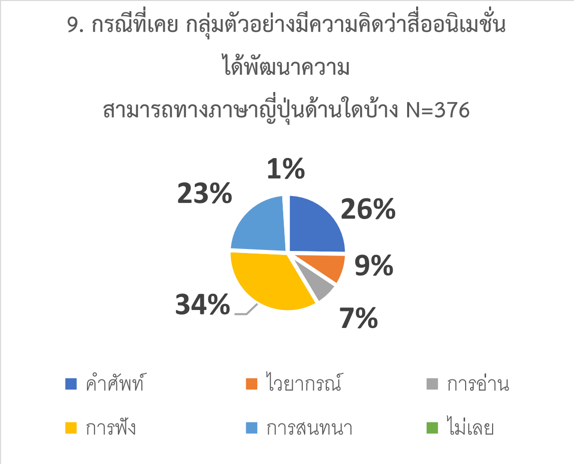


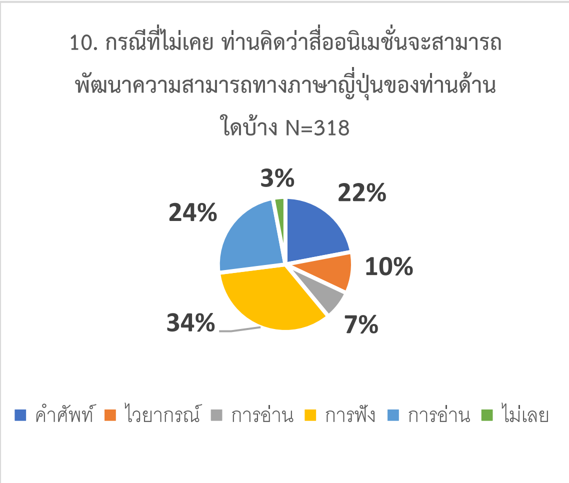

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในด้านวิธีการสอนและการพูดถึงร้อยละ 41 รองลงมาเป็นความสนุกและความน่าสนใจในเนื้อหาการร้อยละ 34

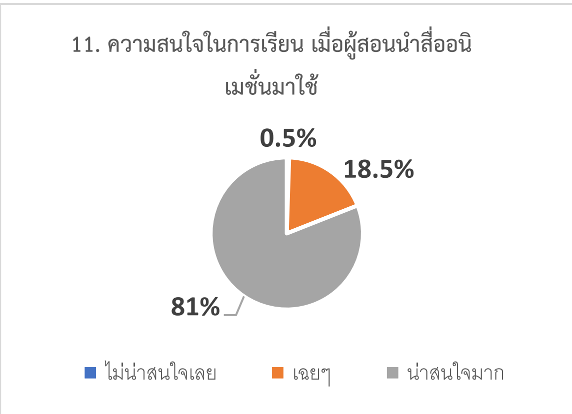

จากภาพที่ 6 – 7 แสดงให้เห็นว่าผู้สอนภาษาญี่ปุ่นใช้สื่อได้มีความน่าสนใจระดับเฉยๆ 140 คน เป็นร้อยละ 70 มีความต้องสื่อใหม่ในระดับต้องการมาก จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 59.5


จากภาพที่ 8 ผู้ตอบแบบสอบถามมีผู้ที่เคยเรียนภาษาญี่ปุ่นผ่านอนิเมชั่นเป็นจำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 52.5




จากภาพที่ 9 - 10 ผู้ตอบแบสอบถามที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนภาษาญี่ปุ่นผ่านอนิเมชั่นตอบว่าการฟังได้รับการพัฒนามากที่สุด เป็นร้อยละ 34 และจะสามารถพัฒนาการฟังได้มากที่สุดเป็นร้อยละ 34




จากภาพที่ 11 ผู้ตอบแบสอบถามมีความสนใจอย่างมากที่ผู้สอนจะนำสื่ออนิเมชั่นมาใช้ประกอบเป็นสื่อในการสอน จำนวน 162 คน หรือ ร้อยละ 81

**ตอนที่ 2 คำตอบจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้สอนภาษาญี่ปุ่นทั้ง 10 ท่าน**

| | |
|---|---|
| **ข้อที่ 1** | ความคิดเห็นต่อการนำอนิเมชั่นมาใช้ในการสอน |
| **คำตอบ** | กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อความเป็นไปได้ในการใช้อนิเมชั่นในการสอนภาษาญี่ปุ่นว่าเป็นไปได้ ถึงร้อยละ100 อันดับหนึ่งคือสามารถนำมาสอนการพูดและการสนทนาในชีวิตประจำวันได้ รองลงมาคือ สามารถนำมาสอนภาษาญี่ปุ่นพ่วงกับวัฒนธรรมญี่ปุ่นได้ และ สนุก สามารถดึงดูดผู้เรียนได้ |
| **ข้อที่ 2** | ข้อแนะนำถ้าต้องใช้อนิเมชั่นในการสอน |
| **คำตอบ** | ข้อแนะนำในการใช้อนิเมชั่นในการสอนภาษาญี่ปุ่นอันดับ 1 นั้นคือควรใช้อนิเมะที่มีคำศัพท์ไม่ยากเกินไป ไม่มีคำศัพท์เฉพาะ รองลงมาคือควรใช้อนิเมะที่มีเนื้อหาเข้าถึงผู้เรียนทุกคน |
| **ข้อที่ 3** | อนิเมชั่นที่แนะนำสำหรับการสอน |
| **คำตอบ** | ว่าอนิเมชั่นที่แนะนำสำหรับการสอนภาษาญี่ปุ่นโดยคำตอบอันดับหนึ่งนั้นคืออนิเมชั่นเรื่อง Doraemon และยังไม่มีอนิเมชั่นแนะนำ อันดับสองคือ อนิเมชั่นเรื่อง Chibi Maruko |
| **ข้อที่ 4** | เมื่อเปรียบการสอนด้วยตำราเรียนกับด้วยอนิเมชั่นแล้ว มีความแตกต่างอย่างไร |
| **คำตอบ** | เมื่อเปรียบเทียบการสอนภาษาญี่ปุ่นด้วยตำราเรียนกับด้วยอนิเมชั่นแล้ว มีความแตกต่างอย่างไร ในความคิดของกลุ่มตัวอย่างแล้ว มีผู้ที่ตอบที่ว่า แตกต่างรวม 9 ท่าน โดยเหตุผลอันดับหนึ่งคือ หนังสือเหมาะกับการเรียนไวยากรณ์ อนิเมชั่นเหมาะกับการเรียนักษะด้านการฟัง |
| **ข้อที่ 5** | สื่ออื่น ๆที่สาทารถนำมาใช้ในการสอนภาษาญี่ปุ่นได้ |

| | |
|---|---|
| **คำตอบ** | สื่ออื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการสอนได้ อันดับหนึ่งคือ เพลง รองลงมาคือข่าว ละคร ภาพยนตร์ |

**6) อภิปรายผล**

อภิปรายผลการวิจัยแยกตามจุดมุ่งหมายการวิจัยแต่ละข้อ

**จุดมุ่งหมายที่ 1** เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสอนภาษาญี่ปุ่นในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากการใช้สื่อเดิม ๆ ผลจากการวิจัยทำให้พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้สอนภาษาญี่ปุ่นทั้งชาวไทยและชาวญี่ปุ่นเห็นถึงความเป็นได้ในการใช้อนิเมชั่นในการสอนภาษาญี่ปุ่น ทั้ง10 ท่านจาก10 ท่าน ทั้งนี้ยังมีความคิดเห็นต่อความเป็นไปได้นั้นหลากหลาย โดยเห็นว่าอนิเมชั่นสามารถนำมาใช้ในการสอนด้านการสื่อสารภาษาญี่ปุ่นได้ (ร้อยละ 50) โดยเข้ากับแนวคิดการสอนภาษาแนวสื่อสาร จากหนังสือ **ベーシック日本語教育** ของ **佐々木泰子** ซึ่งแนวคิดนี้เป็นการสอนที่เน้นเรื่องการสื่อสาร Communicative Language Teaching และนอกเหนือจากความคิดเห็นที่ว่าอนิเมชั่นสามารถนำมาใช้ในการสอนด้านการสื่อสารภาษาญี่ปุ่นได้แล้ว อนิเมชั่นยังสามารถนำมาใช้เป็นสื่อที่ใช้สอนภาษาญี่ปุ่นพ่วงกับวัฒนธรรมญี่ปุ่นได้และยังมีความสนุกดึงดูดผู้เรียนได้

นอกจากนี้ในกลุ่มตัวอย่างยังความคิดเห็นว่า การภาาาญี่ปุนด้วยอนิเมชั่นนั้นแตกต่างจากการสอนภาษาญี่ปุ่นด้วยหนังสือเรียน โดยหตุผลหลักคือหนังสือเหมาะกับการเรียนไวยากรณ์ อนิเมชั่นเหมาะกับการเรียนการฟัง จะเห็นได้ว่าหนังสือเรียนเหมาะกับการสอนแบบแปลไวยากรณ์ที่เน้นไปที่การจำไวยากรณ์และประโยคที่เขียนไว้ซึ่งจุดประสงค์หลักของการสอน วิธีนี้คือ ทำให้ผู้เรียนสามารถอ่านประโยคที่ถูกเขียนไว้ได้ ต่างจากอนิเมชั่นที่เป็นการสอนเน้นการสื่อสารแบบ Communicative Language Teaching

**จุดมุ่งหมายที่ 2** เพื่อเป็นแนวทางและทางเลือกของสื่อที่จะใช้ในการสอนให้กับผู้สอนภาษาญี่ปุ่น ผลจากการวิจัยทำให้พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สอนภาษาญี่ปุ่นทั้งชาวไทยและชาวญี่ปุ่นนั้น มีคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้อนิเมชั่นในการสอนภาษา ญี่ปุ่นคือ ใช้อนิเมชั่นที่ไม่มีคำศัพท์ยากเกินไปควรเป็นอนิเมชั่นที่มีการใช้คำศัพท์ที่เข้าใจง่ายเข้าถึงผู้เรียนทุกคน และคำแนะนำที่ว่าควรใช้อนิเมชั่นที่เนื้อหาหรือเรื่องราวเข้ากับหรือเป็นที่ต้องการของผู้เรียน ซึ่งเข้ากับทฤษฎีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเนื้อหามีความสำคัญและมีความหมายต่อการเรียนรู้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ปัจจัยสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วย ได้แก่ เนื้อหาวิชา ประสบการณ์เดิมและความต้องการของผู้เรียนการเรียนรู้ที่สำคัญและมีความหมายจึงขึ้นอยู่กับเนื้อหาและเทคนิคการสอน

นอกเหนือจากนี้ยังมีการแนะนำอนิเมชั่นที่เหมาะสำหรับการสอนภาษาญี่ปุ่นจากกลุ่มตัวอย่าง โดยอันดับหนึ่งคืออนิเมชั่นเรื่อง Doraemon โดยให้เหตุผลว่า เป็นอนิเมชั่นที่มีการใช้ภาษาญี่ปุ่นที่ไม่ยากเกินไปและสามารถเห็นการสนทนาที่สามารถเกิดขึ้นจริงได้ในปัจจุบัน สุดท้ายนี้มีการแนะนำสื่ออื่นๆที่สามารถนำมาใช้ในการสอนภาษาญี่ปุ่นโดยมีทั้งเพลง หนัง ละครและข่าว

**จุดมุ่งหมายที่ 3** เพื่อรวบรวมความคิดเห็น รวมถึงความต้องการของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นต่อการที่มีสื่ออนิเมชั่นในการเรียนภาษาญี่ปุ่นจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนทั้งสองร้อยคนพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนที่ต้องการอนิเมชั่นในการเรียนการสอนภาษาญี่ปุ่นถึงร้อยละ80 อาจเป็นเพราะว่าโดยปกติการสอนภาษาญี่ปุนในไทยเป็นแบบแปลไวยากรณ์ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การจำเป็นอย่างมาก อาจทำให้เกิดความเบื่อหน่าย ผู้เรียนจึงอาจมีความต้องการในการเรียนภาษาญี่ปุ่นด้วยสื่อก็เป็นได้โดยเมื่อวิเคราะห์ผู้เรียนที่เคยเรียนภาษาญี่ปุ่นผ่านอนิเมชั่นมาแล้ว จะพบได้ว่าผู้เรียนได้คิดว่าการฟังนั้นพัฒนามากขึ้น นอกจากนี้อัตราการรับชมอนิเมชั่นของกลุ่มตัวอย่างนั้น ร้อยละ87.5ซึ่งสามารถโยงไปถึงแนวคิดวัฒนธรรมสมัยนิยม(Popular Culture)ซึ่งเป็นสิ่งที่ออกแบบมาหรือสร้างขึ้นเพื่อให้คนจำนวนมากชื่นชอบ เพื่อประโยชน์ทางการค้าและบริโภคนิยม โดยอนิเมชั่นญี่ปุ่นนั้นเป็นที่นิยมในไทยอย่างมาก

**VI. ข้อเสนอแนะ**

1. ผู้เรียนมีความสนใจให้ผู้สอนใช้อนิเมชั่นในการสอนภาษาญี่ปุนอยุ่ในระดับมากและผู้เรียนที่เคยเรียนภาษาญี่ปุ่นผ่านอนิเมชั่นมาแล้ว จะพบได้ว่าผู้เรียนได้คิด

ว่าการฟังนั้นพัฒนามากขึ้น การสอนภาษาญี่ปุ่นหลังจากนี้อาจจำต้องมีสื่อในการสอนที่เป็นอนิเมชั่น

2. ผู้สอนพบว่า ผู้สอนเห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้อนิเมชั่นในการสอนก็จริง แต่อาจมีข้อเสนอแนะหรือข้อควรระวัง คือ อนิเมชั่นที่นำมาใช้สอนไม่ควรมีคำศัพท์ที่ยากหรือเฉพาะเกินไป และควรเลือกอนิเมชั่นที่เข้าถึงผู้เรียนได้ทุกคน

## 7) เอกสารอ้างอิง

ธนพล อรรถเอี่ยม, วิภาณี เพ็งเนตร. (2557). กลวิธีการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาญี่ปุ่นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ศึกษาวิชาภาษาญี่ปุ่นธุรกิจ (JPN). กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

บัณฑิต อนุญาหงษ์, วรรณวิมล รุ่งธีระ, และคณะ. (2553). การประเมินประสิทธิภาพการเรียนการสอนวิชาปรับพื้นฐานภาษาอังกฤษและภาษาญี่ปุ่นของสำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

เพ็ญแข ประจนปัจจนึก. (2554). ยุทธวิธีในการสอนภาษาญี่ปุ่นตามแนวของโมโนซูกุริ (Monozukuri). กรุงเทพฯ.สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

วรรณวิมล รุ่งธีระ,ธิติสรณ์ แสงอุไร,อาจารย์Yuko Kunitake. (2551). ปัญหาในการเรียนภาษาญี่ปุ่นของนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ.สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สุรีรัตน์ เรืองประยูร, ปฏิยุทธ์ ธันวานนท์.การเรียนรู้วัฒนธรรมสมัยนิยมของญี่ปุ่นผ่านอนิเมชั่นและมังงะของนักศึกษายุคเจเนอเรชั่น z คณะศิลปศาสตร์ หลักสูตรสาขาภาษาญี่ปุ่นธุรกิจ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Chan Yee Hanและ Wong Ngan Ling.(2561).The Use of Anime in Teaching Japanese as a Foreign Language (2017).Faculty of Languages and Linguistics, University of Malaya Jalan Universiti.

**佐々木泰子** (2007). **ベーシック日本語教育.株式会社ひつじ.東京都**

**田島弘司**. (2561). **アニメを活用した日本語教育の可能性** (2017). **上越教育大学**.

# การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิต ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

# Design of Semi-Automation Production System for Automotive Assembly Process

เกรียงไกร มีเฒ่า
Kriengkrai Meetao
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Faculty of engineering,*
*Thai-Nichi Institute of Technology*
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
me.kriengkrai_st@tni.ac.th

ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน
Dumrongkiat Ratana-Amornpin
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Faculty of engineering,*
*Thai-Nichi Institute of Technology*
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
dumrongkiat@tni.ac.th

ยศวีร์ วีระกำแหง
Yossawee Weerakamhaeng
*คณะวิศวกรรมสาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*Faculty of engineering,*
*Thai-Nichi Institute of Technology*
*กรุงเทพมหานคร*/Bangkok
yossawee@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* — อุตสาหกรรมการผลิตในยุคปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมาก และเป็นผลมาจากกลไกของตลาดที่มีการแข่งขันสูง เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้นภายใต้ทรัพยากรที่มีจำกัด ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ ประเภทชิ้นส่วนพลาสติก โดยวิธีการฉีดขึ้นรูป เป็นชิ้นงานตามแบบ การผลิตปัจจุบันหุ่นยนต์ทำหน้าที่จับชิ้นงานจากเครื่องฉีดพลาสติก นำมาให้พนักงาน ทำการฟ้าฟ้าประกอบคลิปแบบกลม 1 ตัวคลิปแบบเหลี่ยม 1 ตัว และตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ปัจจุบันพนักงานทำงานมากกว่าหุ่นยนต์จึงจำเป็นต้องทำการปรับสมดุลการทำงานระหว่างคนกับหุ่นยนต์ให้ทำงานอย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ ออกแบบสายการผลิตให้เป็นกึ่งอัตโนมัติ ลดงานของพนักงาน ให้หุ่นยนต์ทำ และลดพนักงานจาก 2 คน ให้เหลือ 1 คน โดยโยกย้ายงานบางอย่างให้หุ่นยนต์เป็นผู้ทำ การวิจัยนี้ได้ประยุกต์การออกแบบระบบนิวเมติกส์ มาใช้กับการออกแบบและพัฒนาการทำงานของหุ่นยนต์ทำงานต่อเนื่องตามลำดับแต่ละขั้นตอนและสัญลักษณ์การทำงานของอุปกรณ์เพื่อเข้าใจให้ง่าย**

***คำสำคัญ* — ตารางรวมงานมาตรฐาน, YAMAZUMI CHART, Signal flow diagram, Motion step diagram**

***Abstract* — In order to enhance the business competency in the plastic rear bumper manufacturing process (mold injection) as a part of the automotive industry, with customized goods that meet individual customers' needs with more cost-effectiveness under the limited resources, this study transforms the manual process to the semi-automation process by introducing an industrial robot with the customized gripper consisting of the pneumatic cylinder actuators to the manufacturing process and reveals the sequential control analysis and design of pneumatic actuators of the grippers that are used for assembling two clips into the bumper with gate cutting. The result is the semi-automation production system that can reduce one more operator from the previous two operators with higher product yields and quality**

***Keywords* — Standardized work combination table, Yamazumi chart, Signal flow diagram, Motion-step diagram**

## I. บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดความสูญเปล่าในสายการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ โดยจัดสมดุลการผลิตและลดงานของพนักงานเพื่อให้ทันกับรอบการผลิตของเครื่องฉีดพลาสติก เนื่องจากงานเร่งรีบจึงทำให้ชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ และประกอบชิ้นส่วนไม่ครบ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นอุตสาหกรรมที่ประกอบการเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก ผลิตภัณฑ์หลัก คือชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทพลาสติก โดยวิธีการฉีดขึ้นรูป ชิ้นงานได้จากการฉีดพลาสติกขึ้นรูป ดังรูปที่ 1 และประกอบคลิปเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการประกอบกับรถยนต์

กระบวนการการผลิตชิ้นส่วน ประกอบไปด้วยชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ฉีดจำนวน 2 ชิ้น ประกอบ คลิปแบบกลม 1 ชิ้น คลิปแบบเหลี่ยม 1 ชิ้น กระบวนการการทำงานมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย 1.เครื่องฉีดพลาสติกรุ่น KraussMaffei ขนาดแรงฉีด 500 ตัน 2.เม็ดพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) 3.หุ่นยนต์ รุ่น ABB IRB2600 4.แม่พิมพ์มีชิ้นงาน 2 คาวิตี้ 5.พนักงานจำนวน 2 คน การผลิตเริ่มจากหลอมพลาสติกอุณหภูมิอยู่ที่ 220 องศาเซลเซียส ฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์พลาสติก หุ่นยนต์จับชิ้นงานจากเครื่องฉีดมาวางบนโต๊ะพนักงานจำนวน 2 ชิ้น พนักงานคนที่ 1 หยิบ

ชิ้นงานชิ้นที่ 1 ตัดแต่งทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบคลิปแบบกลม 1 ชิ้น คลิปแบบเหลี่ยม 1 ชิ้น ใส่กล่องบรรจุ พนักงานคนที่ 2 ทำอย่างเดียวกันกับชิ้นงานชิ้นที่ 2 ตัดแต่งทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบคลิปแบบกลม 1 ชิ้น คลิปแบบเหลี่ยม 1 ชิ้น ใส่กล่องบรรจุ ดังรูปที่ 2 Flow Chart ก่อนปรับปรุง หนึ่งรอบการผลิตใช้เวลา 62 วินาที

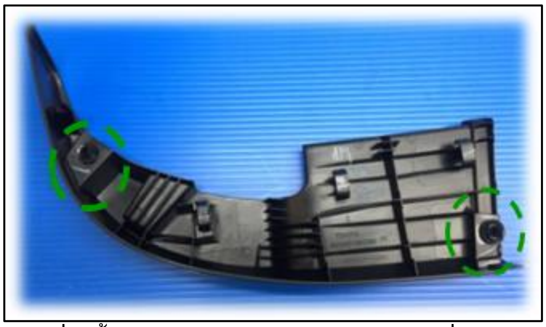
*I.I วัตถุประสงค์การวิจัย*

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ การจัดสมดุลการผลิตใหม่เพื่อให้ได้ความเร็วในการผลิต (Takt Time) ที่ต้องการ การลดพนักงาน และคุณภาพชิ้นงานที่ดีขึ้นเป็นผลพลอยได้จากการจัดสมดุลการผลิต

## II. วิธีดำเนินงานวิจัย

*II.I ก่อนปรับปรุง (ศึกษาปัญหา)*

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางาน กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ เพื่อหาแนวทางลดเวลาการทำงานของพนักงานและปัญหาการประกอบชิ้นส่วนไม่ครบ ดังรูปที่ 1 ชิ้นงานสมบูรณ์ซึ่งประกอบคลิป 2 แบบ คือ คลิปแบบกลมและ คลิปแบบเหลี่ยม [1]



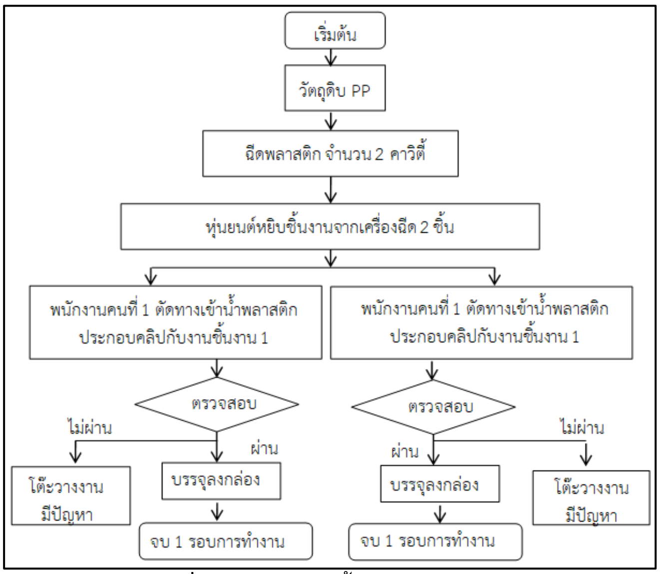
รูปที่ 1 ชิ้นงานกับคลิปแบบกลมและคลิปแบบเหลี่ยม

การสั่งซื้อของลูกค้าตลอดทั้ง 12 เดือนในปี 2020 ในเดือนตุลาคมมียอดการสั่งซื้อสูงสุด 21,780 ชิ้น/เดือน เวลาทำงานปกติ (08.00-17.00) 8 ชั่วโมง และทำงานล่วงเวลา (17.00-20.00) 3 ชั่วโมง เวลาพักในช่วงเวลาทำงานรวม 1 ชั่วโมง พักทานอาหารกลางวัน 1 ชั่วโมง รวมเหลือเวลาในการทำงาน 9 ชั่งโมง/วัน วันทำงาน 22 วัน/เดือน บริษัทต้องผลิตชิ้นงานให้ได้เฉลี่ยต่อวันอยู่ที่ 990 ชิ้น/วัน จึงจะพอส่งให้กับลูกค้า จากการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าในปี 2021 มียอดการสั่งซื้อเพิ่มขึ้น จึงต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อรองรับกับยอดที่เพิ่มขึ้น

*II.II สำรวจสภาพปัจจุบัน*

รายละเอียดของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ การฉีดพลาสติก 1 ครั้งจะได้ชิ้นงาน 2 ชิ้น ดังรูปที่ 2 แสดง Flow Chart ลำดับขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง รายละเอียดขั้นตอนการประกอบด้วยมือ (Manual) ดังรูปที่ 3

เครื่องฉีดชิ้นงานออกมาครั้งละ 2 ชิ้น และหุ่นยนต์จับชิ้นงานจากเครื่องฉีดนำมาวางบนโต๊ะ โดยมีพนักงาน 2 คน พนักงานคนที่ 1 ทำชิ้นงานชิ้นที่ 1 พนักงานคนที่ 2 ทำชิ้นงานชิ้นที่ 2 บรรจุลงกล่อง ดัง Flow Chart รูปที่ 2 จากการพยากรณ์ของลูกค้าในปี 2021 จะมียอดสั่งซื้อเพิ่มขึ้น บริษัทต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิต เพื่อตอบสนองต่อยอดการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะนี้ Takt Time เป็น 62 วินาทีต่อรอบการผลิตหนึ่งรอบ จากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของพนักงาน จะต้องใช้พนักงานจำนวน 1.8 คน จึงต้องใช้พนักงานจำนวน 2 คน ดังสมการที่ (2)

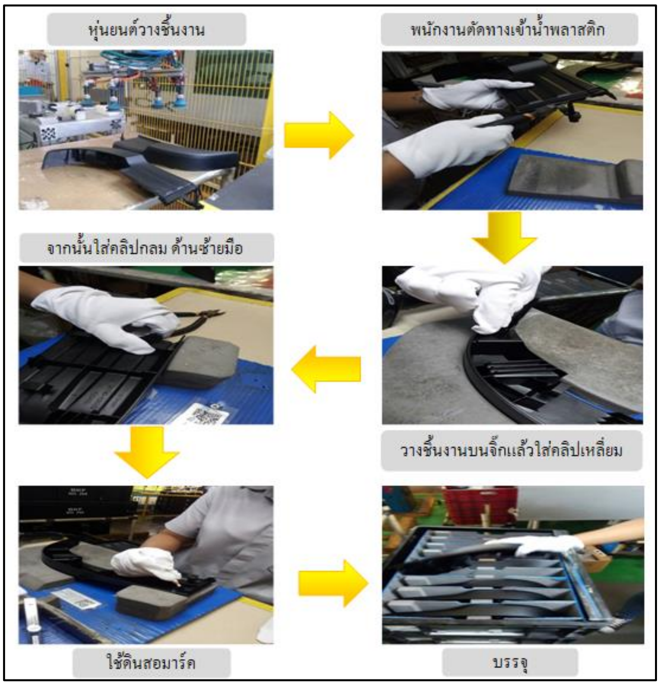



รูปที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน

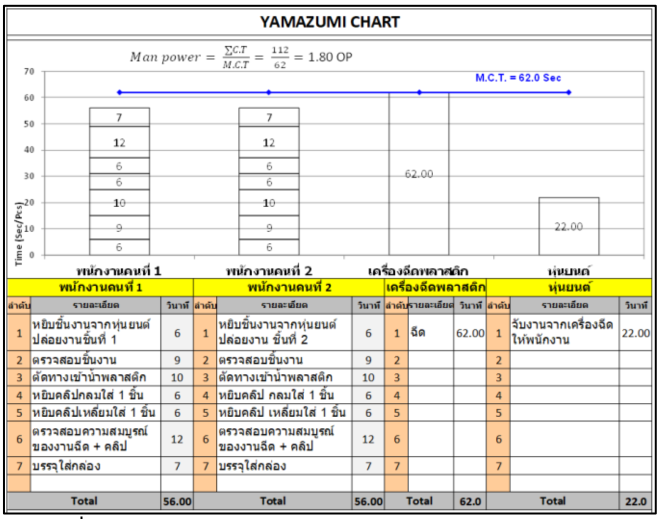
$$\left[\ Operator\ required = \frac{total\ operation\ time\ required}{Cycle\ Time\ _{\text{เครื่องฉีด}}}\ \right] \quad (2)$$

$$\frac{56+56}{62} = 1.8 \text{ คน} \quad (3)$$

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์พร้อมกับการประกอบชิ้นส่วน มีกระบวนการผลิตการทำงานโดยรายละเอียดแต่ละส่วนของงาน ดัง YAMAZUMI CHART [2] ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน




| ลำดับ | รายละเอียด (พนักงานคนที่ 1) | วินาที | ลำดับ | รายละเอียด (พนักงานคนที่ 2) | วินาที | ลำดับ | รายละเอียด (เครื่องฉีดพลาสติก) | วินาที | ลำดับ | รายละเอียด (หุ่นยนต์) | วินาที |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | หยิบชิ้นงานจากหุ่นยนต์ ปล่อยงานชิ้นที่ 1 | 6 | 1 | หยิบชิ้นงานจากหุ่นยนต์ ปล่อยงาน ชิ้นที่ 2 | 6 | 1 | ฉีด | 62.00 | 1 | จับงานจากเครื่องฉีดให้พนักงาน | 22.00 |
| 2 | ตรวจสอบชิ้นงาน | 9 | 2 | ตรวจสอบชิ้นงาน | 9 | 2 | | | 2 | | |
| 3 | ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก | 10 | 3 | ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก | 10 | 3 | | | 3 | | |
| 4 | หยิบคลิปกลมใส่ 1 ชิ้น | 6 | 4 | หยิบคลิป กลมใส่ 1 ชิ้น | 6 | 4 | | | 4 | | |
| 5 | หยิบคลิปเหลี่ยมใส่ 1 ชิ้น | 6 | 5 | หยิบคลิป เหลี่ยมใส่ 1 ชิ้น | 6 | 5 | | | 5 | | |
| 6 | ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานฉีด + คลิป | 12 | 6 | ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานฉีด + คลิป | 12 | 6 | | | 6 | | |
| 7 | บรรจุใส่กล่อง | 7 | 7 | บรรจุใส่กล่อง | 7 | 7 | | | 7 | | |
| | Total | 56.00 | | Total | 56.00 | | Total | 62.0 | | Total | 22.0 |

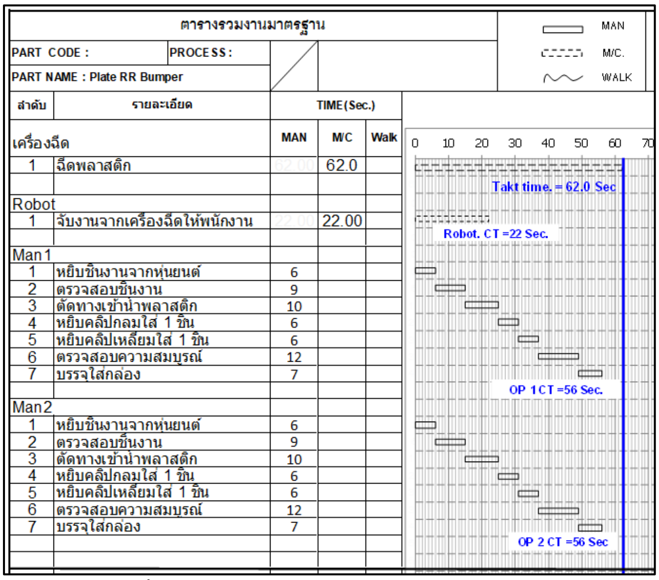
รูปที่ 4 YAMAZUMI CHART แสดงเวลาการทำงานก่อนปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ YAMAZUMI CHART และรายละเอียดของแต่ละส่วนของงาน ทำให้พบว่าควรปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อขจัดความสูญเปล่าจากกิจกรรมของหุ่นยนต์ที่มีการรองานอยู่ที่ 40 วินาที หุ่นยนต์ใช้เวลาทำงาน 22 วินาที ฉีดพลาสติก 1 รอบ จะได้ชิ้นงานจำนวน 2 ชิ้น Cycle Time เครื่องฉีดเท่ากับ 62 วินาที ดัง YAMAZUMI CHART รูปที่ 4

Takt Time การผลิต 1 วัน ผลิตงานได้ 523 ครั้ง ฉีดชิ้นงานได้ 1,046 ชิ้น/วัน ดังสมการที่ 3 โดยพนักงานทำงาน 2 คน ใช้เวลาคนละ 56 วินาที

$$Takt\ time\ 1 \text{ รอบ ของการผลิตได้ } 2 \text{ ชิ้น}$$

$$= \frac{32,400}{1,046} \quad 31 \text{ วินาที/ชิ้น} \qquad (3)$$




| ลำดับ | รายละเอียด | MAN | M/C | Walk |
|---|---|---|---|---|
| เครื่องฉีด | | | | |
| 1 | ฉีดพลาสติก | | 62.0 | |
| Robot | | | | |
| 1 | จับงานจากเครื่องฉีดให้พนักงาน | | 22.00 | |
| Man 1 | | | | |
| 1 | หยิบชิ้นงานจากหุ่นยนต์ | 6 | | |
| 2 | ตรวจสอบชิ้นงาน | 9 | | |
| 3 | ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก | 10 | | |
| 4 | หยิบคลิปกลมใส่ 1 ชิ้น | 6 | | |
| 5 | หยิบคลิปเหลี่ยมใส่ 1 ชิ้น | 6 | | |
| 6 | ตรวจสอบความสมบูรณ์ | 12 | | |
| 7 | บรรจุใส่กล่อง | 7 | | |
| Man2 | | | | |
| 1 | หยิบชิ้นงานจากหุ่นยนต์ | 6 | | |
| 2 | ตรวจสอบชิ้นงาน | 9 | | |
| 3 | ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก | 10 | | |
| 4 | หยิบคลิปกลมใส่ 1 ชิ้น | 6 | | |
| 5 | หยิบคลิปเหลี่ยมใส่ 1 ชิ้น | 6 | | |
| 6 | ตรวจสอบความสมบูรณ์ | 12 | | |
| 7 | บรรจุใส่กล่อง | 7 | | |

รูปที่ 5 ตารางรวมงานมาตรฐาน ก่อนปรับปรุง [3]

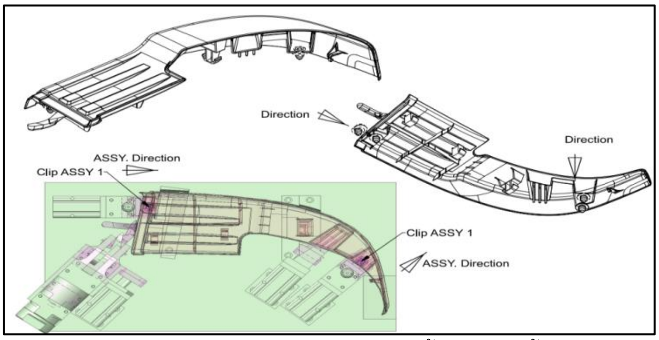
การผลิตใช้พนักงานทำงาน 2 คน ที่มีกิจกรรมหลายอย่างสามารถให้หุ่นยนต์ทำได้ เนื่องจากหุ่นยนต์ทำงานน้อยมากเมื่อเทียบกับความสามารถของหุ่นยนต์ จากการศึกษางานที่หุ่นยนต์สามารถทำ ได้แก่ ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบคลิปแบบกลมคลิปแบบเหลี่ยม ลดพนักงานจาก 2 คน เหลือ 1 คน จึงเสนอแนวคิดปรับปรุงการทำงานของพนักงานให้เหลืองานตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานและบรรจุลงกล่อง เพื่อการทำงานไหลลื่นมากขึ้น การทำงานก่อนการปรับปรุง ดังแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของพนักงาน ในรูปที่ 3

## III. การดำเนินการทดลองหลังปรับปรุง

ออกแบบลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานของหุ่นยนต์แทนการปฏิบัติงานของพนักงานได้จากตารางรวมงานมาตรฐาน [3] ดังในรูปที่ 5

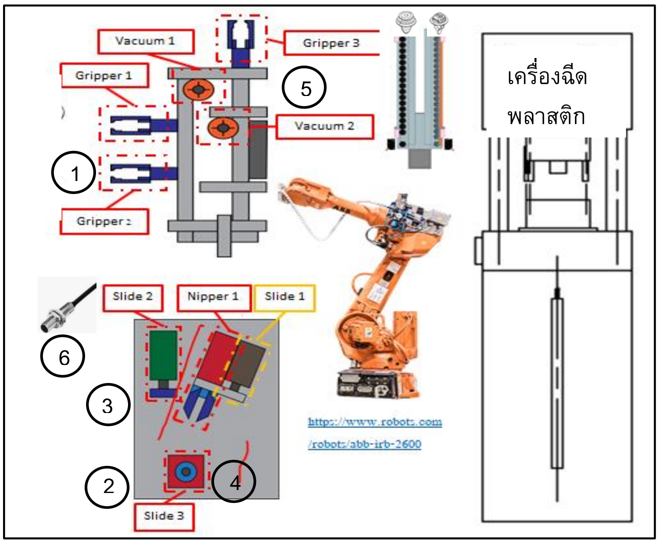
*III.I ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์*

ดำเนินการออกแบบกำหนดทิศทางในการใส่คลิปและตัดทางเข้าน้ำพลาสติก การประกอบคลิปแบบกลมจะประกอบทางด้านข้างโดยวิธีการเลื่อนเข้าขนานกับชิ้นงาน แบบเหลี่ยมจะประกอบโดยวิธีการเลื่อนขึ้น และตัดทางเข้าน้ำพลาสติกจะเลื่อนเข้าด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 6




รูปที่ 6 Drawing การประกอบคลิปและตัดทางเข้าน้ำพลาสติกชิ้นงาน

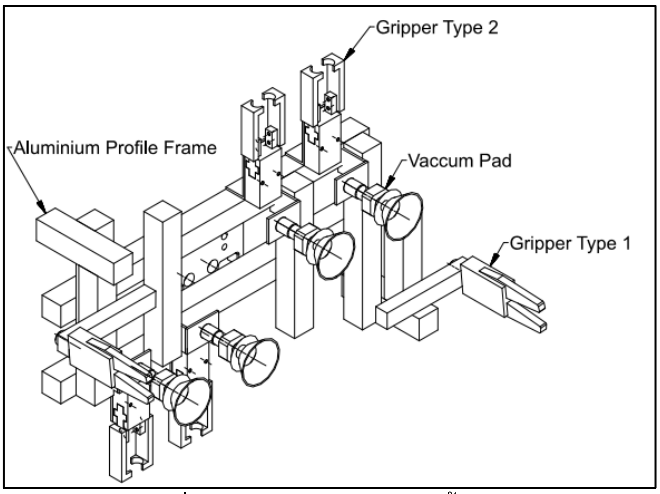
อุปกรณ์และเครื่องมือของสายการผลิตประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ ได้แก่ 1.กริปเปอร์ เพื่อจับคลิปทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยมจากฟีดเดอร์ 2.จิ๊กสำหรับวางคลิป 3.ชุดประกอบคลิป 4. กรรไกรตัดทางเข้าน้ำพลาสติก 5.กริปเปอร์จับทางเข้าน้ำพลาสติกหลังตัดออกแล้ว 6. ลิมิตเซ็นเซอร์ตรวจคลิป เป็นชุดเครื่องจักรอุปกรณ์อัตโนมัติ ดังในรูปที่ 7




รูปที่ 7 รวมอุปกรณ์และหุ่นยนต์อัตโนมัติ

*III.II กริปเปอร์*

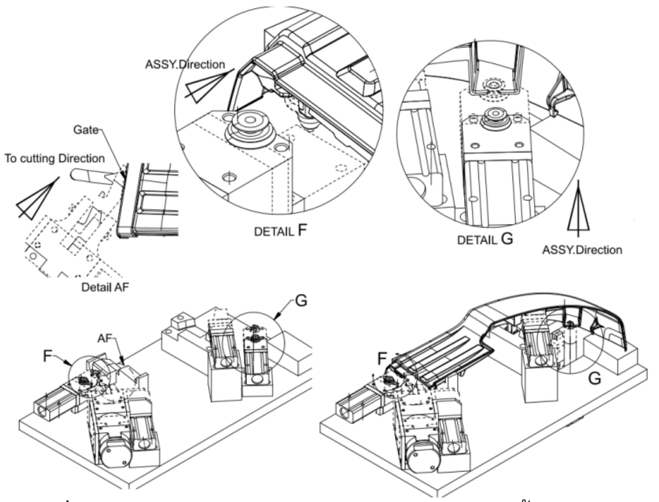
ดำเนินการออกแบบกริปเปอร์ สำหรับจับชิ้นงานดังต่อไปนี้ 1.Vacuum Pad จำนวน 4 ตัว สำหรับจับชิ้นงานออกจากเครื่องฉีด 2.กริปเปอร์แบบที่ 1 สำหรับจับทางเข้าน้ำพลาสติก หลังจากตัดแล้วจำนวน 2 ตัว 3.กริปเปอร์แบบที่ 2 สำหรับจับคลิปทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยมจำนวน 4 ตัว ดังรูปที่ 8




รูปที่ 8 แบบกริปเปอร์จับคลิปและชิ้นงาน

*III.III จิ๊กสำหรับวางชิ้นงานและประกอบ*

ชุดประกอบคลิปกลมประกอบไปด้วยกระบอกลมแบบรางนำ เพื่อเคลื่อนชุดวางคลิปเคลื่อนที่ตามแนวขวาง ชุดประกอบคลิปเหลี่ยมประกอบไปด้วยกระบอกลมแบบรางนำ เพื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวขึ้นลง และกรรไกรลมตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบไปด้วยกระบอกลมแบบรางนำ เพื่อเคลื่อนที่ไปตำแหน่งตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ดังรูปที่ 9

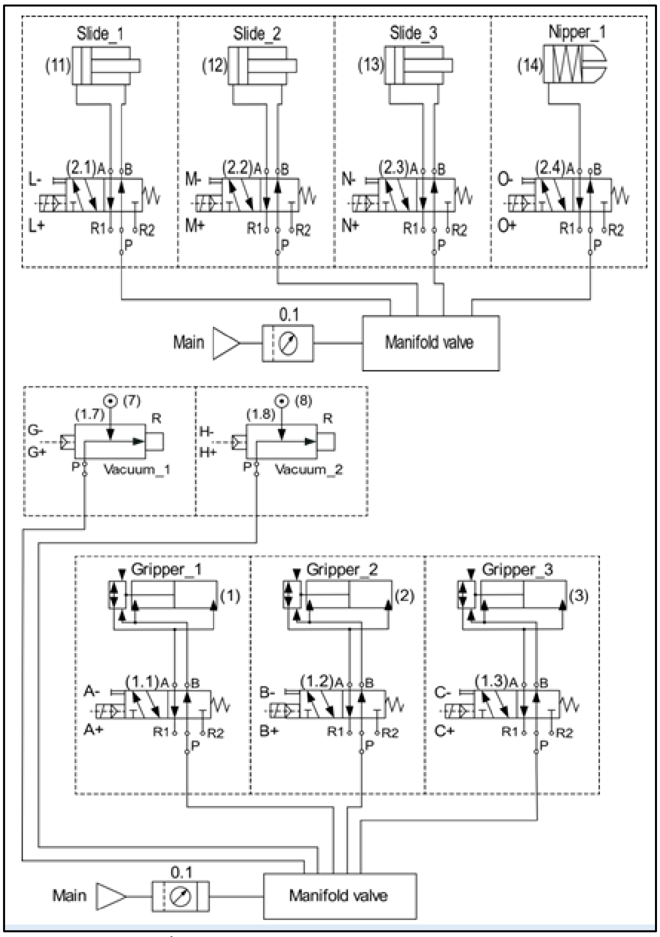



รูปที่ 9 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบคลิปและตัดทางเข้าน้ำพลาสติก

ดำเนินการออกแบบวิธีการประกอบคลิปกล่าวคือ เมื่อหุ่นยนต์นำชิ้นงานวางบนจิ๊ก จากนั้นหุ่นยนต์จะสั่งกระบอกลมเคลื่อนที่นำคลิปกลมเลื่อนเข้าตำแหน่งประกอบทางด้านข้าง คลิปเหลี่ยมเลื่อนเข้าตำแหน่งประกอบทางด้านขึ้น โดยกระบอกลมเลื่อนดันขึ้นเพื่อประกอบตามทิศทางตามแบบ

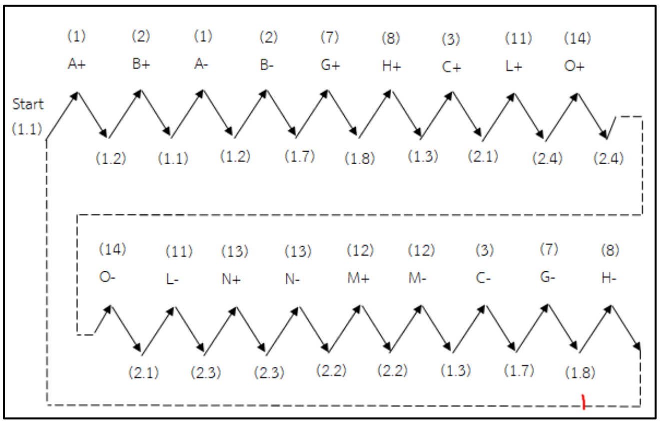
*III.IV Signal Flow Diagram*

ออกแบบผังการไหลของสัญลักษณ์เพื่อดูการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด พื่อสะดวกในการแก้ไขปรับปรุง ดังรูปที่ 11 Signal Flow Diagram [4] และลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตำแหน่งแสดงรายละเอียดแต่ละขั้นตอน อธิบายในตารางที่ 1 เพื่อความกระจ่างมากขึ้น Signal Flow Diagram เป็นแผนภาพแสดงลำดับการทำงานของกระบอกลมต่างๆ ในระบบนิวเมติกส์ของหุ่นยนต์ ซึ่งออกแบบโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังรายละเอียดรูปที่ 11 คือ 1. ลูกศรหมายถึงการไหลของขั้นตอนการทำงาน 2. ตัวอักษรตัวใหญ่ เช่น A หมายถึงกระบอกลม 3. เครื่องหมายบวกหรือลบ ซึ่งเครื่องหมายบวกหมายถึงก้านลูกสูบเลื่อนออก และเครื่องหมายลบหมายถึงก้านลูกสูบเลื่อนเข้า 4. ตัวเลขหมายถึงเซนเซอร์ส่งสัญญาณ (Proximity Switch)




รูปที่ 10 ออกแบบวงจรไดอะแกรมของระบบ

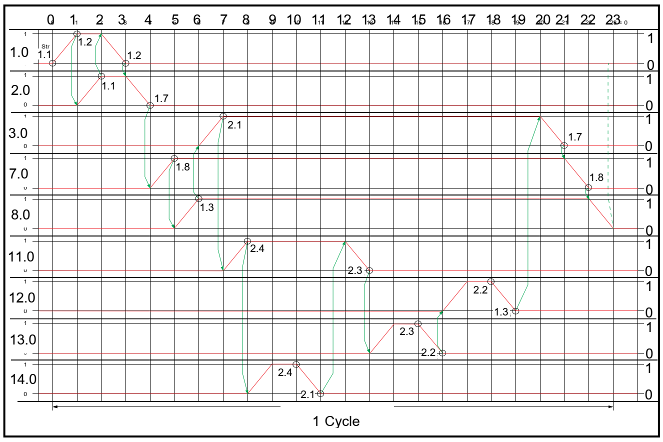
โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบแอคทูเอเตอร์นิวเมติกของกริปเปอร์ เพื่อควบคุมลำดับการทำงานของกระบอกลมที่ควบคุมกระบวนการผลิตและโซลินอยด์วาล์วของระบบ ดังรายละเอียดรูปที่ 10 เพื่อพิจารณาสัญลักษณ์การทำงานของ โซลินอยด์วาล์ว ได้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนั้นรายละเอียดของลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ของหุ่นยนต์ ดังในตารางที่ 1




รูปที่ 11 Signal Flow Diagram ของระบบ

*III.V Motion-Step Diagram*

Motion Step Diagram รูปที่ 12 เป็นแผนภาพแสดงตำแหน่งการทำงานของกระบอกลมแต่ละกระบอก ในระบบนิวเมติกส์เทียบกับลำดับขั้นตอนการทำงานโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แกนตั้งแสดงตัวเลข “0” เมื่อกระบอกลมหดกลับสุด และ “1” เมื่อกระบอกลมยืดออกสุด ดังได้กล่าวแล้วในรายละเอียดของ Signal Flow Diagram ดังรูปที่ 11 แกนนอนเป็นตัวเลข แสดงถึงลำดับที่ของการทำงานในขั้นตอนของหุ่นยนต์ แนวตั้งแสดงอุปกรณ์




รูปที่ 12 Motion Step Diagram ของระบบ

งานวิจัยนี้แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบอกลมดังแสดงใน Motion Step Diagram [5] รูปที่ 12 และแสดงได้เป็น 23 ขั้นตอน ตามจำนวนคอลัมน์ของรูปดังกล่าวและลำดับขั้นตอนรายละเอียด ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ลำดับการทำงานอุปกรณ์แต่ละตำแหน่ง Signal Flow Diagram

| | | |
|---|---|---|
| Start | (1.1)(A+) | เซทสัญญาณ กริปเปอร์ 1 ( โซลินอยด์วาล์ว 1.1 ทำงาน ) |
| | (1) | ลมดันกระบอกสูบของ กริปเปอร์ 1 เพื่อเปิดปาก กริปเปอร์ |
| | (1.2)(B+) | เซทสัญญาณ กริปเปอร์ 2 ( โซลินอยด์วาล์ว 1.2 ทำงาน ) |
| | (2) | ลมดันกระบอกสูบ กริปเปอร์ 2 เพื่อเปิดปาก กริปเปอร์ |
| | (1.1)(A-) | รีเซทสัญญาณ กริปเปอร์ 1 ( โซลินอยด์วาล์ว 1.1 ทำงาน ) |
| | (1) | ลมดันกระบอกสูบ กริปเปอร์ 1 เพื่อจับคลิปหัวเหลี่ยม |
| | (1.2)(B-) | รีเซทสัญญาณ กริปเปอร์ 2 ( โซลินอยด์วาล์ว 1.2 ทำงาน) |
| | (2) | ลมดันกระบอกสูบ กริปเปอร์ 2 เพื่อจับ คลิปหัวกลม |
| | (1.7)(G+) | เซทสัญญาณ Vacuum 1 |
| | (7) | จุ๊ปลมดูด Vacuum 1 ( ดูดชิ้นงาน ) |
| | (1.8)(H+) | เซทสัญญาณ Vacuum 2 |
| | (8) | จุ๊ปลมดูด Vacuum 2 ( ดูดชิ้นงาน ) |
| | (1.3)(C+) | เซทสัญญาณ กริปเปอร์ 3 ( โซลินอยด์วาล์ว 1.3 ทำงาน) |
| | (3) | ลมดันกระบอกสูบ กริปเปอร์ 3 เพื่อจับทางเข้าน้ำพลาสติก |
| | (2.1)(L+) | เซทสัญญาณ Slide 1 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.1 ทำงาน ) |
| | (11) | ลมดันกระบอกสูบ Slide 1 เคลื่อนที่ออกพร้อมตัว กรรไกร 1 |
| | (2.4)(O+) | เซทสัญญาณ กรรไกร 1 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.4 ทำงาน) |
| | (14) | ลมดันกระบอกสูบ กรรไกร 1 ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก |
| | (2.4)(O-) | รีเซทสัญญาณ กรรไกร 1 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.4 ทำงาน ) |
| | (14) | สปริงดันปาก กรรไกร 1 |
| | (2.1)(L-) | รีเซทสัญญาณ Slide 1 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.1 ทำงาน) |
| | (11) | ลมดันกระบอกสูบ Slide 1 เคลื่อนที่เข้าพร้อมตัว กรรไกร 1 |
| | (2.3)(N+) | เซทสัญญาณ Slide 3 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.3 ทำงาน ) |
| | (13) | ลมดันกระบอกสูบ Slide 3 เคลื่อนที่ออกเพื่อใส่ คลิปหัวกลม |
| | (2.3)(N-) | รีเซทสัญญาณ Slide 3 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.3 ทำงาน ) |
| | (13) | ลมดันกระบอกสูบ Slide 3 เคลื่อนที่กลับ |
| | (2.2)(M+) | เซทสัญญาณ Slide 2 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.2 ทำงาน) |
| | (12) | ลมดันกระบอกสูบ Slide 2 เคลื่อนที่ออกเพื่อใส่ คลิปหัวเหลี่ยม |
| | (2.2)(M-) | รีเซทสัญญาณ Slide 2 ( โซลินอยด์วาล์ว 2.2 ทำงาน ) |
| | (12) | ลมดันกระบอกสูบ Slide 2 เคลื่อนที่กลับ |
| | (1.3)(C-) | รีเซทสัญญาณ กริปเปอร์ 3 ( โซลินอยด์วาล์ว 1.3 ทำงาน ) |
| | (3) | ลมดันกระบอกสูบกริปเปอร์ 3 ปล่อย ทางเข้าน้ำพลาสติก |
| | (1.7)(G-) | รีเซทสัญญาณ Vacuum 1 |
| | (7) | จุ๊ปลมไม่ดูด Vacuum 1 ( ปล่อยชิ้นงาน ) |
| | (1.8)(H-) | รีเซทสัญญาณ Vacuum 2 |
| Go to Start | (8) | จุ๊ปลมไม่ดูด Vacuum 2 ( ปล่อยชิ้นงาน ) |

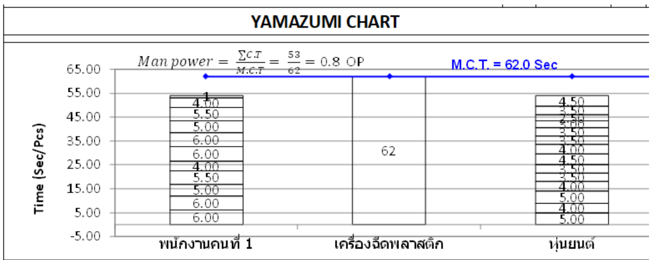
*IV ผลการดำเนินงานวิจัย*

ผลการปรับปรุงกระบวนการ การผลิตได้โยกย้ายงานให้หุ่นยนต์ทำงานมากขึ้น จากการดำเนินการศึกษางาน [1] ทดลองการผลิต โดยเน้นเวลางานกระบวนการ ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์ให้ทันกับเวลาของเครื่องฉีด ซึ่งได้ผลตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้ ดัง YAMAZUMI CHART [2] รูปที่ 13

การศึกษางานได้พัฒนาให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานโดยประกอบคลิปทั้ง 2 ชิ้นงานพร้อมกันด้วยกริปเปอร์คู่ ทำให้เวลางานลดลงไปมากเมื่อเทียบกับขั้นตอนกระบวนการ การผลิตเดิม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ก่อนปรับปรุงพนักงานทำงานโดยตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ชิ้นละ 10 วินาที ดังรูปที่ 4 ทำ 2 ชิ้นรวมเป็น 20 วินาที หลังปรับปรุงหุ่นยนต์หยิบชิ้นงานไปวางบนจิ๊กตัดทางเข้าน้ำพลาสติกทำงานชิ้นละ 3.5 วินาที ดังรูปที่14 ทำ 2 ชิ้นรวม 7 วินาที ลดเวลาได้ 13 วินาที
- ขั้นตอนการประกอบ คลิปแบบกลมและคลิปแบบเหลี่ยม ก่อนปรับปรุงพนักงานทำงานรวม 21 วินาที จากการประกอบทีละชิ้นดังรูปที่ 4 หุ่นยนต์

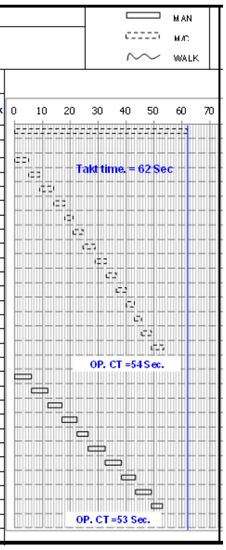
ประกอบใช้เวลางาน 7 วินาที จากการประกอบคลิป 2 ชิ้นพร้อมกันด้วยกริปเปอร์คู่ ดังรูปที่ 14 ดังที่ได้กล่าวแล้ว สรุปงานขั้นตอนนี้ลดลงไป 14 วินาที สองขั้นตอนกระบวนการนี้ ทำให้ลดเวลาการทำงานรวมไปได้ 27 วินาที




| พนักงานคนที่ 1 | | | เครื่องฉีดพลาสติก | | | หุ่นยนต์ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ลำดับ | รายละเอียด | วินาที | ลำดับ | รายละเอียด | วินาที | ลำดับ | รายละเอียด | วินาที |
| 1 | หยิบงาน คาวิตี 1 บนตัะ | 6.00 | 1 | ฉีดพลาสติก | 62 | 1 | จับคลิปหัวกลม 2 ชิ้นหัวเหลี่ยม 2 ชิ้น | 5.00 |
| 2 | ตรวจสอบผิวชิ้นงาน | 6.00 | 2 | | | 2 | วางคลิปหัวกลม1 ชิ้น หัวเหลี่ยม1 ชิ้นบนจิ๊ก | 4.00 |
| 3 | ตรวจสอบชิ้นงานฉีด+คลิป | 5.00 | 3 | | | 3 | หยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีด คาวิตี 1,คาวิตี 2 | 5.00 |
| 4 | ยืนยัน คาวิตี 1ตรวจสอบ | 5.50 | 4 | | | 4 | วางคาวิตี 1 บนจิ๊ก โดยจับ คาวิตี 2 อยู่ | 4.00 |
| 5 | ลงกล่อง | 4.00 | 5 | | | 5 | ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก คาวิตี 1 พร้อมจับทางเข้าน้ำพลาสติกไว้ | 3.50 |
| 6 | หยิบงาน คาวิตี 2 บนตัะ | 6.00 | 6 | | | 6 | ประกอบคลิปหัวกลม หัวเหลี่ยม คาวิตี 1 | 3.50 |
| 7 | ตรวจสอบผิวชิ้นงาน | 6.00 | 7 | | | 7 | วางคลิปหัวกลม1ชิ้น หัวเหลี่ยม1ชิ้นบนจิ๊ก | 4.50 |
| 8 | ตรวจสอบชิ้นงานฉีด+คลิป | 5.00 | 8 | | | 8 | วางคาวิตี 2 บนจิ๊ก | 4.00 |
| 9 | ยืนยัน คาวิตี 2 ตรวจสอบ | 5.50 | 9 | | | 9 | ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก คาวิตี 2 พร้อมจับทางเข้าน้ำพลาสติกไว้ | 3.50 |
| 10 | ลงกล่อง | 4.00 | 10 | | | 10 | ประกอบคลิป หัวกลม หัวเหลี่ยม คาวิตี 2 | 3.50 |
| | | | | | | 11 | ปล่อยทางเข้าน้ำพลาสติก | 3.00 |
| | | | | | | 12 | ตรวจสอบคลิป 2 ชิ้น คาวิตี 1 ลิมิตเซ็นเซอร์ | 2.50 |
| | | | | | | 13 | ตรวจสอบคลิป 2 ชิ้น คาวิตี 2 ลิมิตเซ็นเซอร์ | 3.50 |
| | | | | | | 14 | เคลื่อนย้ายคาวิตี 1 คาวิตี 2 ไปโต๊ะพนักงาน | 4.50 |
| | **Total** | **53.00** | | **Total** | **62.00** | | **Total** | **54.0** |

รูปที่ 13 YAMAZUMI CHART หลังปรับปรุง

| ตารางรวมงานมาตรฐาน | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PART CODE : | PROCESS : | | | |
| PART NAME : Plate RR Bumper | | | | |
| Item | Description | TIME (Sec.) | | |
| **เครื่องฉีด** | | MAN | M/C | Walk |
| 1 | ฉีดพลาสติก | | 62.0 | |
| Robot | | | | |
| 1 | จับคลิปหัวกลม 2 ชิ้น หัวเหลี่ยม 2 ชิ้น | | 5.00 | |
| 2 | วางคลิปหัวกลม 1 ชิ้น คลิปหัวเหลี่ยม 1 ชิ้นบนจิ๊ก | | 4.00 | |
| 3 | หยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีด คาวิตี1, คาวิตี 2 | | 5.00 | |
| 4 | วางคาวิตี 1 บนจิ๊กโดยจับคาวิตี 2 อยู่ | | 4.00 | |
| 5 | ตัดทางเข้าน้ำ คาวิตี 1 พร้อมจับทางเข้าน้ำไว้ | | 3.50 | |
| 6 | ประกอบคลิปหัวกลม หัวเหลี่ยม ของ คาวิตี 1 | | 3.50 | |
| 7 | วางคลิปหัวกลม 1 ชิ้น คลิปหัวเหลี่ยม 1 ชิ้นบนจิ๊ก | | 4.50 | |
| 8 | วางคาวิตี 2 บนจิ๊กโดยจับคาวิตี 1 อยู่ | | 4.00 | |
| 9 | ตัดทางเข้าน้ำ คาวิตี 2 พร้อมจับทางเข้าน้ำไว้ | | 3.50 | |
| 10 | ประกอบคลิปหัวกลม หัวเหลี่ยม ของ คาวิตี 2 | | 3.50 | |
| 12 | ปล่อยทางเข้าน้ำพลาสติก | | 3.00 | |
| 13 | ตรวจสอบคลิป 2 ชิ้น คาวิตี 1 ลิมิตเซ็นเซอร์ | | 2.50 | |
| 14 | ตรวจสอบคลิป 2 ชิ้น คาวิตี 2 ลิมิตเซ็นเซอร์ | | 3.50 | |
| 15 | เคลื่อนย้ายคาวิตี1, คาวิตี 2 ไปโต๊ะพนักงาน | | 4.50 | |
| Man | | | | |
| 1 | หยิบงาน คาวิตี 1 บนโต๊ะ | 6.00 | | |
| 2 | ตรวจสอบผิวชิ้นงาน | 6.00 | | |
| 3 | ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานฉีด + คลิป | 5.00 | | |
| 4 | ยืนยันคาวิตี1ตรวจสอบ | 5.50 | | |
| 5 | ลงกล่อง | 4.00 | | |
| 6 | หยิบงาน คาวิตี 2 บนโต๊ะ | 6.00 | | |
| 7 | ตรวจสอบผิวชิ้นงาน | 6.00 | | |
| 8 | ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานฉีด + คลิป | 5.00 | | |
| 9 | ยืนยันคาวิตี1ตรวจสอบ | 5.50 | | |
| 10 | ลงกล่อง | 4.00 | | |




รูปที่ 14 ตารางรวมงานมาตรฐาน หลังปรับปรุง

จากตารางรวมงานมาตรฐาน รูปที่ 14 งานของคนเริ่มจากศูนย์ เพราะใช้ชิ้นงาน WIP (Work-In-Process) ของชิ้นงานก่อนหน้า 1 รอบ มีงานวางพร้อมปฏิบัติงาน

*V สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ*

*V.I สรุปผลการวิจัย*

การศึกษาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต การทำงานของหุ่นยนต์ ABB รุ่น IRB2600 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบการผลิตเป็นกึ่งอัตโนมัติ พนักงานร่วมทำงานกับหุ่นยนต์ มอบหมายงานให้หุ่นยนต์ทำงานคุ้มค่ามากขึ้น โดยการจัดสมดุลการผลิตและอุปกรณ์เครื่องจักรอัตโนมัติชุดนี้

ก่อนการปรับปรุง Cycle time เครื่องฉีด 62 วินาที พนักงาน 2 คน ทำงานรวมคนละ 56 วินาที หุ่นยนต์ทำงานรวม 22 วินาที ดังรูปที่ 4 หลังปรับปรุงแล้ว Cycle time เครื่องฉีดยังคง 62 วินาที พนักงานเหลือ 1 คน ลดจากเดิม 2 คน รวมเวลางาน 53 วินาที หุ่นยนต์มีงานรวม 54 วินาที ดังรูปที่ 14 และทำให้ได้งานที่มีคุณภาพ เนื่องจากขั้นตอนการประกอบทำโดยหุ่นยนต์ การประกอบชิ้นส่วนจึงสมบูรณ์ครบทุกชิ้น ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า งานวิจัยนี้ใช้วิชาศึกษางาน (Work study) ในหุ่การจัดสมดุลการผลิตโดย YAMAZUMI CHART และตารางรวมงานมาตรฐาน และออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการประกอบชิ้นงานโดยใช้หุ่นยนต์และแผนผังต่างๆ ที่ช่วยการพัฒนาออกแบบเป็นเครื่องจักรอุปกรณ์อัตโนมัติได้สมบูรณ์มากขึ้น

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตนี้แล้ว งานวิจัยในลำดับต่อไปในอนาคต คาดว่าจะสามารถลด Cycle time ของเครื่องฉีดพลาสติกลงได้ และพัฒนากระบวนการผลิตของพนักงานร่วมกับหุ่นยนต์ให้เป็นระบบการผลิตแบบอัตโนมัติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] วันชัย ริจรวนิช. การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ, 2543

[2] ปฐมพงษ์ หอมศรี, อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และ ปรณัฐ วิสุวรรณ "การประยุกต์ใช้ระบบโตโยต้าในสายการผลิตของโรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์", คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิยาเขตศรีราชา ชลบุรี, 2554

[3] Siti Aisyah1, et al, "Analysis Work Standardization Using The Standardized Work Combination Table on CNC of Mission Case Line Process at PT Astra Otoparts, Tbk - Nusametal Division", Jakata Barat, Indonesia 11650, 2020

[4] วสัน ดีแก่, "การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชันซิสเต็ม", วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, หน้า 37-38, 2561

[5] Vojislav VujiČiĆ, et al, "Design and Simulation of Electro-Pneumatic Motion Control System", Serbia, September 2020

# Maintenance management of Sri Sa-Nga Phatthana company limited

Adul Phuk-in[1]
*Industrial Technology Program*
*Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University*
Uttaradit Province, Thailand
*Correspondent author: Adun999@gmail.com

***Abstract*—This research proposed a solution for solving problems related to maintenance of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. that the maintenance cost is relatively high. The study has applied the method of Total Productive Maintenance (TPM). Together with the design and development of a program that can schedule maintenance by scheduling rules of First In First Out (FIFO) and three other heuristic methods, namely Shortest Processing Time (SPT), Largest Processing Time (LPT), and Genetic Algorithm (GA), by unit comparison single and multi-station maintenance work. In addition, the program has collected data to measure the performance of maintenance, for instance, Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), and Average machine downtime with maintenance in the company. The main focus was on TPM implementation activities. The results showed that the maintenance schedule of small-sized problems (single-station maintenance), the SPT method provides the best performance. For scheduling the maintenance of small-sized problems and large-sized problems with more than two maintenance stations, the GA method gives the best performance. During the research of the Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd., maintenance schedules are collected for five months before and after. Moreover, the mean time between failures (MTBF) increased by 21.06%, which the mean time to to repair (MTTR) decreased by 39.98%, and the percentage of average machine downtime decreased by 41.75%, respectively. In conclusion, the proposed method is able to manage the company's maintenance processes corresponding with the objectives of this research.**

***Keywords—Maintenance scheduling, Agricultural vehicle assembly plant, program development for maintenance data, Lower Bound***

## I. INTRODUCTION

Presently, the industrial businesses and service sectors are highly competitive. Every company must seek a guideline for managing four resources (4M) to be the most efficient: labour resources (Man), methods of work (Method), materials or raw materials (Material), and costs (Money) [1] for the primary purpose of reducing costs as much as possible while still being able to produce the best quality products and services as well [2]. Therefore, The question is how to find ways to manage production processes or control by using the most cost-effective resources, lowest costs, and considering the highest responsiveness of customer needs [3]. Many small or large scale manufacturers have adopted equipment, machinery, and modern technology in their operational processes to optimize their production capacity. Machine maintenance planning has been a significant factor because maintenance is the approach to maintain the machines before breaking them down [4]. Significantly increasing the ability to maintain machine performance, availability, and production efficiency for following the plan, while considering the lowest cost with the highest safety when using [5]. In addition, machine maintenance is the important one of the activities involved in the reliable function of various parts. In the past, machine maintenance carries out just when the machine was damaged (Breakdown Maintenance). [6,7,8]

This research aimed to apply mathematical models and heuristic methods as GA to solve the problem of maintenance schedule in the parts' truck production company.[9] The researcher considered the batch job finished time, for instance, the average flow time, the average tardiness, and the average jobs in the system in single maintenance work units. However, suppose there are two or more maintenance units. In that case, the Makespan (Minimize) [10] of storing data will be used to measure maintenance effectiveness by using a method of managing maintenance multiplied by everyone involved TPM together with the development of a program [6,11,12,13] to store maintenance data of agriculture vehicle plant. This research measures the MTBF, MTTR, and %MTBF of maintenance management.

## II. MATERIALS AND METHODS

### *A. The Manufacture of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd.*

Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. was established in 1972 to manufacture agricultural vehicles such as small four-wheel trucks, hydraulic trucks, and agriculture trucks. "Figure 1" is located in the Mueang District of Uttaradit Province. Annual production of 250 cars per year with total selling of 33,500,000 baht per year. The organization management will assign through 5 departments: marketing, purchasing, finance and accounting, inventory and storage, and production and maintenance department. All departments have to coordinate with each other according to the method of TPM, under the director's board respond to different departments as shown in Figure 2.

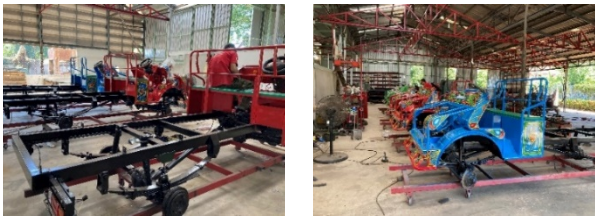


Fig. 1. Shows the production plant of Sri Sa-Nga Phatthana Company Limited.

The maintenance problems of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. is studied in a total working area of 6,400 square meters, divided into plant no. 1 and plant no. 2 with 30 machines and more than 90 types of production equipment. Production in the factory is a production order (Job Shop) with the FIFO method. [9] A production schedule in each and a work station in the production department then assembled as agricultural transportation according to customer orders. The preliminary studies found inefficient maintenance problems in every period: daily, weekly, monthly and yearly maintenance and repair planning, for instance.

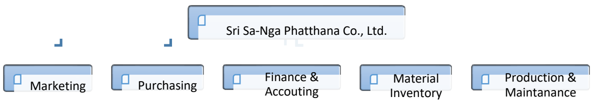



Fig. 2. Shows the management of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd.

*B. Scheduling*

In several circumstances, an inventory management technique is also adopted in the maintenance scheduling or allocation of maintenance resources to work stations or maintenance units to carry out the work as planned. Maintenance planning and scheduling is an essential component that influences the success of a maintenance organization [11, 14, 15.[

The machines maintenance problem with a single unit is a schedule of jobs that have jobs or machines to be maintained in n jobs in which jobs will require maintenance time (Processing time) [8, 16, 17, 18] and able to choose any work before or after. Therefore, the scheduling will measure efficiency from average flow time, mean lateness, and mean tardiness, as shown in equations 1, 2, and 3.

Average Flow Time = $\bar{F} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} F_j$ (1)

Mean Lateness = $\bar{L} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} L_j$ )2(

Mean Tardiness = $\bar{T} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} T_j$ (3)

*C. Types of maintenance scheduling problems*

The maintenance scheduling problems [19, 21] types as sequencing maintenance n jobs on m parallel unit use the job scheduling rules below.

by FIFO $= j1, j2, j3, \ldots jn$ (4)

by SPT $= j[1] \leq j[2] \leq j[3] \leq \ldots j[n]$ (5)

by LPT $= j[1] \geq j[2] \geq j[3] \geq \ldots . j[n]$ (6)

*D. Maintenance scheduling solution model*

A model for solving maintenance scheduling problems showing a perfect binary (0,1) when the equation conditions meet can express in equations 7, 8, 9, 10, 11, and 12.

Minimize $C_{\max}$

$C_{\max} \geq W_i \quad \forall 1 \leq i \leq n$ )7(

$W_i - P_i \geq 0 \quad \forall 1 \leq i \leq n$ )8(

$\sum_{j=1}^{j} x_{ij} \leq 1 \quad \forall 1 \leq i \leq n$ (9)

$W_i - (W_j - P_j) + Y_{ij}M \geq 0 \quad 1 \leq \text{I,j} \leq n$ )10(

$W_i - (W_j - P_j) - (1 - Y_{ij})M \leq 0$ where$1 \leq \text{I,j} \leq n$ )11(

$X_{ik} + X_{jk} \leq (Y_{ij} + Y_{ji})M + 1$ where $\forall 1 \leq i, \langle j \leq n$ and $\forall 1 \leq \text{l}, \langle k \leq m$ (12(

$X_{ik} + X_{jl} \leq (Y_{ij} + Y_{ji})M + 1$ where $\forall 1 \leq i, \langle j \leq n$ and $\forall 1 \leq \text{l}, \langle k \leq m$ )13)

$m$ = the number of work stations or workgroups, $n$ = number of jobs, $P_i$ = processing time on the job i, $W_i$ time is done at a job i, $d_i$ = time to deliver job i to the customer (due date), $L_i$ = job finish time before the time of work i, $T_i$ = finished time before or after the due date of job i, $x_{ij}$ = assignment to workstation j to the job i, $y_{ik}$ = assignment to workstation k to the job i, where it will have a value of 1and 0if the condition is not meet the condition.

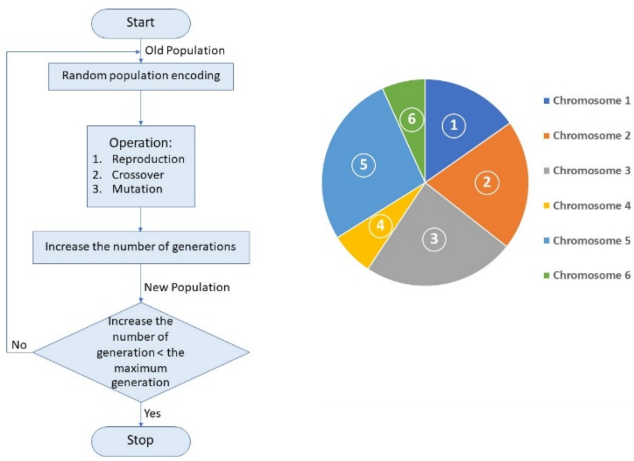
*E. Genetic Algorithm) GA)*

The maintenance schedule for the machine develops from a heuristic concept by applying the Genetic Algorithm method to arrange the maintenance schedule. [19,20] This proposed method will have the following steps.

*1. Coding and randomly generating the initial population.* The first step of the Genetic Algorithm is to encode or convert the parameter values into bit-length strings according to the size of the work according to the form of binary coding.

*2. An initial population (Old Population)* is the string selected to create a prototype for a new generation of the population (New Population). The first old population is the starting random population of more than 2-units maintenance scheduling problem [8, 17].

*3.Genetic algorithm operations consist of* reproduction, crossover, and mutation. The details are shown in Figure 3 (A) [8].



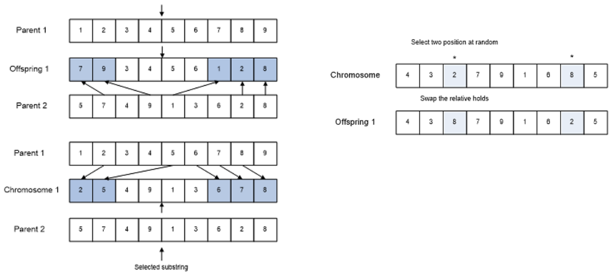

A. Genetic Algorithm (GA) processes. B.Roulette wheel method.

Fig. 3. (A) Genetic Algorithm processes and (B) Roulette wheel method.

*a) Reproduction* is a process in which each string mimics the target function f(x), where this function measures the suitability or optimized value (fitness value). Therefore, if any string has a higher fitness value, it will be promoted to a higher rank of the next generation. The used method is the Roulette Wheel, as shown in Figure 3 (B).

*b).The crossover process* begins after the entire population goes through the reproduction process, and then the members are matched in the mating pool or the whole population by random. Before crossover at random positions similar to chromosomes' fragments were exchanged. This research used order-crossovers type as shown in Figure 4 (A).

*c).Mutation* step is necessary even if there are reproduction and crossover steps before, but the mutation is the process that prevents the loss or recovery loss. Sometimes the answer of simple GA will get stuck in Local Optimal. The mutation will prevent this problem. This research used two positions at random mutation Figure 4 (B).




A. Order crossover

B. Two positions at random mutation

Fig. 4. Crossover and Mutation process A) Order crossover B) Two positions at random mutation

*4. New Population:* All strings generated by the GA called the new population or generation, the new generation, which becomes the old population for further action and repeats until the generation is equal to the design.

*5. Measurements by Mean Time Between Failure (MTBF)* shows in equations 13 and 14 [5, 20].

The average number of times the machine breakdown

$$n_{avg} = \sum_{i=1}^{N} \frac{n_i}{N} \quad (13)$$

Mean Time Between Failure (MTBF)

$$MTBF = \frac{T}{n_{avg}} \quad (14)$$

The studied plant maintenance efficiency measurement is based on the MTBF with the number of failures encountered over time T/average time value of all machine failures in the company. The relationship between MTTF and MTTR is where MTTF is Mean Time to Failure and MTTR is Mean Time to Repair [5, 6, 8].

*6. The efficiency measurement* from the percentage of time the machine failure occurred (Average Machine Downtime) is shown in equation 15.

Average Machine Downtime :

$$= \frac{\%\ Machine\ Downtime}{Operation\ Time} \times 100 \quad (15)$$

This research used Total Productive Maintenance (TPM) with everyone involved to measure performance in the developed program. At the same time, the operation data is stored for measuring maintenance efficiency.

*F. Maintenance management problems*

This research focuses on the maintenance management problems of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd., which performed the traditional manual method. That relies on the employees' experience in maintenance scheduling. This approach often takes a long time and does not yield the minimum Makespan or average maintenance tasks in the system, thus causing direct and indirect costs. The researchers decided to collect data on scheduled maintenance intervals. The example of the maintenance schedule for the first week started on 1st December 2020 of Plant no. 1, which has six machines to be maintained and inspected. The gathered maintenance activities include engine inspection, lubrication, cleaning, electrical check, oil level check, chain check, drive sprocket check, belt check, oil change and bearing replacement. A data example of the run time for each maintenance activity of Plant no.1 in the same period shows in Table 2.

These preliminary data collected by the researchers were analyzed and sorted by FIFO, SPT, LPT, and GA techniques [14,16,19] in conjunction with the TPM approach, to schedule maintenance. Then measure the maintenance performance to develop a program in the part of scheduling machine maintenance to increase the efficiency of maintenance of the agricultural vehicle factory. The research methodology can describe as follows.

1..*Collecting management information,* production information and maintenance information of the company, which is divided by the work station according to the production and maintenance departments such as metal sheet cutting, structural forming, pick-up car forming, assembly, spare parts storage, stockpiling, maintenance and so on from machines in Plant no. 1 and Plant no. 2, with 30 machines. Since the researchers divided the nature of maintenance work by the number of workstations in two cases: the case of a single- workstation and the case of more than two workstations, before being analyzed to design a multi-participated maintenance (TPM) method of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. [20, 21].

TABLE I. EXAMPLE OF WEEKLY MAINTENANCE SCHEDULE FOR THE 1ST WEEK OF DECEMBER 2020FOR THE 1ST FACTORY MACHINERY.

| **Machine** | ***Lubrication*** | ***Cleaning*** | ***Electrical system*** | ***Oil level checking*** | ***Chain inspection*** | ***Sprocket inspection*** | ***Belt inspection*** | ***Lubricant changing*** | ***bearing parts*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lathe 1 | / | / | | | | / | / | | |
| Lathe 2 | / | / | / | | | / | / | / | / |
| Lathe 3 | / | / | | / | | / | / | | |
| Milling | / | / | | | | | | / | / |
| Press Brake | / | / | / | | / | | / | | |
| Cutting machine | / | / | | | / | / | | | |

TABLE II. EXAMPLES OF PROCESSING TIME FOR 1ST-WEEK MAINTENANCE OF MACHINE ON PLANT 1.

| Machine | *Lubrication* | *Cleaning* | *Electrical system checking* | *Oil level checking* | *Chain inspection* | *Sprocket inspection* | *Belt inspection* | *Lubricant changing* | *bearing parts Replacing* | *machine maintenance total time* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lathe 1 | 12.56 | 14 | | | | 18.40 | 4.0 | | | 54.26 |
| Lathe 2 | 12.56 | 14 | 17.50 | | | 19.50 | 4.0 | 35.70 | 30.50 | 139.06 |
| Lathe 3 | 12.56 | 14 | | 5.3 | | 12.54 | 4.0 | | | 48.4 |
| Vertical milling machine | 15.50 | 14 | | | | | | 19.50 | 20.30 | 74.6 |
| Press Brake | 17.50 | 14 | 11.30 | | 20.57 | | 4.0 | | | 68.67 |
| Cutting machine | 10.56 | 14 | | | 10.54 | 6.67 | | | | 36.53 |

2. *Comparison of maintenance scheduling* with four methods, namely, first come- first serve (FIFO), Shortest Processing Time (SPT), Largest Processing Time (LPT), and Genetic Algorithm (GA) methods for both single and more than two maintenance workstations.

3. *When using the collected data* to schedule maintenance with the methods mentioned above, the efficiency of each approach compares by the following values. Average flow time, Average jobs in the system, Average of tardiness.

4. *The results of the comparative study* will use as a guideline for designing and developing the maintenance program of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd., based on the structure of TPM 8 pillars such as equipment storage, maintenance period identification, spare parts replacement period identification, maintenance scheduling, maintenance method selection, and analysis of maintenance performance.

## III. RESULTS

### A. Result of scheduling maintenance by skill method or by hand (Manual)

The original method that the company used in maintenance scheduling is a skilled personal approach that will schedule maintenance by hand (manual). Sometimes using basic accounting principles such as a first-come, first-served approach (First-In-First-Out, FIFO), or sometimes called (First-Come-First-Served, FCFS).[22,23]

The FIFO maintenance schedule where the processes can do any task before or after, including a processing time value, is explicit in each task. The scheduling result of FIFO with a single workstation shows in Table 3. The result data of Plant no. 1 on the first week of December 2020 will be required to perform the planned maintenance based on the multi-participated maintenance method (TPM) [11,13, 24] .

TABLE III. EXAMPLES OF ESTIMATING TIME VALUES IN VARIOUS SCHEDULING: USING THE RULES FOR SCHEDULING MAINTENANCE ON A FIFO OF THE FIRST FACTORY MACHINE, SRI SA-NGA PHATTHANA CO., LTD.

| **Work No.** | **Times )Min(** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ***Processing*** | ***Completion*** | ***Due*** | ***Lateness*** |
| 1. | 54.26 | 54.26 | 60 | 0 |
| 2. | 139.06 | 193.32 | 150 | 43.32 |
| 3. | 48.40 | 241.72 | 50 | 191.72 |
| 4. | 74.60 | 316.32 | 80 | 236.32 |
| 5. | 68.67 | 384.99 | 70 | 314.99 |
| 6. | 36.53 | 421.52 | 40 | 381.52 |
| Total | 421.52 | 1612.13 | | 1167.87 |

Average flow time = 1612.13/6 = 268.6 minutes, Average jobs in the system = 1612.13/421.52 = 3.82 minutes, Average of tardiness = 1167.87/6 = 194.64 minutes

From the problem of maintenance scheduling types one agency or station for n jobs when using FIFO method, the result obtained the average workflow is 268.6 minutes, average times of work held in system equal 3.82 minutes and average delayed tasks equal 194.64 minutes.

### B. Result of scheduling maintenance by Heuristic methods

Four methods that use to manage the maintenance schedule of this study are First-In-First-Out (FIFO), Shortest Processing Time (SPT), Largest Processing Time (LPT) and heuristic methods Genetic Algorithm (GA) [20].

*Shortest Processing Time (SPT)*

The machine maintenance data of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. from the data in Tables 1 and 2, when arranged by SPT method, in case there are more than two work stations by sequencing maintenance n jobs on m parallel unit. In other words, each maintenance unit can perform the same jobs in every unit. The obtaining example results of the maintenance scheduling for Plant No. 1 with six maintenance jobs and three workstations (maintenance units). The details illustrate in Table 4.

TABLE IV. AN EXAMPLE OF APPLYING THE SPT MAINTENANCE SCHEDULING RULE TO PLANT NO.1 OF THE STUDY COMPANY CASE HAS MORE THAN TWO WORKSTATIONS.

| **Number of Jobs** | ***Processing time )Minute(*** | ***Due time (Minute)*** |
|---|---|---|
| 6 | 36.53 | 40 |
| 3 | 48.40 | 50 |
| 1 | 54.26 | 60 |
| 5 | 68.67 | 70 |
| 4 | 74.60 | 80 |
| 2 | 139.06 | 150 |

From Table 4, the maintenance processing time values order according to the SPT method by scheduling the work to the workstation or unit of maintenance with the shortest processing time. When substituting the processing time values into Equation (5), the substituted details are as follows:

SPT = (6) 36.53 $\leq$ (3) 48.4 $\leq$ (1) 54.26 $\leq$ (5) 68.67 $\leq$ (4) 74.6 $\leq$ (2) 139.06

Therefore, the sorting result is obtaines, as shown in Table 5.

TABLE V. RESULTS OF MAINTENANCE SCHEDULE USING THE SHORTEST TIME-TO-FINISH MAINTENANCE SCHEDULING RULE (SPT) IN PLANT NO. 1OF SRI SA-NGA PHATTHANA CO., LTD.

| Workstation No. | *Processing Time )Minute(* | *Total Processing Time )Minute(* |
|---|---|---|
| 1 | Job no 6 (36.53) + Job no 5 (68.67) | 105.20 |
| 2 | Job no 3 (48.4) + Job no 4 (74.6) | 12300 |
| 3 | Job no 1 (54.26) + Job no 2 (139.06) | 193.32 |

Since the maintenance scheduling results table using the SPT rule mentioned above, the total time spent on maintenance work for workstation no.1 – no3 are 105.20, 123.00 and 193.32, respectively. Workstation no.3 is the highest makespan value.

### *C. Design and development of maintenance programs for Sri Sa-Nga Phatthana company.*

The design and development of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. maintenance program [6, 21, 23, 24] have adopted a structure of all-participated maintenance activities (TPM) of the eight pillars and a maintenance scheduling approach that provides good scheduling results. The best for different sizes of work is to develop programs to help increase efficiency and effectiveness in managing maintenance schedules and planning maintenance. It provides a structure for storing equipment information, specifying maintenance intervals, spare replacement intervals, scheduling maintenance, selecting maintenance methods and analyzing maintenance performance, shown in Figure 5.

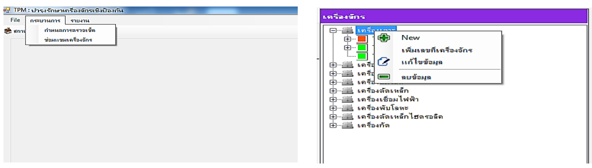


Fig. 5. The interface screen designed of the purposed program TPMsn of Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd.

### *D. Maintenance Scheduling Operations and the Problem Sizes.*

This research performs the maintenance schedule by classifying it according to the size of the problem; it can divide into two scopes, namely, manipulation with small size problems (jobs or machines not over 12 machines) and large size problems (jobs or machines more than 12 machines).

For small size problems with sequencing maintenance n jobs on a 1-maintenance unit, detailed results of the study showed in Table 6.

Table 6 shows the maintenance scheduling results of small problems with only one maintenance unit. The results analysis of machine scheduling for problems with six machines in one maintenance unit (6 x 1) found that the SPT scheduling method had the lowest Average Flow Time of 195.415 minutes. The same as 9 x 1 and 12 x 1 maintenance problems, which has Average Flow Time 528.273 minutes and 755.313 minutes, respectively, corresponding to Average Jobs in the System and Average of Tardiness.

TABLE VI. MAINTENANCE SCHEDULE OF SMALL PROBLEMS OF SRI SA-NGA PHATTHANA CO., LTD.

| **Problem Size x Unit (n x m)** | *Method* | *Average Flow Time* | *Average Jobs in the System* | *Average of Tardiness* |
|---|---|---|---|---|
| | | | *(Min)* | |
| 6 x 1 | FIFO | 268.600 | 3.820 | 194.640 |
| | SPT | 195.415 | 2.782 | 120.993 |
| | LPT | 296.358 | 4.218 | 223.182 |
| 9 x 1 | FIFO | 615.450 | 4.206 | 408.073 |
| | SPT | 528.273 | 3.611 | 320.518 |
| | LPT | 934.860 | 6.389 | 771.883 |
| 12 x 1 | FIFO | 927.492 | 6.561 | 765.115 |
| | SPT | 755.313 | 5.343 | 592.558 |
| | LPT | 1082.388 | 7.657 | 920.878 |

In scheduling maintenance, n jobs on m parallel unit cases, that m parallel unit with the number of maintenance units more than two entities. This case adopted the lowest boundary value (Lower Bound) obtained from any method to compare to find out which approach will give the lowest value. The small-size problems scheduling study results are shown in Table 7, while the large-size problems are shown in Table 8, respectively.

TABLE VII. THE MAINTENANCE SCHEDULING RESULTS FOR SMALL SIZE PROBLEMS WITH MORE THAN 2-MAINTENANCE UNITS OF SRI SA-NGA PHATTHANA CO., LTD.

| **Problem Size x Unit (n x m)** | *Method* | *Lower Bound* | *(Makespan) (Min)* | *Times Gap (Min)* |
|---|---|---|---|---|
| 6 x 2 | FIFO | 210.760 | 213.790 | 3.03 |
| | SPT | | 241.720 | 30.96 |
| | LPT | | 229.850 | 19.09 |
| | GA | | 215.060 | 4.30 |
| 9 x 2 | FIFO | 438.940 | 539.000 | 100.06 |
| | SPT | | 524.400 | 85.46 |
| | LPT | | 442.280 | 3.34 |
| | GA | | 438.940 | 00.00 |
| 12 x 3 | FIFO | 282.723 | 291.090 | 8.36 |
| | SPT | | 332.420 | 49.69 |
| | LPT | | 304.450 | 21.72 |
| | GA | | 282.723 | 00.00 |

Table 7 shows the maintenance schedule answers of the Sri Sa-Nga Phatthana's plant in a small problem sized 6 x 2. The result found that scheduling the maintenance work gave the least Makespan is the FIFO method with a value was 213.790 min. The comparison times gap was 3.03 min. For the 9 x 2 and 12 x 3 small-sized problems, the study found that the maintenance scheduling method with the lowest Makespan value was the GA in both problem sizes. The Makespan is 438.940 minutes and 282.723, respectively, with the times' gap value of 00.00 minutes.

The results of maintenance scheduling for large size problems of 15x 2, 17x 2and 20x3, showed in Table 8. The GA method yielded the lowest makespan value across all sizes of problems. The problem sized 15x 2has a makespan value of 606. 805minutes with a comparison gap value (Gap) of 00. 00minutes. Large size problems 17x 2has a makespan value equal 757. 550minutes with Gap 2. 26minutes, while the largest problem sized 20x 3had a makespan 610. 601 minutes with Gap was 8. 04minutes. IF considering the average lowest Makespan value, it indicated the GA method performed the lowest Makespan value, followed by the LPT method, the FIFO method, and finally the SPT method, respectively.

TABLE VIII. THE MAINTENANCE SCHEDULING RESULTS FOR LARGE-SIZED PROBLEMS WITH MORE THAN TWO MAINTENANCE UNITS OF SRI SA-NGA PHATTHANA CO., LTD.

| Problem Size x Unit (n x m) | *Method* | *Lower Bound* | *(Makespan) (Min)* | *Times Gap (Min)* |
|---|---|---|---|---|
| 15 x 2 | FIFO | 606.805 | 645.460 | 38.65 |
| | SPT | | 688.960 | 82.15 |
| | LPT | | 621.250 | 14.44 |
| | GA | | 606.805 | 00.00 |
| 17x 2 | FIFO | 759.805 | 774.460 | 14.65 |
| | SPT | | 796.440 | 36.63 |
| | LPT | | 778.380 | 18.57 |
| | GA | | 757.550 | 02.26 |
| 20 x 3 | FIFO | 602.560 | 658.330 | 55.77 |
| | SPT | | 666.220 | 63.66 |
| | LPT | | 651.350 | 48.79 |
| | GA | | 610.601 | 08.04 |

*E. Performance Measurement of Maintenance Scheduling Operations.*

From maintenance data collection and maintenance scheduling performance measurement using the TPM method. The benchmark results basis on similar characteristics and an equal quantity of jobs. The Mean Time Between Failure (MTBF) from January 2020 to May 2020 collected before the operation and between June 2020 to October 2020, which is the data collection after the operation, comparison showing as the following details:

*1. The comparison results of the Mean Time Between Failures (MTBF)* derived from formula 14 to determine the outcome of the proposed maintenance program and the maintenance scheduling methods and TPM approach. The research comparison showed in Figure 6.

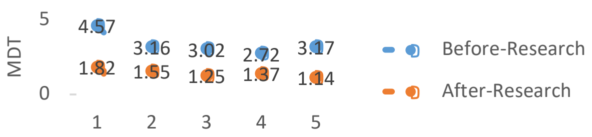



Fig. 6. Comparing Mean Time Between Failures (MTBF) values before and after implementing a proposed maintenance program.

From Figure 6, the comparison of the Mean Time Between Failures (MTBF) values before the research operation in 5months was 59. 53minutes, while the MTBF after five months that the research operation was 91. 31 minutes, increased approximately 31.78%, and the trend significantly increased every month.

*2. Comparison of the time during the onset of damage until repaired to use each time* (Mean Time to Repair, MTTR) for finding the result of scheduling the maintenance of the machine with the TPM approach based on the developed program. The graph of the comparative analysis showed in Figure 7.

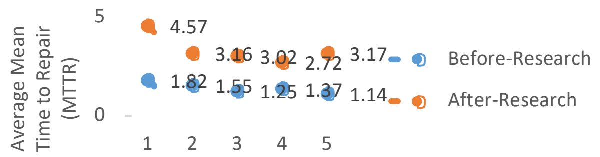



Fig. 7. Comparison of average Mean Time to Repair (MTTR) value before and after implementing the proposed program

Figure 7 compares the average time during starting failure until finished fixing each time (MTTR). It found that the mean of MTTR each time before the study was equal to 3.331, and after implementation was 1.428, it decreased by 1.903 %. It can be noticed that the mean of MTTR tends to decrease consequently in each month of research.

*3. Average time of machine failure (Machine Downtime, MDT)* comparison, the average MDT calculated from formula 15. The results of the analysis showed in Figure 8.

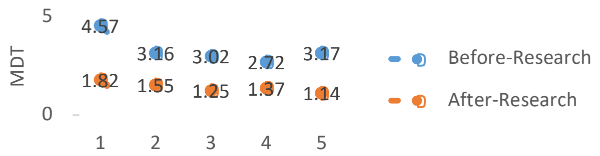



Fig. 8. Comparison of average Machine Downtime (MDT) value before and after implementing the proposed program.

Figure 8 illustrates a comparison of the average time of machines failure before and after the study. It found that the average MDT before the study was 3. 12after the proposed program implementation was 1.30, a decrease of 0.36%.

## IV. CONCLUSIONS

In this research, Sri Sa-Nga Phatthana Co., Ltd. found the problem of maintenance management by scheduling the maintenance operation to allow the minimum maintenance time. Through the research, maintenance information, maintenance plans and data storage took to analyze, design, develop a model to solve maintenance scheduling problems and develop a maintenance program which the Total Productive Maintenance (TPM) technique. Methods for scheduling maintenance included FIFO, SPT, LPT, and GA heuristic methods. There is also a module to compare the run time of each batch or Makespan value to support maintenance planning decisions. Part of the maintenance data can store for more than ten months;the data were collected five months before and after this study. The SPT approach is the most proper method for small-size problems with a 1-unit workstation with the lowest average flow time. However, the GA (Heuristic) method was the most effective with the lowest makespan value for large problems with two and more than two workstations. Moreover, the GA technique was still the most efficient method, which is also won minimal Makespan and has the lowest comparison gap time, followed by the LPT method.

The experimental results of this research concluded that using the developed program to help manage the maintenance schedule increases the efficiency of the company's maintenance schedule. The user can choose a method to manage the maintenance schedule to find the best solution to the problem according to the size of the task. Notice this from the average time between the occurrence of a machine failure (MTBF) that increased. In contrast to the reduced Mean Time to Repair (MTTR) value, it helps workers in the enterprise work with total efficiency. Those in charge of production and maintenance planning can design and organize their operations quickly with higher accurate delivery time reduce operating costs in both variable and fixed costs. Therefore, this research can achieve the purpose of developing a program to increase the efficiency and productiveness of business.

## ACKNOWLEDGMENT

Sincerely thank you to Uttaradit Rajabhat University Research Institute and Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University.

## REFERENCES

[1] B. Anna, C. Adam, and M. Kevin, "Federal financial resources for disaster mitigation and resilience in the U.S. water sector," Utilities Policy, vol. 63, pp. 1-8, Febuary 2020.

[2] J. Guo, Z. Guiyi, Y. Xin, G. Xiaosong, L. Heshan, F. Zhijun, and B. Lingguo, "A synthetical development approach for rehabilitation assistive smart product–service systems: A case study," Advanced Engineering Informatics, vol. 48, 101310, April 2021.

[3] L. Marie, B. Kristof, and H. S. Robert, "Methodical data-driven integration of customer needs from Social Media into the product development process," Procedia CIRP, vol. 88, pp. 127-132, July 2020.

[4] F. Claudia, A. John, and P. Raffaele, "A mathematical programming model to select maintenance strategies in railway networks," Reliability Engineering & System Safety, vol. 216, 107940, December 2021.

[5] W. Ouyang, D. A. Giancarlo, H. Iiro, and I. Lars, "A rolling horizon approach for scheduling of multiproduct batch production and maintenance using generalized disjunctive programming models," Computers & Chemical Engineering, vol. 148, 107268, May 2021.

[6] M. Surico, R. Ricatto, A. Merlo, I. Németh, A. Sardelis, M. Villoslada, E. Montejo, N. Frenkel, P. Aivaliotis, I.M. de la Pera Celada, J. Sidiropoulos, A. Eytan, A. Papavasileiou, and F. Aggogei, "Programs project approach to maintenance management," IFAC-Papers OnLine, vol. 53(3), pp. 313-318, Scptember 2020.

[7] H. Atefeh, and R. Emad, "A two-stage stochastic programming approach for non-cooperative generation maintenance scheduling model design," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 126, 106584, March 2021.

[8] M. Park, J. K. Mun, and P. D. Ho, "Optimal maintenance strategy under renewable warranty with repair time threshold," Applied Mathematical Modelling, vol. 43, pp. 498–508. March 2017.

[9] A. Phuk-in, "Maintenance Management of SD Tractor Company Limited," Innovation and Community Technology Journal, vol. 1(2), pp. 25-35. May 2016.

[10] E. Ahmad, W. J. Hyun, S. Lee, C. Wang, "Minimizing total energy cost and tardiness penalty for a scheduling-layout problem in a flexible job shop system: A comparison of four metaheuristic algorithms," Computers & Industrial Engineering, vol. 141, 106295, March 2020.

[11] M. D. O. Dos Reis, R. Godina, C. Pimented, F.J.G. Silva, J.C.O. Matiasac, "A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction," Procedia Manufacturing, vol. 38, pp. 908-915, June 2019.

[12] G. Pinto, F. J. G. Silva, A. Baptista, N. O. Fernandesb, R. Casais, C. Carvalho, "TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study," Applied Procedia Manufacturing, vol. 51, pp. 1423-1430, November 2020.

[13] S. Saumyaranjan, and Y. Sudhir, "Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers," Procedia Manufactuing, vol. 43, pp. 728-735. March 2020.

[14] C. Rihab, H. Ghorbel, and K. S. Khalfallah "Model for the classification of scheduling problems based on ontology," Science Direct. Procedia Computer Science, vol. 181, pp. 890–896. January 2021.

[15] S. Frischa, P. Hungerländer, A. Jellen, B. Primas, S. Steininger, and D. Weinberger, "Solving a real-world Locomotive Scheduling Problem with Maintenance Constraints," Transportation Research Part B: Methodological, vol. 150, pp.386-409, August 2021.

[16] B. Bouslah, A. Gharbi, and R. Pellerina, "Joint production, quality and maintenance control of a two-machine line subject to operation-dependent and quality-dependent failures," International Journal of Production Economics, vol. 195, pp. 210-226, January 2018.

[17] C. Yuxin, H. Kanxin, Z. Zhen, and L. Andrew, "Machine scheduling with orientation selection and two-dimensional packing for additive manufacturing," Computers & Operations Research, vol. 130, 105245, June 2021.

[18] A. Aymen, and K. H. Hamou, "A heuristic approach for a scheduling problem in additive manufacturing under technological constraints," Computers & Industrial Engineering, vol. 154, 107115, April 2021.

[19] D. Palmer, Maintenance planning and scheduling handbook. New York, McGraw-Hill, 2019.

[20] M. S. Umam, M. Mustafin, and S. Suryono, "A hybrid genetic algorithm and tabu search for minimizing makespan in flow shop scheduling problem," Computer and Information Sciences, vol. 34(3), 1-12. March 2021.

[21] F. Claudia, A. John, and P. Raffaele, "A mathematical programming model to select maintenance strategies in railway networks," Reliability Engineering & System Safety, vol. 216, 107940, December 2021.

[22] C. Roberto, and H. Pierre, "A bi-objective model for the single-machine scheduling problem with rejection cost and total tardiness minimization," Computers & Operations Research, vol. 102, pp. 130-140, Febvary 2019.

[23] A. N. Minh, G. T. H. Dang, M. H. Ha, and M. T. Pham, "The min-cost parallel drone scheduling vehicle routing problem," European Journal of Operational Research, vol. 299(3), pp. 910-930. June 2021.

[24] W. Ouyang, D. A. Giancarlo, I. Harjunkoski, and L Imsling, "A rolling horizon approach for scheduling of multiproduct batch production and maintenance using generalized disjunctive programming models," Computers & Chemical Engineering, vol. 148, 107268, May 2021.

# การปรับตัวควบคุมพีไอดีของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์

## Tuning PID Controller of DC Motor Speed Control System through Opposition-Based Learning Sine Cosine Algorithm

1st มัฆวัจ มากกุญชร
Makawat Makkunchorn
*หลักสูตรปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
ma.makawat_st@tni.ac.th

2nd กันติชา กิตติพีรชล
Kanticha Kittipeerachon
*ห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์และเทคโนโลยี*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
kanticha@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* — บทความนี้นำเสนอวิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ที่ได้รับการเสริมวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้าม ซึ่งอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ในการหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหา ความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่ได้จากอัลกอริทึมนี้จะถูกวัดโดยใช้เกณฑ์ดัชนีสมรรถนะแบบปริพันธ์ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์คูณด้วยเวลา (ITAE) ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดความเหมาะสมนี้จะถูกนำไปใช้ในการจำลองการทำงานของระบบควบคุม จากผลการจำลองการทำงานพบว่าวิธีที่นำเสนอนี้ให้ผลตอบสนองที่เร็วและมีค่าพุ่งเกินสูงสุด ค่าพุ่งต่ำสูงสุดและค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงเล็กน้อย ทั้งในสภาวะการทำงานปกติและมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น**

***คำสำคัญ — ตัวควบคุมพีไอดี, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, วิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์***

***ABSTRACT* — This paper presents the method for tuning PID controller of DC motor speed control system. The proposed method is the sine cosine optimization algorithm, which uses sine and cosine function to find an optimum solution, combined with opposition-based learning. An optimum parameter set of a PID controller is evaluated by using the integral of time multiplied absolute error (ITAE) as performance index, and then is used for system simulation. Form simulation results, it is found that responses using the parameter set obtained from the proposed algorithm show fast response time, small overshoot and undershoot, and small steady-state error at normal operating state and when disturbance signal occurs in system.**

***Keywords — PID controller, DC Motor, Opposition-Based Sine Cosine Algorithm***

### I. บทนำ

ระบบในอุตสาหกรรมและระบบทั่วไปนั้นมีอยู่หลากหลายระบบไม่ว่าจะเป็นระบบขนาดใหญ่เท่าโรงงาน เช่น ระบบการผลิตไฟฟ้าในโรงงานไฟฟ้าและการผลิตรถยนต์ จนถึงระบบขนาดเล็ก เช่น วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นกับระบบมวล-สปริงและตัวหน่วง ที่ใช้ในการเรียนวิชาระบบควบคุม และระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้น ระบบเหล่านี้จะมีการทำงานที่ง่ายหรือซับซ้อนก็ตาม ทุกระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าขาดการควบคุมจากตัวควบคุม ตัวควบคุมที่ใช้ในระบบมีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือตัวควบคุมพีไอดี (PID controller) เนื่องจากเป็นตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากในการควบคุมสัญญาณและใช้งานง่ายเพียงแค่ปรับพารามิเตอร์ 3 ค่า คือ อัตราขยายสัดส่วน (proportional gain: $K_P$) อัตราขยายปริพันธ์ (integral gain: $K_I$) และอัตราขยายอนุพันธ์ (derivative gain: $K_D$)

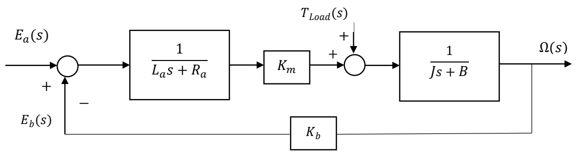
วิธีในการปรับพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่านี้เพื่อควบคุมสัญญาณของระบบ มีอยู่หลายวิธี โดยเริ่มแรกวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวิธีของ Ziegler Nichols [1] แต่ต่อมามีการประยุกต์นำปัญญาประดิษฐ์กลุ่มเมต้าฮิวริสติกส์มาใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์พีไอดี โดยทดลองปรับพารามิเตอร์พีไอดีเพื่อควบคุมระบบมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง ตัวอย่างปัญญาประดิษฐ์กลุ่มนี้ที่ถูกนำมาใช้ ได้แก่ การหาค่าที่เหมาะสมแบบฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization: PSO) [2] การหาค่าที่เหมาะสมแบบหมาป่าสีเทา (Grey Wolf Optimization: GWO) [3] และอัลกอริทึมแบบไซน์-โคไซน์ (Sine Cosine Algorithm: SCA) [4] เป็นต้น อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมเหล่านี้ยังมีจุดอ่อนในเรื่องของการค้นหาคำตอบที่ติดอยู่กับค่าเดิม ทำให้มีการเสริมวิธีบางอย่างเพื่อเพิ่มการค้นหาคำตอบของอัลกอริทึมให้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้โครงข่ายประสาทเทียม(artificial neural network) ตรรกศาสตร์

แบบคลุมเครือ (fuzzy logic) และ การเรียนรู้จากสิ่งตรงข้าม (Opposition-Based Learning: OBL) [5] เป็นต้น

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีสำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ โดยใช้การปริพันธ์ค่าความผิดพลาดแบบสัมบูรณ์คูณด้วยเวลา (Integration Time Absolute Error: ITAE) เป็นเกณฑ์ในการวัดสมรรถนะของอัลกอริทึม และเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้กับผลตอบสนองที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมอื่น ๆ โดยเปรียบเทียบค่าตัวบ่งชี้ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าพุ่งเกินสูงสุด (maximum overshoot) เวลาไต่ขึ้น (rise time) เวลาเข้าสู่สมดุล (settling time) และความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว (steady-state error)

## II. การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่งมายังมอเตอร์ไปเป็นพลังงานกลในรูปแบบความเร็วรอบของการหมุนเพลาให้เกิดแรงบิด โดยบล็อกไดอะแกรมของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเป็นไปตามรูปที่ 1




รูปที่ 1: บล็อกไดอะแกรมของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบไปด้วยความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ ($R_a$) ความเหนี่ยวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์ ($L_a$) แรงบิดของการหมุนเพลา ($J$) ค่าคงที่ความเสียดทานของมอเตอร์ ($B$) ค่าคงที่ของแรงบิดในการหมุนเพลา ($K_m$) ค่าคงที่แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าต้านกลับ ($K_b$) สัญญาณรบกวน ($T_{load}$) ความเร็วรอบจริงของมอเตอร์ในโดเมนความถี่ ($\Omega(s)$) และความต่างศักย์ที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ในโดเมนความถี่ ($E_a(s)$) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในบทความนี้จะอ้างอิงมาจาก [6] ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

| **พารามิเตอร์** | **ค่า** |
|---|---|
| ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ ($R_a$) | 0.4 $\Omega$ |
| ความเหนี่ยวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์ ($L_a$) | 2.7 H |
| แรงบิดการหมุนเพลา ($J$) | 0.0004 $\mathrm{kg \cdot m^2}$ |
| ค่าคงที่ความเสียดทานของมอเตอร์ ($B$) | 0.0022 $\mathrm{N \cdot m \cdot s/rad}$ |
| ค่าคงที่ของแรงบิดในการหมุนเพลา ($K_m$) | 0.015 $\mathrm{m/A}$ |
| ค่าคงที่แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าต้านกลับ ($K_b$) | 0.05 $\mathrm{V \cdot s}$ |

ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถอธิบายได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า ($e_a(t)$) ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ประกอบไปด้วยตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ ($e_b(t)$) แบบครบวงจรแล้ว จะเขียนสมการของแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ได้ตามสมการที่ (1)

$$e_a(t) = L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) + e_b(t) \tag{1}$$

ซึ่ง $e_a(t)$ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ส่วน $e_b(t)$ เป็นค่าที่ได้จากการหมุนของขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ได้รับกระแสไฟฟ้าแล้วเกิดการเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กทำให้เพลาเคลื่อนที่ โดยจะมีค่าแปรผันตามความเร็วเชิงมุมของเพลา ($\omega(t)$) ตามสมการที่ (2)

$$e_b(t) = K_b \frac{d\theta}{dt} = K_b(\omega(t)) \tag{2}$$

แรงบิดในการหมุนเพลามอเตอร์เกิดได้จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ ตามสมการที่ (3)

$$T(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = K_m i_a(t) \tag{3}$$

จากสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (3) เมื่อทำการแปลงลาปลาซโดยกำหนดให้เงื่อนไขเริ่มต้นทั้งหมดเป็นศูนย์ จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$E_a(s) = (L_a s + R_a) I_a(s) + E_b(s) \tag{4}$$

$$E_b(s) = K_b \Omega(s) \tag{5}$$

$$T(s) = (Js + B)\Omega(s) = K_m I_a(s) \tag{6}$$

จากสมการที่ (4) ถึงสมการที่ (6) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ากับความเร็วรอบของเพลามอเตอร์ที่ได้ โดยแบ่งเป็นกรณีดังนี้

### *II.I. กรณีที่มีแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าแต่ไม่มีสัญญาณรบกวน*

ความเร็วรอบของมอเตอร์จะเป็นไปตามสมการที่ (7)

$$\Omega(s) = \frac{K_m}{(L_a s + R_a)(Js + B) + K_b K_m} E_a(s) \tag{7}$$

### *II.II. กรณีที่มีแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและมีสัญญาณรบกวน*

ความเร็วรอบของมอเตอร์จะเป็นไปตามสมการที่ (8)

$$\Omega(s) = \frac{K_m E_a(s) + (L_a s + R_a) T_{Load}(s)}{(L_a s + R_a)(Js + B) + K_b K_m} \tag{8}$$

เมื่อนำค่าจากตารางที่ 1 ไปแทนลงในสมการที่ (7) และสมการที่ (8) จะได้สมการความเร็วรอบของมอเตอร์ตรงดังสมการที่ (9) และสมการที่ (10)

$$\Omega(s) = \frac{15}{1.08s^2 + 6.1s + 1.63} E_a(s) \tag{9}$$

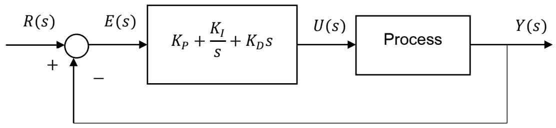
$$\Omega(s) = \frac{15E_a(s) + (2700s + 400)T_{Load}(s)}{1.08s^2 + 6.1s + 1.63} \tag{10}$$

III. การประยุกต์ระบบกับตัวควบคุมพีไอดี

ตัวควบคุมพีไอดี [7] เป็นอุปกรณ์ควบคุมประเภทหนึ่งประกอบไปด้วยอัตราขยาย 3 ค่า คือ อัตราขยายสัดส่วน ($K_P$) อัตราขยายปริพันธ์ ($K_I$) และอัตราขยายอนุพันธ์ ($K_D$) นิยมใช้กับระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่นำค่าความผิดพลาดจากความแตกต่างของค่าเป้าหมายหรือสัญญาณอ้างอิงกับค่าผลตอบสนองหรือผลลัพธ์จริงของระบบมาลดความผิดพลาด ดังนั้น การออกแบบตัวควบคุมพีไอดี จึงขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ 3 ค่าที่กล่าวมาข้างต้น ตัวควบคุมพีไอดีสามารถแสดงอยู่ในรูปของฟังก์ชันถ่ายโอนได้ดังสมการที่ (11)

$$G_{PID}(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \tag{11}$$

และบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดีเป็นดังรูปที่ 2




รูปที่ 2: บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดี

สัญญาณควบคุมที่ได้จากตัวควบคุมพีไอดีเมื่อแสดงอยู่ในโดเมนเวลาจะเป็นดังสมการที่ (12)

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t)dt + K_b \frac{de(t)}{dt} \tag{12}$$

เมื่อ $u(t)$ คือ สัญญาณควบคุม ซึ่งเป็นสัญญาณขาออกจากตัวควบคุมพีไอดีเข้าสู่กระบวนการ $e(t)$ คือ ความผิดพลาดที่ได้จากความแตกต่างของค่าเป้าหมายหรือสัญญาณอ้างอิงกับค่าผลตอบสนองหรือผลลัพธ์จริง ซึ่งเป็นสัญญาณขาเข้าที่ได้จากการป้อนกลับของระบบ $r(t)$ คือ ค่าเป้าหมายหรือสัญญาณอ้างอิง ซึ่งเป็นสัญญาณขาเข้าของระบบ และ $y(t)$ คือ ผลตอบสนองหรือผลลัพธ์ของระบบ ซึ่งเป็นสัญญาณขาออกจากระบบ

เมื่อนำสมการที่ (11) มาประยุกต์เข้ากับระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สมการที่ (9) กับสมการที่ (10) และทำเป็นระบบควบคุมแบบวงปิดตามรูปที่ 2 จะได้สมการความเร็วรอบตามสมการที่ (13) และสมการที่ (14)

$$\Omega(s) = \frac{15(K_D s^2 + K_P s + K_I)\Omega_{ref}(s)}{1.08s^3 + 6.1s^2 + 1.63s + 15(K_D s^2 + K_P s + K_I)} \tag{13}$$

$$\Omega(s) = \frac{15(K_D s^2 + K_P s + K_I)\Omega_{ref}(s) + (2700s + 400)sT_{Load}(s)}{1.08s^3 + 6.1s^2 + 1.63s + 15(K_D s^2 + K_P s + K_I)} \tag{14}$$

ส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ในโดเมนเวลา สามารถหาได้จากการแปลงลาปลาซผกผันของสมการที่ (13) และสมการที่ (14)

IV. วิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์

อัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ (SCA) เป็นหนึ่งในวิธีการของเมต้าฮิวริสติกส์ที่ถูกคิดค้นโดย [8] อัลกอริทึมนี้มีลักษณะกระบวนการค้นหาผลลัพธ์ที่ไม่ซับซ้อน โดยการหาค่าผลลัพธ์และการปรับปรุงผลลัพธ์จะเป็นไปตามฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ดังสมการที่ (15) และสมการที่ (16) ตามลำดับ

$$X_i = X_i + r_1 \sin(r_2) \left| r_3 P_i - X_i \right| \tag{15}$$

$$X_i = X_i + r_1 \cos(r_2) \left| r_3 P_i - X_i \right| \tag{16}$$

เมื่อ $P_i$ เป็นผลลัพธ์ปลายทาง $X_i$ เป็นค่าตำแหน่งปัจจุบัน |.| เป็นการระบุของค่าสัมบูรณ์ ค่า $r_1$ $r_2$ $r_3$ และ $r_4$ เป็นค่าตัวแปรสุ่มในการเลือกสมการ ถ้า $r_4 < 0.5$ ให้ใช้สมการที่ (15) แต่ถ้า $r_4 \geq 0.5$ ให้ใช้สมการที่ (16)

ค่าพารามิเตอร์ $r_1$ เป็นค่าตัวแปรสุ่มที่ตอบสนองต่อการค้นหาในพื้นที่เพื่อผลลัพธ์ถัดไป พื้นที่นี้อาจเป็นด้านนอกระหว่างค่า $X_i$ และ $P_i$ หรือด้านในก็ได้ ผู้คิดค้นจึงได้ปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ $r_1$ โดยใช้สมการที่ (17) เพื่อสร้างสมดุลระหว่างการสำรวจและการหาผลลัพธ์

$$r_1 = a - t\frac{a}{T} \tag{17}$$

เมื่อ $a$ เป็นค่าคงที่ $T$ คือค่าจำนวนวนรอบสูงสุดของการวนลูป และ $t$ คือจำนวนรอบปัจจุบันของการวนลูป

ค่าพารามิเตอร์ $r_2$ เป็นตัวแปรสุ่มที่ใช้ในการหาทิศทางในการเคลื่อนที่สำหรับผลลัพธ์ถัดไป นอกจากนั้น ค่าพารามิเตอร์ $r_3$ เป็นตัวแปรสุ่มที่ใช้สุ่มแบบถ่วงน้ำหนัก $P_i$ เพื่อที่จะเน้นการสุ่ม ($r_3 > 1$) หรือเน้นย้ำ ($r_3 < 1$) ถึงผลกระทบของการตกผลึกในการกำหนดระยะทาง ส่วนค่าพารามิเตอร์ $r_4$ เป็นค่าที่ใช้ในการสลับใช้ฟังก์ชันไซน์และโคไซน์

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นแต่อัลกอริทึมไซน์โคไซน์มีข้อเสียอยู่ในการหาผลลัพธ์ นั่นคือ การติดอยู่กับผลลัพธ์ที่เหมาะสมเดิม และการใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ที่นาน จึงต้องมีการเสริมวิธีกับอัลกอริทึมไซน์โคไซน์เพื่อแก้ไขข้อเสียเหล่านี้

งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ (Opposition-Based Sine Cosine Algorithm: OBSCA) ที่เสนอโดย [9] เพื่อปรับปรุงข้อเสียของอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ที่การค้นหาจะติดอยู่กับผลลัพธ์ที่เหมาะสมเดิมและใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ที่นาน ให้สามารถเพิ่มการสำรวจในการหาผลลัพธ์และลดจำนวนชุดการค้นหาเริ่มต้น ซึ่งจะส่งผลให้เวลาในการหาผลลัพธ์น้อยลง หลักการทำงานของวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ (OBSCA) แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

*IV.I. ขั้นตอนเริ่มต้น*

ขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการสร้างชุดค้นหา $X_i$ โดยที่ $i$ มีขนาดเท่ากับประชากร $N$ จำนวน แต่ละชุดค้นหาของ $X$ ประกอบไปด้วยเซตของ

$X_i = [x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \ldots, x_{in}]$ โดยที่ $n$ เป็นจำนวนตัวแปรในเซต จากนั้นจะสร้างชุดค้นหาตรงกันข้ามของ $X$ ตามสมการที่ (18)

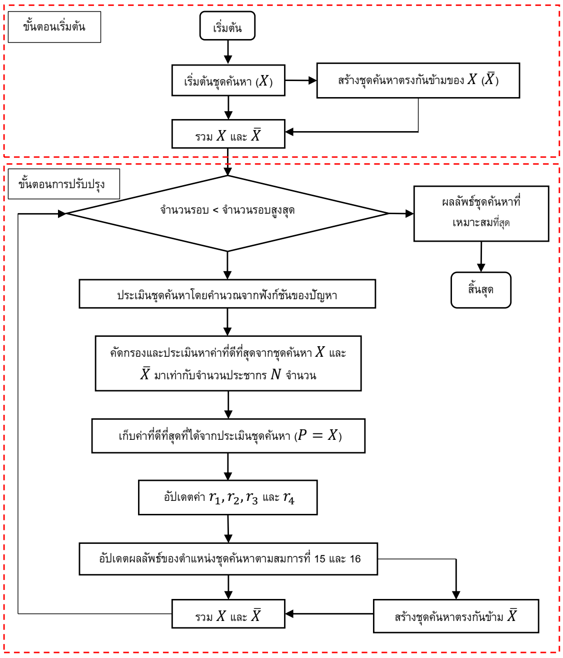
$$\bar{X_i} = u_i + l_i - X_i \tag{18}$$

เมื่อ $\bar{X_i}$ คือชุดค้นหาตรงกันข้ามของ $X_i$ ส่วน $u_i$และ $l_i$ คือขอบเขตบนและขอบเขตล่างของพื้นที่ในการค้นหา

หลังจากสร้าง $\bar{X}$ จะนำ $X$ และ $\bar{X}$ มารวมกันแล้วคำนวณหาค่าฟังก์ชันของปัญหา หลังจากคำนวณเสร็จก็ทำการคัดกรองและประเมินหาค่าที่ดีที่สุดจากชุดค้นหา $X$ และ $\bar{X}$ มาเท่ากับจำนวนประชากร $N$ เพื่อสร้างกลุ่มประชากรใหม่

*IV.II. ขั้นตอนการปรับปรุง*

ขั้นตอนนี้จะนำชุดค้นหาที่ได้จากขั้นตอนที่ IV.I. มาเลือกเก็บค่าที่ดีที่สุดซึ่งเป็นตัวแทนของชุดค้นหาไว้เป็นค่า $P$ แล้วทำการอัปเดตค่า $r_1$ $r_2$ $r_3$ และ $r_4$ แล้วคำนวณหาผลลัพธ์ของชุดค้นหา $X$ ใหม่ตามสมการที่ (15) หรือ (16) ตามค่าการสุ่มของ $r_4$ หลังจากคำนวณหาผลลัพธ์ชุดค้นหา $X$ ใหม่แล้ว จะสร้างชุดค้นหาตรงข้าม $X$ เป็น $\bar{X}$ แล้วนำชุดค้นหา $X$ และ $\bar{X}$ มารวมกันเพื่อคำนวณหาค่าฟังก์ชันของปัญหา เมื่อได้ฟังก์ชันของปัญหาก็ทำการคัดกรองและประเมินหาค่าที่ดีที่สุดจากชุดค้นหา $X$ และ $\bar{X}$ มาเท่ากับจำนวนประชากร $N$ เหมือนกับขั้นตอนที่ IV.I. แล้ววนลูปอยู่ในขั้นตอนนี้จนกว่าจะครบรอบตามที่กำหนด ค่าสุดท้ายที่ได้จะเป็นชุดค้นหาที่เหมาะสมของผลลัพธ์ฟังก์ชันของปัญหา ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนจะเป็นไปตามรูปที่ 3




รูปที่ 3: แผนผังของวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์

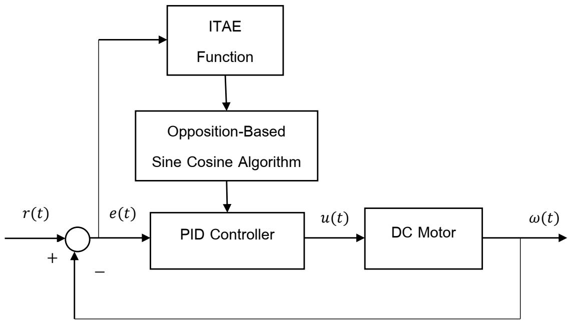
V. การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้จะออกแบบการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้วิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี และใช้การปริพันธ์ของค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์คูณด้วยเวลา ($ITAE$) เป็นฟังก์ชันในการวัดค่าความเหมาะสมของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี ซึ่งมีรูปแบบตามสมการที่ (19) และแผนภาพการทำงานของระบบควบคุมเป็นไปตามรูปที่ 4

$$ITAE = \int_0^t t|e(t)|\, dt \tag{19}$$

เมื่อ $e(t)$ คือ ผลต่างของสัญญาณอ้างอิงกับผลลัพธ์ (กล่าวคือ ความเร็วรอบของมอเตอร์) $t$ คือ เวลา มีหน่วยเป็น วินาที และความเร็วรอบอ้างอิง $r(t)$ มีค่าเป็น 1 เรเดียน/วินาที

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีจะอ้างอิงมาจากบทความของ [4] นำมาใช้ในบทความนี้ ตามตารางที่ 2




รูปที่ 4: ระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ใช้วิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ในการปรับค่า

ตารางที่ 2. ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์

| พารามิเตอร์ | ค่า |
|---|---|
| จำนวนประชากรค้นหา | 20 |
| จำนวนรอบ | 50 |
| ขอบเขตบนของตัวควบคุมพีไอดี $[K_P, K_I, K_D]$ | [15,15,15] |
| ขอบเขตล่างของตัวควบคุมพีไอดี $[K_P, K_I, K_D]$ | [0.001,0.001,0.001] |
| จำนวนตัวแปร | 3 |
| เวลาการจำลองการทำงาน | 1 วินาที |
| จำนวนครั้งในการจำลองการทำงาน | 30 ครั้ง |

VI. ผลการจำลองการทำงานและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink เวอร์ชัน R2019a ซึ่งติดตั้งบนโน้ตบุ๊กที่มีตัวประมวลผล intel CORE i5-8300H CPU 2.30 GHz และแรม 8.00 GB ในการจำลองการทำงาน ผลที่ได้แสดงตามหัวข้อต่อไปนี้

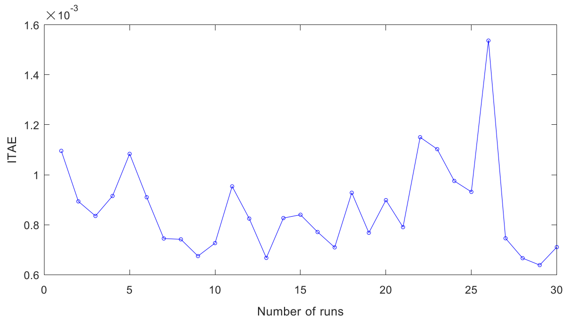
*VI.I ข้อมูลทางสถิติของผลการจำลองการทำงาน*

หัวข้อนี้จะนำค่า $ITAE$ ทั้งหมดตามจำนวนครั้งในการจำลองการทำงาน มาหาค่าเฉลี่ย ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ถึงเสถียรภาพของอัลกอริทึมในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี โดยข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 และค่า $ITAE$ ที่ได้จากการจำลองการทำงานทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 5

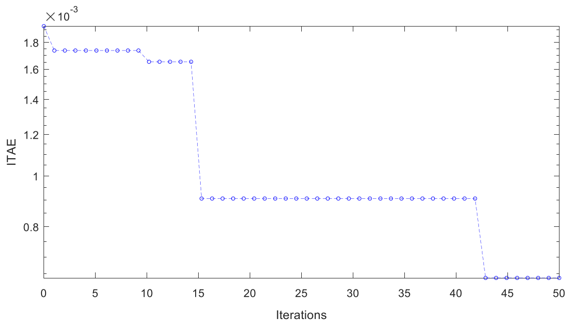
ตารางที่ 3. ข้อมูลทางสถิติของค่า $ITAE$

| พารามิเตอร์ | ค่า |
|---|---|
| ค่าเฉลี่ย | $8.6854\times10^{-4}$ |
| ค่ามากสุด | $1.5369\times10^{-3}$ |
| ค่าน้อยสุด | $6.3855\times10^{-4}$ |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | $1.8850\times10^{-4}$ |




รูปที่ 5 ค่า $ITAE$ ที่ได้จากการจำลองการทำงานทั้งหมด

จากข้อมูลทางสถิติและรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่า $ITAE$ ที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมที่นำเสนอนี้ ผลคำตอบที่ได้มีลักษณะกระจายตัว ซึ่งเกิดจากการสุ่มและการคำนวณของอัลกอริทึมนี้ในแต่ละครั้งที่ไม่เหมือนกัน ทำให้บางครั้งอัลกอริทึมสามารถคำนวณได้ผลคำตอบที่ดีบ้างและแย่บ้าง และการจำลองการทำงานครั้งที่ให้ค่า $ITAE$ น้อยที่สุดนั้น จะมีลักษณะการลู่เข้าของกราฟเป็นไปตามรูปที่ 6 ซึ่งการลู่เข้าศูนย์ของค่า $ITAE$ แสดงได้ถึงความมีเสถียรภาพของระบบควบคุม




รูปที่ 6: การลู่เข้าของฟังก์ชัน $ITAE$

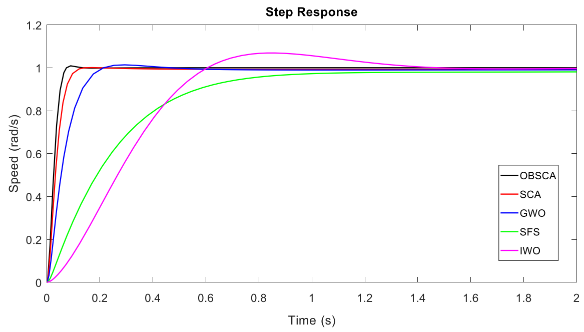
*VI.II. ผลการตอบสนองของระบบ*

ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่นำไปใช้จำลองผลตอบสนองของระบบควบคุมเป็นค่าที่ได้จากการจำลองอัลกอริทึมครั้งที่ให้ค่า $ITAE$ น้อยที่สุด ค่าพารามิเตอร์นี้ถูกนำไปใช้ควบคุมระบบและผลการตอบสนองที่ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลตอบสนองที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่ใช้อัลกอริทึมแบบอื่น ๆ ในการปรับแต่ง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4

จากค่าในตารางที่ 4 เมื่อนำไปแทนในสมการที่ (13) ผลตอบสนองที่ได้แสดงตามรูปที่ 7 และค่าตัวบ่งชี้ของผลตอบสนอง ได้แก่ ค่าพุ่งเกินสูงสุด เวลาเข้าสู่สมดุล เวลาไต่ขึ้นและค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 4. พารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่ใช้จำลองการตอบสนอง

| อัลกอริทึม | $K_P$ | $K_I$ | $K_D$ |
|---|---|---|---|
| **OBSCA** | 14.8373 | 4.12462 | 2.53361 |
| **SCA** [4] | 11.3163 | 0.5544 | 1.8072 |
| **GWO** [3] | 6.8984 | 0.5626 | 0.9293 |
| **SFS** [10] | 1.6315 | 0.2798 | 0.2395 |
| **IWO** [11] | 1.5782 | 0.4372 | 0.0481 |




รูปที่ 7: ผลตอบสนองของระบบ

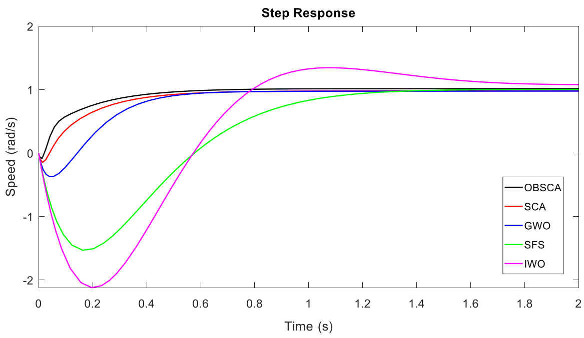
ตารางที่ 5. ค่าตัวบ่งชี้ของผลตอบสนองของระบบ

| อัลกอริทึม | เวลาไต่ขึ้น (s) | ค่าพุ่งเกินสูงสุด (%) | เวลาเข้าสู่สมดุล (s) | ค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว |
|---|---|---|---|---|
| **OBSCA** | 0.042883 | 0.9031 | 0.065147 | 0.00017719 |
| **SCA** [4] | 0.061554 | 0.82241 | 0.096707 | 0.0071925 |
| **GWO** [3] | 0.11563 | 2.3435 | 0.34863 | 0.0095134 |
| **SFS** [10] | 0.49328 | 0 | 0.83832 | 0.018977 |
| **IWO** [11] | 0.41314 | 7.2234 | 1.2735 | 0.0029452 |

จากรูปที่ 7 และตารางที่ 5 พบว่าผลตอบสนองของระบบลู่เข้าสัญญาณอ้างอิงและมีค่าพุ่งเกินสูงสุดไม่มาก โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับแต่งด้วยวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ให้ค่าการตอบสนองที่มีค่าเวลาไต่ขึ้นและเวลาเข้าสู่สมดุลดีกว่ารวมถึงให้ค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวน้อยกว่าค่าที่ได้จากการปรับแต่งด้วยอัลกอริทึมอื่น ๆ ยกเว้นค่าพุ่งเกินสูงสุดที่ได้จากการปรับแต่งตัวควบคุมด้วยอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ (SCA) และอัลกอริทึมการค้นหาแบบแบ่งสุ่ม (SFS) มีค่าที่ดีกว่าวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์

เมื่อนำตัวควบคุมที่ออกแบบได้ไปวัดความสามารถในการปฏิเสธการรบกวนหากมีสัญญาณรบกวนเข้ามา ความเร็วรอบที่ได้เป็นตามสมการที่

(14) โดยในการจำลองการทำงานได้จำลองสถานการณ์ให้สัญญาณรบกวน ($T_{load}$) เป็นค่าคงที่เท่ากับ 0.01 เกิดขึ้น ณ เวลาเริ่มต้น จะได้ผลการตอบสนองของระบบเมื่อมีสัญญาณรบกวนดังรูปที่ 8 และค่าตัวบ่งชี้ต่าง ๆ ของผลตอบสนองแสดงตามตารางที่ 6




รูปที่ 8: ผลตอบสนองของระบบเมื่อมีสัญญาณรบกวน

ตารางที่ 6. ค่าตัวบ่งชี้ของผลตอบสนองของระบบเมื่อมีสัญญาณรบกวน

| อัลกอริทึม | เวลาไต่ขึ้น (s) | ค่าพุ่งเกินสูงสุด (%) | ค่าพุ่งต่ำสูงสุด (%) | เวลาเข้าสู่สมดุล (s) | ค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว |
|---|---|---|---|---|---|
| **OBSCA** | 0.3435 | 0.1699 | 8.7007 | 0.6331 | 0.0111 |
| **SCA** [4] | 0.3547 | 0 | 15.2841 | 0.6617 | 0.0216 |
| **GWO** [3] | 0.3020 | 0.0014 | 38.1501 | 0.6281 | 0.0244 |
| **SFS** [10] | 0.5030 | 0.0016 | 153.1878 | 1.2389 | 0.0008 |
| **IWO** [11] | 0.1900 | 24.6394 | 196.9830 | 1.5649 | 0.0778 |

จากผลตอบสนองในรูปที่ 8 เมื่อมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในช่วงแรก ผลตอบสนองของระบบจะตกลงแต่สามารถลู่เข้าค่าสัญญาณอ้างอิงได้ในที่สุด ซึ่งจะเห็นว่าผลตอบสนองที่ได้จากตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับพารามิเตอร์ด้วยวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ (OBSCA) มีค่าพุ่งต่ำสูงสุดและค่าพุ่งเกินสูงสุดที่น้อย และตอบสนองได้เร็ว แต่เมื่อพิจารณาค่าตัวบ่งชี้ในตารางที่ 6 จะเห็นว่าค่าพุ่งเกินสูงสุดมากกว่าผลตอบสนองที่ได้จากการปรับตัวควบคุมด้วยอัลกอริทึมการค้นหาแบบแบ่งสุ่ม (SFS) อัลกอริทึมการค้นหาหมาป่าสีเทา (GWO) และอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์ (SCA) ไม่มาก ในขณะที่เวลาไต่ขึ้นและเวลาเข้าสู่สมดุลจะมีค่ามากกว่าผลตอบสนองที่ได้จากการปรับตัวควบคุมด้วยอัลกอริทึมอื่นเล็กน้อย ส่วนค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวจะมีค่ามากกว่าผลตอบสนองที่ได้จากการปรับตัวควบคุมด้วยอัลกอริทึมการค้นหาแบบแบ่งสุ่ม (SFS) เล็กน้อย

## VI. สรุปผล

การนำวิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์มาปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีสำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำค่าที่ปรับได้นี้ไปวิเคราะห์ทั้งด้านสถิติ และวิเคราะห์การตอบสนองของระบบในสภาวะการทำงานปกติและเมื่อมีการรบกวนเกิดขึ้น ได้ผลสรุปว่า การใช้วิธีการเรียนรู้จากสิ่งตรงข้ามร่วมกับอัลกอริทึมไซน์-โคไซน์สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่ให้ผลการตอบสนองที่ดีสำหรับระบบนี้ โดยที่ผลตอบสนองที่ได้มีค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวที่น้อยกว่าผลตอบสนองที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมอื่น ๆ มาปรับค่า มีเวลาไต่ขึ้นและเวลาเข้าสู่สมดุลที่เร็วกว่าเมื่อระบบอยู่ในสภาวะการทำงานปกติ แต่ค่าพุ่งเกินสูงสุดที่ได้นี้ยังอยู่ในระดับกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อัลกอริทึมการค้นหาแบบแบ่งสุ่ม (SFS) ที่ให้ค่าดีที่สุด ส่วนในสภาวะการทำงานเมื่อมีสัญญาณรบกวนพบว่าผลตอบสนองที่ได้โดยรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลตอบสนองที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมแบบอื่น ๆ

## เอกสารอ้างอิง

[1] J. Z. a. N. B. NICHOLS, “Optimum Settings for Automatic Controllers,” *Trans. ASME,* เล่มที่ 64, pp. 759-768, 1942.

[2] M. A. K. Dr. Mohamed Jasim Mohamed, "Comparison Between PID and FOPID Controllers Based on Particle Swarm Optimization," *The Second Engineering Conference of Control, Computers and Mechatronics Engineering (ECCCM2, 2014),* 2014.

[3] J. Agarwal, G. Parmar, R. Gupta and A. Sikander, "Analysis of grey wolf optimizer based fractional order PID controller in speed control of DC motor," *Microsystem Technologies,* 2018.

[4] G. P. a. R. G. Jeetendra Agarwal, "Application of Sine Cosine Algorithm in Optimal Control of DC Motor and Robustness Analysis," *Wulfenia,* vol. 24, no. 11, pp. 77-95, 2017.

[5] S. R. S. R. Sedigheh Mahdavi, "Opposition based learning: A literature review," *Swarm and Evolutionary Computation.*

[6] B. H. ,. I. Serdar Ekinci, "Opposition based Henry gas solubility optimization as a novel algorithm for PID control of DC motor," *Engineering Science and Technology, an International Journal,* no. 24, pp. 331-342, 2021.

[7] ค. โพธิยา และ ว. เสงี่ยมวิบูล, “การปรับค่าตัวควบคุมพีไอดีสำหรับระบบรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติด้วยวิธี,” *การประชุมวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 14”,* pp. 154-163, 2561.

[8] S. Mirjalili , "SCA: A Sine Cosine Algorithm for solving optimization problems," *Knowledge-Based Systems,* pp. 1-14, 2016.

[9] D. O. S. X. Mohama Abd Elaziz, "An improved Opposition-Based Sine Cosine Algorithm for global optimization," *Expert Systems With Applications,* no. 90, pp. 484-500, 15 August 2017.

[10] I. Khanam and G. Parmar, "Application of SFS Algorithm in Control of DC Motor and Comparative Analysis," *4th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Computer and Electronics (UPCON 2017)* , 2017.

[11] R. N. H. H. M. P. Khalipour M., "Optimal Control of DC motor using Invasive Weed Optimization (IWO) Algorithm," *Majlesi Conference on Electrical Engineering,* 2011.

# ระบบตรวจจับของเสียอัตโนมัติสำหรับงานบัดกรีด้วยการเรียนรู้เชิงลึก
# Automatic Soldering Defect Detection System using Deep Learning

อัดนา เซนโต๊ะ*, ศิวพงษ์ นิลวงษ์*, วัชรินทร์ หนูทอง, ฐิติชญา ธนมิตรสมบูรณ์
Adna Sento, Sivapong Nilwong, Watcharin Noothong, Titichaya Thanamitsomboon
*คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, ประเทศไทย*
Corresponding Author E-mail addresses: adna@tni.ac.th, sivapong@tni.ac.th

ยุทธนา คิดใจเดียว
Yuttana Kitjaidure
*คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ประเทศไทย*
*Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.*

***บทคัดย่อ*** **— โลกอุตสาหกรรมกำลังผันตัวไปสู่ยุคที่เรียกว่า “อุตสาหกรรม 5.0” ซึ่งมีการนำความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่องจักร หุ่นยนต์ ระบบคลาวด์ และเทคโนโลยีอื่นอีกมากมายมาผนวกกับสายงานการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม หนึ่งในส่วนประกอบสำคัญของสายงานการผลิตคือการตรวจจับข้อบกพร่องของชิ้นงานที่ผลิตหรือของเสีย ที่ปัจจุบันยังคงใช้แรงงานมนุษย์เป็นส่วนมาก ด้วยสาเหตุจากราคาที่สูงของเครื่องมือตรวจจับแบบอัตโนมัติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอระบบตรวจจับของเสียราคาต่ำสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมด้วยการเรียนรู้เชิงลึกและการรู้จำภาพ ซึ่งระบบที่นำเสนอนี้ได้เน้นไปที่ของเสียจากงานบัดกรีของแผงวงจรขนาดเล็ก การพัฒนาระบบที่นำเสนอนี้แบ่งเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนการพัฒนาระบบ และส่วนการทำนายผลของชิ้นงานที่เสีย ในส่วนของการฝึกสอนและพัฒนา ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Cvat ในการเตรียมชุดข้อมูลภาพสำหรับการฝึกสอน และใช้โปรแกรมภาษา Python ที่มีโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ชื่อ YOLOv3 เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาและฝึกสอนระบบตรวจจับของเสีย สำหรับส่วนการทำนายผล ผู้วิจัยได้นำบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กราคาถูกที่ชื่อ Raspberry Pi มาใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับที่พัฒนาขึ้น ผลจากการทดสอบพบว่าระบบตรวจจับที่นำเสนอมีผลลัพธ์ความถูกต้องในการตรวจจับคิดเป็นร้อยละ 90 ของตัวอย่างที่นำมาใช้ทดลองทั้งหมด และเพื่อทดสอบระบบตรวจจับให้มากขึ้น ผู้วิจัยได้นำระบบตรวจจับที่ได้รับการฝึกสอนแล้วไปทดสอบกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ชนิดอื่น ได้แก่ Intel NUC และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอีกด้วย และมีผลความแม่นยำจากการทดสอบเป็นที่น่าพอใจอย่างมาก**

***คำสำคัญ*** **—การรู้จำภาพ, การเรียนรู้ของเครื่องจักร, ระบบตรวจจับของเสีย, การเรียนรู้เชิงลึก**

***ABSTRACT*** **— The world of industry is moving towards the era of “Industry 5.0”, in which technologies such as artificial intelligence, machine learning, robotics, and cloud systems are employed for industrial production improvements. Defect detection is one of significant elements of industrial production. Many industrial plants currently rely on human labors to detect defects in the products, as the costs of tools that can automatically detect defects are relatively high. Therefore, this paper presents a low-cost defect detection system using deep learning and image recognition. Defects from the soldering process of small circuit boards are the primary focus of the presented system. Development of the detection system can be divided into two parts, including the development part, and the defect prediction part. The development part implemented Cvat as the program for labeling the training image dataset, while the Python program with deep learning algorithm called ‘YOLOv3’ was used for training and developing the detection system. The prediction part involves the deployment of the trained detection system to a computer device, in which the small and cheap Raspberry Pi was applied for the deployment of the trained system. The proposed system was evaluated by testing with several images of the soldering products. Satisfied results were achieved with 90% accuracy. The developed system was also tested on other devices, including the Intel NUC and a personal computer. The same satisfying results were also achieved on these computer devices.**

***Keywords*** **— Image recognition, machine learning, defect detection, deep learning.**

## I. บทนำ

ในปัจจุบันโลกอุตสาหกรรมกำลังเข้าสู่ยุคที่เรียกว่า “อุตสาหกรรม 5.0” [1] หลายประเทศเร่งพัฒนางานด้านการผลิตให้ก้าวทันยุคสมัยแห่งการเปลี่ยนแปลงนี้ เชื่อกันว่างานด้านการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีในยุคอุตสาหกรรม 5.0 จะสามารถเพิ่มผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตขึ้นอย่างมาก [2] พร้อมทั้งระบบที่สามารถเชื่อมโยงลูกค้าและผู้ผลิตได้อย่างครบวงจร ดังนั้นการพัฒนางานด้านอุตสาหกรรมการผลิตที่ผสมผสานเทคโนโลยีเหล่านี้เข้าด้วยกันจึงเป็นที่สนใจของนักวิจัยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในหัวข้อการตรวจจับของเสียจากการผลิตที่ต้องหยิบยกขึ้นมาเป็นลำดับแรก เนื่องจากไม่เพียงจะเพิ่มขีดความสามารถในการรองรับอุตสาหกรรม 5.0 แต่ยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศทั่วโลกให้ทันได้อีกด้วย โดยทั่วไป การตรวจจับของเสียบนสายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมยังคงใช้แรงงานมนุษย์ เช่น การตรวจจับของเสียด้วยสายตา การวัด หรืออาจใช้เครื่องมืออื่นช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบ สำหรับงานที่มีความละเอียดอ่อนอย่างงานบัดกรีของแผงวงจรขนาดเล็ก ความแม่นยำในการตรวจเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากต้องใช้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงในการตรวจ ทว่าความผิดพลาดของการตรวจจับของเสียยังคงมีอยู่มากอย่างต่อเนื่องเพราะความผิดพลาดที่มักมาจากข้อจำกัดของมนุษย์ เช่น ความรู้ความสามารถของผู้ตรวจสอบ ความเหนื่อยล้าจากการทำงาน สภาพแวดล้อม และปัจจัยอื่นอีกมาก [2, 3, 4] อย่างไรก็ตาม การนำเครื่องมือตรวจจับของเสียในสายการผลิตแบบอัตโนมัติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมยังไม่ได้รับการพัฒนาที่ดีเท่าที่ควร ทำให้การนำเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการตรวจจับของเสียบนสายการผลิตที่มีประสิทธิภาพมาใช้งานมีราคาสูง

งานด้านการตรวจจับของเสียในสายงานการผลิตที่เกี่ยวข้องกับแผงวงจรไฟฟ้าในอดีตมีทั้งแบบตรวจโดยใช้มนุษย์ ตรวจแบบกึ่งอัตโนมัติ และตรวจแบบอัตโนมัติ เมื่อกล่าวถึงงานวิจัยที่ได้รับความนิยมสำหรับการตรวจจับของเสียแบบอัตโนมัติ มักมีการนำความรู้ด้านการเรียนรู้เชิงลึกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกอย่าง 3D Convolutional Neural Networks (3DCNN) [5] หรืออัลกอริทึม You Only Look Once

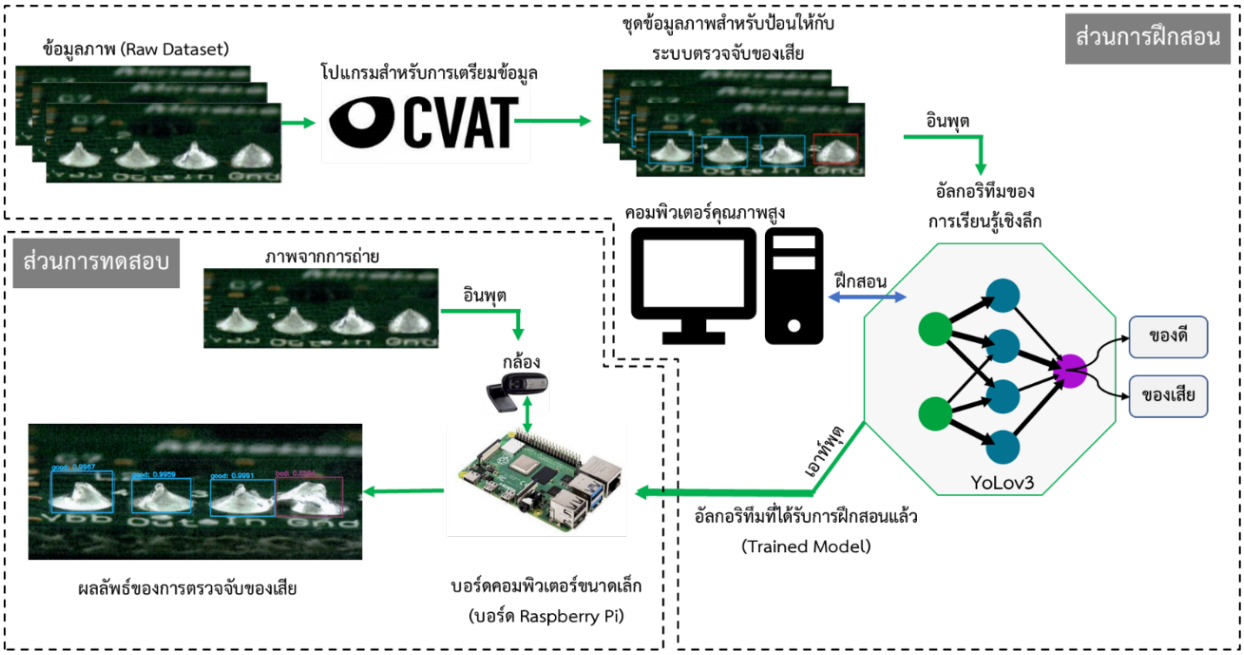
(YOLO) [6, 7] ซึ่งมักประกอบด้วยส่วนประกอบสำหรับการค้นหาคุณลักษณะเด่นจากรูปภาพ และการรู้จำเพื่อคัดแยกหรือจำแนกคุณลักษณะเด่นเหล่านั้น เดิมอัลกอริทึมสองส่วนนี้มักนำเสนอในรูปแบบที่แยกส่วนการทำงานกัน แต่ในปัจจุบันมีการผสมผสานวิธีการใช้งานร่วมกันกลายเป็นที่รู้จักกันในชื่อของโครงข่ายประสาทเทียมแบบเชิงลึก ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาต่อยอด มีประสิทธิภาพและความแม่นยำที่สูง นอกจากการเรียนรู้เชิงลึกแล้วยังพบงานวิจัยที่ใช้กระบวนการรู้จำภาพมาช่วยในการตรวจจับของเสียในสายงานการผลิต ตัวอย่างเช่น การรู้จำภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) [6] การรู้จำภาพด้วย Support Vector Machine [7] และการรู้จำภาพด้วยการเรียนรู้แบบเสริมเชิงลึก (Deep Reinforcement Learning) [8] แม้ว่างานวิจัยด้านการรู้จำภาพในอดีตจะประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากดังที่ยกตัวอย่าง แต่ขั้นตอนเหล่านี้ยังต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อกำจัดข้อเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายสูงในการพัฒนา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับของเสียด้วยการนำความรู้ด้านการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้เป็นระบบสำหรับการจำแนกของเสียราคาประหยัด

งายวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนการพัฒนาระบบเพื่อการประมวลผลภาพ และส่วนการทำนายผลสำหรับแสดงผลลัพธ์ ในส่วนการพัฒนาระบบประมวลผลภาพมีการใช้โปรแกรมภาษา Python เป็นเครื่องมือและใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก YOLOv3 [9] ร่วมในการฝึกสอนระบบตรวจจับของเสียด้วยรูปภาพด้วยการใช้บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กราคาถูกที่ชื่อ Raspberry Pi เป็นอุปกรณ์รองรับระบบตรวจจับที่พัฒนาในงานวิจัยส่วนแรก การทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับของเสียที่พัฒนาขึ้นได้กระทำโดยการป้อนภาพของชิ้นงานให้กับบอร์ด Raspberry Pi เพื่อตรวจจับหาของเสียโดยอัตโนมัติ ผลจากการทดสอบแสดงถึงความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นได้เป็นที่น่าพอใจอย่างมาก และยังนำระบบตรวจจับที่ได้รับการฝึกสอนแล้วไปทดสอบกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ชนิดอื่น ได้แก่ Intel NUC และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอีกด้วย ซึ่งก็มีผลความแม่นยำจากการทดสอบเป็นที่น่าพอใจอย่างมากเช่นกัน

หัวข้อที่เหลือของงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสี่ส่วนประกอบไปด้วย ส่วนที่ 2 กล่าวถึงขั้นตอนวิธีที่นำเสนอและทฤษฎีที่ใช้ ส่วนที่ 3 กล่าวถึงการทดลองระบบตรวจจับที่นำเสนอ และส่วนที่ 4 สรุปงานวิจัยเป็นส่วนสุดท้าย

## II. ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ

ระบบตรวจจับของเสียที่นำเสนอมีการจำแนกรูปภาพว่าส่วนใดเป็นส่วนที่ดีและส่วนใดเป็นส่วนที่เสียในรูปภาพชิ้นงาน ขั้นตอนวิธีของระบบตรวจจับของเสียได้มีการอธิบายไว้ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงกระบวนการตรวจจับของเสียบนผลิตภัณฑ์ที่มาจากสายการผลิตโดยใช้กล้อง USB ขนาดความละเอียด 640 x 480 พิกเซลที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยในบอร์ด Raspberry Pi มีการบรรจุโปรแกรมที่มีความสามารถในการรู้จำภาพด้วยส่วนประกอบสำคัญคือโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก YOLOv3 ที่ช่วยในการค้นหาและจำแนกคุณลักษณะเด่นจากรูปภาพ รายละเอียดของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมีดังนี้

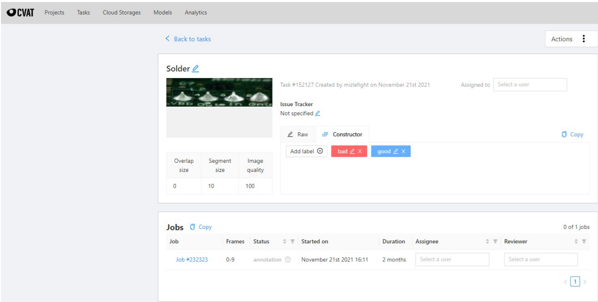



รูปที่ I. แผนภาพของกระบวนการตรวจจับของเสียจากงานบัดกรีแผงวงจรไฟฟ้า

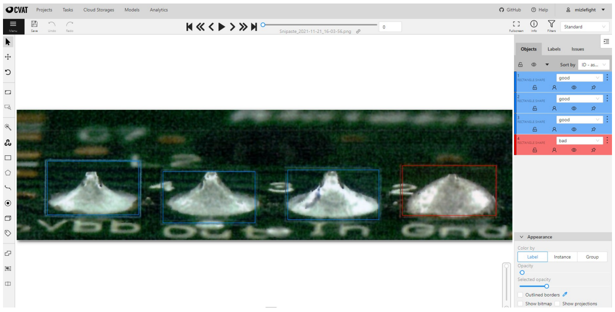
### *II.I การเตรียมชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนระบบตรวจจับของเสีย*

เฉกเช่นเดียวกับโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกส่วนใหญ่ YOLOv3 จำเป็นต้องมีชุดข้อมูลสำหรับการฝึกสอนเพื่อให้สามารถทำงานอย่างที่ผู้ใช้ต้องการได้ ผู้วิจัยได้เตรียมรูปภาพของแผงวงจรไฟฟ้าที่ได้บัดกรีแล้ว ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพที่ผ่านการตรวจสอบว่าเป็นชิ้นงานดี และรูปภาพที่ตรวจสอบแล้วว่าเป็นของเสีย ตัวอย่างของข้อมูลรูปภาพที่เป็นชุดข้อมูลดิบ (Raw Dataset) ได้มีการแสดงไว้ดังรูปที่ 2 จากนั้นชุดข้อมูลดิบจะผ่านการกำหนดว่าชิ้นงานใดที่ผ่านหรือไม่ผ่านการตรวจสอบด้วยการวาดกรอบสี่เหลี่ยมกำหนดหรือที่เรียกว่า Label โดยอาศัยประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการบัดกรีวงจรไฟฟ้า การ Label ได้ถูกกระทำบนโปรแกรม Cvat สำหรับการกำหนดประเภทวัตถุดังรูปที่ 3 ผลที่ได้จากการ Label เช่นในรูปที่ 4 จะถูกเก็บในรูปของไฟล์นามสกุล yml เพื่อนำไปใช้งานต่อในการฝึกสอนระบบต่อไป

รูปที่ II. ตัวอย่างชุดข้อมูลรูปภาพที่รวบรวมจากชิ้นงานการผลิต



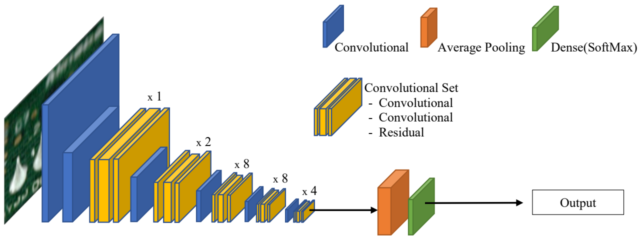
รูปที่ III. โปรแกรม Cvat สำหรับการระบุตำแหน่งงานบัดกรีที่ผ่านการตรวจสอบ (ของดี) และไม่ผ่านการตรวจสอบ (ของเสีย)



รูปที่ IV. ตัวอย่างผลลัพธ์ของรูปภาพที่มีการระบุตำแหน่งของวัตถุแล้ว

*II.II การพัฒนาระบบด้วยขั้นตอนวิธีการรู้จำรูปภาพ*

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการนำอัลกอริธึมไปใช้งานในบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi) ดังนั้นการพัฒนาระบบรู้จำและคัดแยกภาพที่นำเสนอนี้จึงได้เลือกนำโมเดล YOLOv3 หรือ You Look Only Once ในรุ่นที่ 3 ซึ่งเป็นโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Deep Convolutional Neural Network) ที่มีความเหมาะสมกับบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก อีกทั้งยังมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุในข้อมูลที่เป็นรูปแบบภาพ วิดีโอ หรือวิดีโอเรียลไทม์ โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมของ YOLOv3 ที่ใช้เป็นดังรูปที่ 5 อันประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทเทียมที่เชื่อมต่อกันหลายชั้น ได้แก่ ชั้นอินพุต ชั้นซ่อน (ชั้นรู้จำ) และชั้นคัดแยก มีเส้นเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ในชั้นอินพุตและเซลล์ในชั้นซ่อนเรียกว่า “น้ำหนัก (Weight, *w*)” จำนวนของเซลล์ประสาทเทียมในชั้นอินพุตมีค่าเท่ากับจำนวนจุดภาพหรือพิกเซล (Pixel) ของรูปภาพต้นฉบับที่มีการปรับขนาดให้เท่ากับขนาดอินพุตของ YOLOv3 จำนวนและการจัดเรียงของเซลล์ประสาทเทียมในชั้นซ่อนจะอิงจากโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ชื่อ Darknet 53 ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท 53 ชั้น มีการใช้โมดูลจัดการคุณลักษณะของภาพที่ชื่อ Skip Connection ไม่มีการใช้ Max Pooling ช่วยในการคำนวณ มีเพียงแต่การใช้ Convolution แทน ทำให้ภาพที่ถูกประมวลผลยังคงรักษารายละเอียดไว้ได้ครบ ส่งผลให้วัตถุที่ไม่มีจุดโดดเด่นมากสามารถถูกตรวจจับได้ YOLOv3 สามารถถูกนำไปใช้ร่วมกับ OpenCV ซึ่งเป็นไลบรารีสำหรับจัดการรูปภาพและวิดีโอที่ใช้ร่วมกับโปรแกรมภาษา Python ได้ ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาและการใช้งาน




รูปที่ V. โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก YOLOv3

โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก YOLOv3 สามารถใช้ขนาดของอินพุตที่ 416×416, 608×608, 832×832, หรือ 1024×1024 พิกเซลตามแต่การประยุกต์ โดยที่ขนาดของอินพุตจะต้องสามารถหารด้วย 32 ลงตัว เพื่อให้การ Stride ซึ่งจำเป็นต่อการคำนวณในโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันนั้นสามารถทำได้ ทั้งนี้อินพุตสามารถใช้ขนาดที่หารด้วย 8 หรือ 16 ลงตัวได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้น YOLOv3 จึงสามารถใช้ตรวจจับวัตถุที่มีขนาดทั้งเล็ก กลาง และใหญ่ในรูปภาพได้ เช่น อินพุตขนาด 416×416 พิกเซลจะได้ Grid ของตัวกระทำสำหรับตรวจจับคุณลักษณะในภาพที่ชื่อ Feature Vector ในขนาด 13×13, 26×26, และ 52×52 จาก Feature Vector ทั้งสามขนาด Feature Vector ขนาดใหญ่จะถูก Convolution ด้วย Kernel ประมวลผลขนาด 1×1 สลับกับ Kernel ขนาด 3×3 โดยกระทำทั้งสิ้น 6 ครั้ง เมื่อตรวจจับภาพขนาดกลางและขนาดเล็ก จะมีการดึงลักษณะเด่นของภาพที่ได้จากการ Convolution ของ Feature Vector ก่อนหน้า ทำให้การตรวจจับภาพขนาดเล็กมีประสิทธิภาพมากขึ้นจากการตรวจจับวัตถุขนาดใหญ่ด้วย สุดท้าย YOLOv3 จะทำการสร้างกรอบล้อมรอบวัตถุ (Bounding Box) เพื่อให้เห็นภาพของผลการตรวจจับวัตถุ โดย Bounding Box มีการเก็บค่าตำแหน่งทั้งในแกนนอนและแกนตั้งของวัตถุในรูป เนื่องจากในหนึ่งรูปอาจมีหลายวัตถุ ทำให้เกิดการสร้าง Bounding Box เป็นที่มีค่าตำแหน่งเหมือนกันเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้การทำงานของระบบช้าลง จึงมีการใช้ Anchor Box ในการเก็บค่าอัตราส่วนระหว่างขอบ Bounding Box และ Grid ของ Feature Vector ด้วย Anchor Box ที่อยู่ที่จุดศูนย์กลางของแต่ละ Grid ทำให้สามารถค้นหาและเลือก Bounding Box ที่เป็นไปได้มากที่สุดของแต่ละ Grid ลดจำนวน Bounding Box และเพิ่มความเร็วของระบบได้

*II.III การเขียนโปรแกรมสำหรับระบบการตรวจจับของเสียจากการบัดกรีบนแผงวงจรไฟฟ้า*

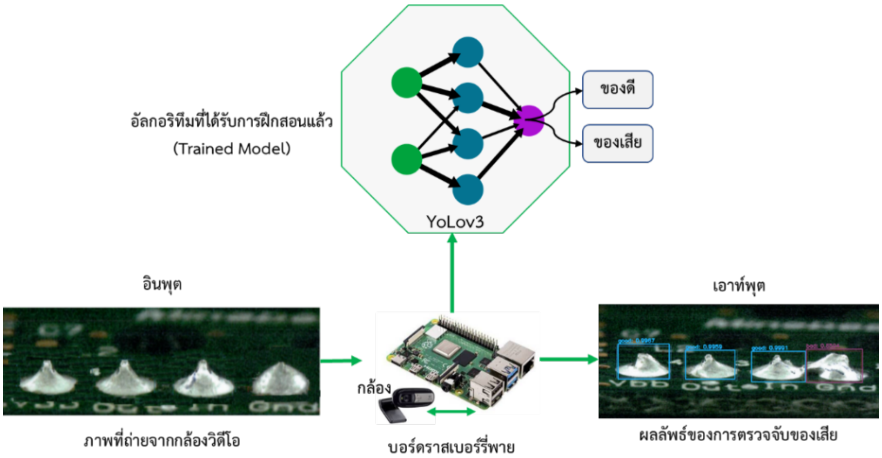
งานวิจัยนี้เป็นการสร้างระบบตรวจจับของเสียราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโมเดล YOLOv3 ต้องใช้โมดูลหลายชนิดเข้ามาประกอบ เช่น OpenCV, Torch, และโมเดลอื่นที่จำเป็นอีกมาก ทำให้ผู้วิจัยเลือกภาษา Python สำหรับการเขียนโปรแกรม ด้วยความที่ Python นั้นไม่มีค่าใช้จ่าย ใช้งานง่าย และเหมาะกับงานอัลกอริทึมของการเรียนรู้เชิงลึก ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมภาษา Python บนโปรแกรม JupyterLab ซึ่งใช้งานร่วมกับโปรแกรม Anaconda ที่เหมาะสมกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้งสองโปรแกรมที่กล่าวถึงนี้ต่างเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

## III. การทดลอง

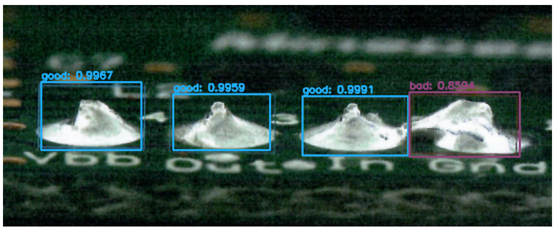
เพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับของเสียอัตโนมัติต้นทุนต่ำสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้บอร์ดคอมพิวเตอร์พลังงานต่ำและราคาถูกที่ชื่อ Raspberry Pi เป็นอุปกรณ์ทดสอบ การทดสอบของระบบตรวจจับของเสียได้แบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนการฝึกสอนและส่วนการทำนาย ในส่วนแรกมีขั้นตอนการดำเนินงานคือ (1) การเตรียมชุดข้อมูลซึ่งได้กล่าวถึงไว้แล้วในหัวข้อ 2.1 จากขั้นตอนนี้จะได้

ชุดข้อมูลภาพที่มีการระบุ Label เก็บไว้เป็นข้อมูลรูปแบบไฟล์ของ YML และพร้อมสำหรับใช้ฝึกสอนระบบตรวจจับ และขั้นตอนที่ (2) ซึ่งเป็นการป้อนข้อมูลสำหรับการฝึกสอนไปยังอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้เตรียมไว้ โดยโมเดลสำหรับการเรียนรู้เชิงลึกที่เลือกใช้คือ YOLOv3 ดังกล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการฝึกสอนโมเดล YOLOv3 ด้วยชุดข้อมูลที่เตรียมไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่ได้ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 11 Professional ชนิด 64 บิต มีหน่วยความจำ 32 GB และมีพื้นที่เก็บข้อมูลขนาด 1 TB มีการใช้ตัวประมวลผลกราฟิกรุ่น RTX 3090 จากบริษัท Nvidia ซึ่งมีหน่วยความจำ 24 GB ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือโมเดลการตรวจจับและคัดแยกของเสียด้วยการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้รับการฝึกสอนแล้ว และพร้อมที่จะนำไปใช้ในส่วนการทำนายผลลัพธ์ต่อไป

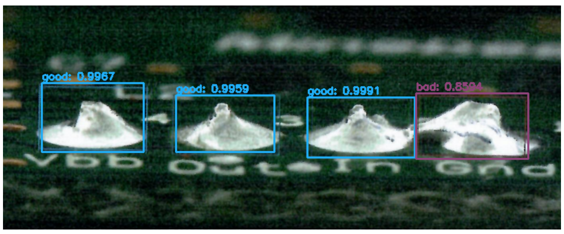
สำหรับส่วนของการทำนายผลของเสียจากการบัดกรี ทางผู้วิจัยได้เลือกอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ 3 ชนิดในการทดลองได้แก่ คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่ใช้ในส่วนของการฝึกสอน บอร์ด Raspberry Pi รุ่นที่ 4 และ Intel NUC โดย Raspberry Pi รุ่นที่ 4 ได้มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspberry Pi OS รุ่น Debian Buster ชนิด 32 บิต โดยบอร์ดมีหน่วยความจำขนาด 2 GB และมีพื้นที่ในการเก็บข้อมูลขนาด 32 GB สำหรับ Intel NUC ได้มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu 20.04 LTS ชนิด 64 บิต โดยที่ Intel NUC มีขนาดหน่วยความจำ 8 GB และมีพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูล 100 GB ในการทดลองนี้ได้ใช้โปรแกรมที่ชื่อ Thonny ที่สามารถประมวลผลภาษา Python มาใช้บน Intel NUC และ Raspberry Pi โดยอุปกรณ์ทั้ง 3 จะติดตั้งกล้องชนิดเดียวกันดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ II และทำมุมประมาณ 30 องศาจากพื้นเพื่อทำนายและตรวจจับของเสีย โดยเก็บตัวอย่างชิ้นงานเพื่อการทดสอบทั้งหมด 20 ตัวอย่างแบ่งเป็นของดี 18 ตัวอย่างและของเสียอีก 2 ตัวอย่าง ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างจะมีการบัดกรี 4 จุดและนิยามว่า “ของดี” ก็ต่อเมื่อชิ้นงานมีการบัดกรีถูกต้องทั้ง 4 จุด ส่วน “ของเสีย” นั้นจะกำหนดให้มีการบัดกรีที่ผิดพลาดอย่างน้อย 1 จุด




รูปที่ VI. แผนภาพแสดงการดำเนินงานของระบบการตรวจจับของเสียอัตโนมัติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมด้วยการเรียนรู้เชิงลึก




รูปที่ VII. ผลการทดลองการทำนายผลการคัดแยกของเสียจากการบัดกรีบนแผงวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ด Raspberry Pi




รูปที่ VIII. ผลการทดลองการทำนายผลการคัดแยกของเสียจากการบัดกรีบนแผงวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ด Intel NUC

โดยแผนภาพการดำเนินงานการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 6 และผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 สำหรับผลการทำนายที่ได้จากบอร์ด Raspberry Pi และ Intel NUC ตามลำดับ

ตารางที่ I. ผลการทำนายการตรวจจับของเสียด้วยระบบที่นำเสนอ

| | ผลการทำนาย | | ค่าวินิจฉัย |
|---|---|---|---|
| | ชิ้นงานเสีย | ชิ้นงานดี | |
| ชิ้นงานจริงเสีย | 2 | 0 | ความแม่นยำ (Precision) = 100% |
| ชิ้นงานจริงดี | 0 | 18 | ความถูกต้อง (Accuracy) = 100% |
| | | | ความไว (Recall) = 100% |

ตารางที่ II. ผลการทำนายการตรวจจับของเสียด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอบนฮาร์ดแวร์ Intel NUC

| | ผลการทำนาย | | ค่าวินิจฉัย |
|---|---|---|---|
| | ชิ้นงานเสีย | ชิ้นงานดี | |
| ชิ้นงานจริงเสีย | 2 | 0 | ความแม่นยำ (Precision) = 100% |
| ชิ้นงานจริงดี | 0 | 18 | ความถูกต้อง (Accuracy) = 100% |
| | | | ความไว (Recall) = 100% |

ตารางที่ III. ผลการทำนายการตรวจจับของเสียด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอบนฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง

| | ผลการทำนาย | | ค่าวินิจฉัย |
|---|---|---|---|
| | ชิ้นงานเสีย | ชิ้นงานดี | |
| ชิ้นงานจริงเสีย | 2 | 0 | ความแม่นยำ (Precision) = 100% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ชิ้นงานจริงดี | 0 | 18 | ความถูกต้อง (Accuracy) = 100% |
| | | | ความไว (Recall) = 100% |

จากตารางที่ 1 2 และ 3 แสดงความถูกต้องในการทำนายผลการตรวจจับของระบบการตรวจจับของเสียอัตโนมัติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมด้วยระบบที่ได้นำเสนอและยังทำการทดลองในส่วนของฮาร์ดแวร์อื่นๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ในย่อหน้าก่อนหน้าเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการทำนายผล ในที่นี้การทดลองได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาขึ้นในการคัดแยกชิ้นงานทั้ง 20 ชิ้นงานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับของเสียในการใช้งานจริงอีกด้วย ซึ่งจากการทดลองผลปรากฏว่าความถูกต้องของการทำนายผลการคัดแยกของเสียและของดีในชิ้นงานตัวอย่าง 20 ชิ้นนั้นคิดเป็นร้อยละ 100 และในส่วนผลการทดลองของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ส่วนที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ บอร์ด Intel NUC และคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงก็มีผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละ 100 เช่นกัน

## IV. สรุป

ระบบตรวจจับของเสียแบบอัตโนมัติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเป็นที่ต้องการในการปรับปรุงสายการผลิตอย่างมาก เนื่องจากสามารถช่วยให้ตรวจสอบคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้อย่างทันเวลา และช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำการแก้ไขเชิงป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบตรวจจับของเสียโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถช่วยปรับปรุงสายการผลิตได้ดังกล่าวไว้ข้างต้น พร้อมทั้งยังสามารถช่วยในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และออกแบบการผลิตในอนาคตเมื่อต้องการอีกด้วย งานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์หลายชนิดในการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจจับของเสียที่นำเสนอ เช่น บอร์ด Raspberry Pi รุ่น 4 และอุปกรณ์อื่นดังกล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่สามของงานวิจัยนี้ ผลจากการทดลองพบว่าผลการตรวจจับของเสียมีความแม่นยำร้อยละ 100 ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าระบบตรวจจับที่นำเสนอนี้จะสามารถนำไปใช้งานต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยวางแผนต่อยอดงานชิ้นนี้สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต เช่น การเพิ่มจำนวนตัวอย่างชิ้นงานสำหรับการทดสอบให้มากขึ้น การจำลองสายพานการผลิตเพื่อทดสอบการตรวจจับของเสียด้วยการเรียนรู้เชิงลึกกับผลิตภัณฑ์อื่นที่มีความหลากหลายมากขึ้น และอาจนำอัลกอริธึมอื่นๆ เช่น โมเดล Auto-Encoder โมเดล YoLov5 มาเปรียบผลการทำนาย

## เอกสารอ้างอิง


[1] Xun Xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser, Lihui Wang, Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception, Journal of Manufacturing Systems, Volume 61, 2021, Pages 530-535, ISSN 0278-6125,

[2] Torres, Y.; Nadeau, S.; Landau, K. Classification and Quantification of Human Error in Manufacturing: A Case Study in Complex Manual Assembly. Appl. Sci. 2021, 11, 749. https://doi.org/10.3390/app11020749.

[3] Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, Paolo Salini, modelling human errors and quality issues in kitting processes for assembly lines feeding, Computers & Industrial Engineering, Volume 111, 2017, Pages 492-506, ISSN 0360-8352, https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.004.

[4] Yang Le, Su Qiang and Shen Liangfa, "A novel method of analyzing quality defects due to human errors in engine assembly line," 2012 International Conference on Information Management, Innovation management and Industrial Engineering, 2012, pp. 154-157, doi: 10.1109/ICIII.2012.6339943.

[5] Nikolaos Dimitriou, Lampros Leontaris, Thanasis Vafeiadis, Dimosthenis Ioannidis, Tracy Wotherspoon, Gregory Tinker, Dimitrios Tzovaras, A Deep Learning framework for simulation and defect prediction applied in microelectronics, Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 100, 2020, 102063, ISSN 1569-190X, https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.102063.

[6] Wenting Dai, Abdul Mujeeb, Marius Erdt, Alexei Sourin, Soldering defect detection in automatic optical inspection, Advanced Engineering Informatics, Volume 43, 2020, 101004, ISSN 1474-0346, https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.101004.

[7] Venkat Anil Adibhatla, Huan-Chuang Chih, Chi-Chang Hsu, Joseph Cheng, Maysam F. Abbod, Jiann-Shing Shieh. Applying deep learning to defect detection in printed circuit boards via a newest model of you-only-look-once[J]. Mathematical Biosciences and Engineering, 2021, 18(4): 4411-4428. doi: 10.3934/mbe.2021223.

# การหาค่าที่เหมาะสมของวัสดุเคลือบผิวคมตัดในการตัดเฉือนวัสดุแม่พิมพ์พลาสติกที่มีผลต่อความหยาบของผิวงานและการสึกหรอของคมตัดด้วยวิธีการออกแบบการทดลองพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน

# Optimization of Coating Cutting Tools in Dry Milling Process for Plastic Mold Materials Affecting on Surface Roughness and Tools Wear by Design of Experiment Response Surface Method with Box Behnken Design

1st สามารถ มาลานิยม
*สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถ.พัฒนาการ*
*เขต สวนหลวง กทม.10250*
ma.samart_st@tni.ac.th

2nd ดอน แก้วดก
*ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตขั้นสูง*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถ.พัฒนาการ*
*เขต สวนหลวง กทม.10250*
don@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* — งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของวัสดุเคลือบผิวคมตัดในกระบวนการกัดแบบแห้งบนวัสดุแม่พิมพ์พลาสติกที่มีผลต่อความหยาบของพื้นผิวชิ้นงานหลังการตัดเฉือนและการสึกหรอคมตัด โดยการทดลองใช้ ดอกกัดเอ็นมิลแบบหัวตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร 4 ฟัน ความยาวรวม 50 มิลลิเมตร ซึ่งผลิตมาจากวัสดุคาร์ไบด์แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย AlTiZrSiN, AlTiSiN, AlTiN/TiSiXN และแบบไม่เคลือบผิว ชิ้นงานที่ทำการทดลองตัดเฉือนเป็นเหล็กกล้าพรีฮาร์เดน เกรด AISI P20 ตัดเฉือนเป็นเส้นตรง ประเมินการค่าการสึกหรอคมตัดตามมาตรฐาน ISO 3685:1993 และค่าความหยาบผิวชิ้นงานตามมาตรฐาน ISO 4287:1997 เงื่อนไขการตัดเฉือนประกอบด้วย ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึก การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องใช้การออกแบบการทดลองพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน และวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของผลตอบ ด้วยโปรแกรม Minitab 17 บ่งชี้ค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการตัดเฉือนที่ระดับความเร็วตัด 38 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 0.0117 มิลลิเมตรต่อฟัน ที่ความลึก 0.7 มิลลิเมตร นำค่าที่ได้มาทำการทดลองตัดเฉือนเพื่อหาอิทธิพลของสารเคลือบคมตัดที่มีผลต่อค่าการสึกหรอและความหยาบผิวงาน ผลการทดลองพบว่าคมตัดที่เคลือบด้วยวัสดุ AlTiN/TiSiXN ให้ระยะทางการตัดเฉือนมากสุดที่ 41 เมตร ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยต่ำสุดคมตัดที่เคลือบด้วยวัสดุ AlTiZrSiN ที่ 0.229 ไมโครเมตร ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานคมตัดในอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ได้**

*คำสำคัญ — การกัด, การเคลือบผิว, การสึกหรอ, ความเรียบผิว, แบบบ็อกซ์-เบห์นเคน*

***ABSTRACT* — This study aims to investigate the coatings tools effect in dry milling processes on plastic mold materials on to surface roughness and tools wear. The experimental were use square head end mill with 4 mm diameter, 4 flutes, and 50 mm length made from carbide material. The coating material including in 4 type as non-coated, AlTiZrSiN, AlTiSiN and AlTiN/TiSiXN respectively. The specimens being machine in pre-harden steel grade AISI P20 are machining in a straight line. The evaluation of tools wear referring ISO 3685:1993 and surface roughness refer to ISO 4287:1997 The machining conditions include cutting speed, feed rate and depth. The correlation of the relevant parameters and analyze response optimizer were defined by Box-Behnken response surface experiment design with Minitab 17 software. The result of DOE was indicated that the optimization parameter are following cutting speed 38 m/min feed rate 0.0117 mm/tooth and depth 0.7 mm. The parameters from DOE were using in machining to determine the durability of cutting tools and surface roughness. The results showed that the AlTiN/TiSiXN-coated cutting edge yielded a maximum cutting distance of 41 m. The minimum mean surface roughness of the AlTiZrSiN-coated cutting edge was 0.229 µm. The results obtained from this study can be using as a guideline to increase production efficiency in the mold industry.**

***Keywords* — Milling, Coating, Wear, Surface Roughness, Box-Behnken***

## I. บทนำ

เหล็กกล้าพรีฮาร์เดนเป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมนำมาผลิตแม่พิมพ์พลาสติก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่นสามารถนำไปใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนหลังการตัดเฉือน อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติของวัสดุที่มีความแข็ง 380 HB เป็นหนึ่งในสาเหตุของการสึกหรอของคมตัดในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ [1] โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์พลาสติกมีการกำหนดระดับมาตรฐานความเรียบผิวหลังการตัดเฉือนอยู่ที่ระดับ Ra ระหว่าง 0.4 ถึง 1.6 ไมโครเมตร [2] การเคลือบผิวคมตัดด้วยฟิล์มบางช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเสียดสีและการสึกหรอได้โดยประเภทของการเคลือบจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคลือบ กระบวนการสร้างฟิล์มบางโดยทั่วไปประกอบด้วยการเคลือบด้วยไอเคมี (CVD) และการเคลือบด้วยไอระเหยทางกายภาพ (PVD) ซึ่งเป็นเทคนิคการสร้างฟิล์มบางทางวิศวกรรมที่สามารถป้องกันการสึกหรอและการกัดกร่อน บนหลักการปรับสภาพผิวให้ลื่นเพื่อลดความเสียดทานของพื้นผิวคมตัดและเศษวัสดุงานต่อการตัดเฉือน ปัจจุบันมีการพัฒนาสารเคลือบอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ครอบคลุมการใช้งาน [3-4] ในกระบวนการกัดคมตัดของดอกกัดทำจากวัสดุคาร์ไบด์ กลไกความเสียหายของฟันคมตัดเกิดขึ้นที่ส่วนปลายคมตัดขณะที่เคลื่อนที่สัมผัสกับผิวชิ้นงานระหว่างการตัดเฉือน คมตัดหมุนด้วยความเร็วสูงเคลื่อนที่ตัดผิวโลหะเกิดความร้อนสะสมที่ส่วนปลายคมตัด แรงกดของปลายคมตัดและระดับความร้อนก่อให้เกิดการเชื่อมติดของวัสดุ เมื่อเกิดการแตกหักส่งผลให้เกิดการสึกหรอแบบยึดติด หากคมตัดถูกเคลือบด้วยฟิล์มบางกันความร้อนและช่วยลดการสะสมของอุณหภูมิที่ปลายคมตัดเป็นหนึ่งในการป้องกันการเชื่อมติดของวัสดุที่หน้าคมตัดซึ่งสามารถยืดอายุการใช้งานของคมตัดได้ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิผลของฟิล์มบางคือชนิดและเทคนิคของสารเคลือบ [5-7] งานวิจัยนี้มุ่งนำเสนอเทคโนโลยีของสารเคลือบบนคมตัดที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดและความเรียบผิวของชิ้นงานหลังการตัด เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาในการเลือกใช้ชนิดของสารเคลือบผิวคมตัดให้กับอุตสาหกรรมผู้ผลิตแม่พิมพ์

## II. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิวและความทนทานต่อการสึกหรอของคมตัดเคลือบผิวในการกัดด้วยเครื่องกัด ซี เอ็น ซี ดังรายละเอียด Flow chart ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในรูปที่ I โดยใช้โปรแกรม Minitab 17 ทำการศึกษาผลกระทบของความเร็วตัด อัตราป้อน ความลึกการตัด แบ่งเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ I

ตารางที่ I. ตัวแปรและระดับของตัวแปร

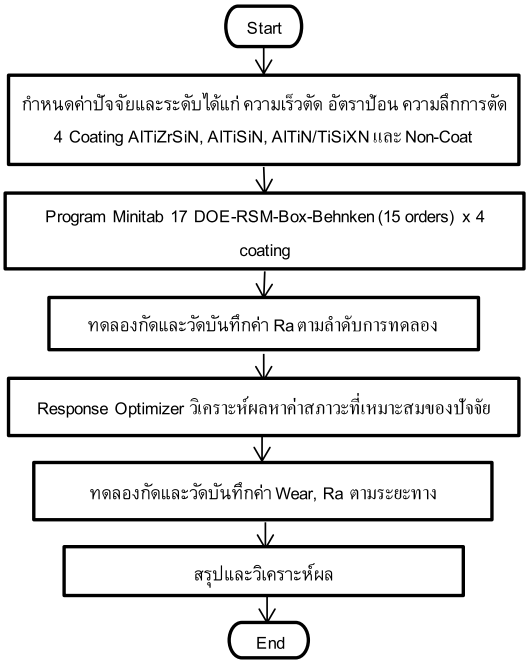
| ปัจจัย | สัญลักษณ์ | ระดับ | | | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ต่ำสุด | กลาง | สูงสุด | |
| ความเร็วตัด | V | 22 | 30 | 38 | เมตรต่อนาที |
| อัตราป้อน | Sz | 0.010 | 0.015 | 0.020 | มิลลิเมตรต่อฟัน |
| ความลึกตัด | Ap | 0.3 | 0.5 | 0.7 | มิลลิเมตร |

และการออกแบบการทดลอง (DOE) ด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนนั้นเป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ปัญหาโดยผลตอบที่เราสนใจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยและมีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบสามารถแสดงการประมาณความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับตัวแปรอิสระคือฟังก์ชันแบบจำลองกำลังหนึ่ง

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

แต่ถ้ามีส่วนโค้งเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบ เราจะใช้ฟังก์ชันพหุนามที่มีกำลังสูงขึ้น เช่น ฟังก์ชันพหุนามกำลังสอง [8-10]

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_i^2 + \sum\sum_{i<j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2)$$




รูปที่ I. Flow chart ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย [7]

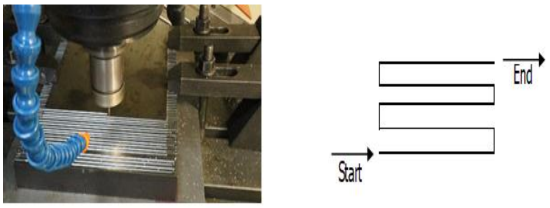
### *II.I. วิธีในการออกแบบการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design)*

นำโปรแกรม Minitab 17 มาออกสร้างรูปแบบตารางลำดับการทดลองได้ 15 การทดลองในแต่ละชนิดของคมตัด แสดงดังตารางที่ II จากนั้นนำค่าปัจจัยในแต่ละลำดับทำการทดลองและบันทึกค่าผลตอบคือค่าความเรียบผิวงาน Ra ที่ต้องการบันทึกผลตามการทดลองดังแสดงในตารางที่ VII สุดท้ายนำค่าผลตอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทำนายด้วยการหาค่าพารามิเตอร์ปัจจัยที่สภาวะที่เหมาะสม (Response Optimizer) [11-13] ในตารางที่ VIII

ตารางที่ II. ลำดับการทดลองการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน [9]

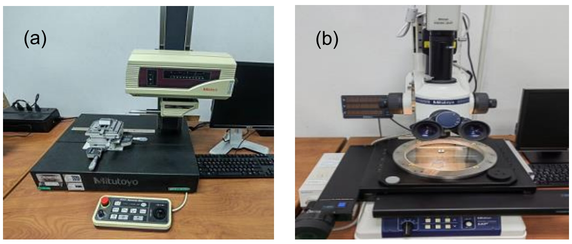
| StdOrder | RunOrder | PtType | Blocks | Cutting speed | Feed | Depth |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 1 | 0 | 1 | 30 | 0.015 | 0.5 |
| 12 | 2 | 2 | 1 | 30 | 0.02 | 0.7 |
| 1 | 3 | 2 | 1 | 22 | 0.01 | 0.5 |
| 9 | 4 | 2 | 1 | 30 | 0.01 | 0.3 |
| 13 | 5 | 0 | 1 | 30 | 0.015 | 0.5 |
| 5 | 6 | 2 | 1 | 22 | 0.015 | 0.3 |
| 11 | 7 | 2 | 1 | 30 | 0.01 | 0.7 |
| 6 | 8 | 2 | 1 | 38 | 0.015 | 0.3 |
| 7 | 9 | 2 | 1 | 22 | 0.015 | 0.7 |
| 10 | 10 | 2 | 1 | 30 | 0.02 | 0.3 |
| 2 | 11 | 2 | 1 | 38 | 0.01 | 0.5 |
| 4 | 12 | 2 | 1 | 38 | 0.02 | 0.5 |
| 15 | 13 | 0 | 1 | 30 | 0.015 | 0.5 |
| 3 | 14 | 2 | 1 | 22 | 0.02 | 0.5 |
| 8 | 15 | 2 | 1 | 38 | 0.015 | 0.7 |

*II.II. วิธีการทดลองจับยึดชิ้นงานขึ้นกัดงานบนเครื่อง CNC Milling Machine*




รูปที่ II. รูปการจับยึดชิ้นงานและทิศทางการกัดบนเครื่องซีเอ็นซีมิลลิ่ง

จากรูปที่ II วางชิ้นงานขนาดกว้าง 200 มิลลิเมตรยาว 300 มิลลิเมตร หนา 30 มิลลิเมตร บนแผ่นอลูมิเนียมผิวเรียบจับยึดชิ้นงานด้วยแคลมป์ตามแนวความยาว แกนหมุนใช้อุปกรณ์จับยึดและปลอกจับขนาด 4 มิลลิเมตร ยึดคมตัดเอ็นมิล ขนาด 4 มิลลิเมตร 4 ฟัน ยาว 50 มิลลิเมตร ดังรูปที่ II ใช้หัวเป่าลมด้วยแรงดัน 1 บาร์ไล่เศษการตัดเฉือนระหว่างการกัด ทดลองกัดตามพารามิเตอร์ที่ออกแบบจำนวน 15 การทดลองต่อชนิดสารเคลือบประกอบด้วยแบบไม่เคลือบผิวคมตัด, AlTiZrSiN, AlTiSiN, และ AlTiN/TiSiXN รวมการทดลอง ทั้งหมดรวม 60 การทดลอง ตัดเฉือนบนเครื่องซีเอ็นซี MAKINO S33




รูปที่ III. (a) เครื่องวัดความหยาบผิว SV-3100 (b) กล้องวัดขยาย 10X+21X

จากนั้นนำชิ้นงานเป่าทำความสะอาดเพื่อวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่อง MITUTOYO Surface Roughness Testing รุ่น SV3100 ดังรูปที่ III (a) การวัดขนาดการสึกหรอบนผิวหลบของดอกกัด (Flank wear) ใช้เครื่องวัดกล้องขยายยี่ห้อ MITUTOYO Measuring Microscope รุ่น 10X+ ดังรูปที่ III (b)

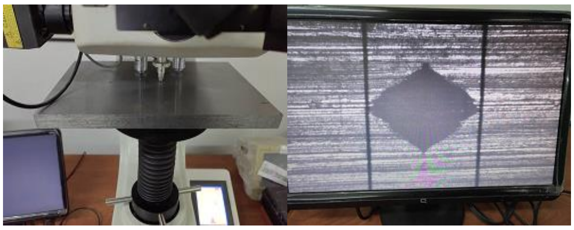
*II.III. องค์ประกอบทางเคมีและการทดสอบความแข็งของชิ้นงาน คุณสมบัติสารเคลือบของคมตัดเอ็นมิล*

ตารางที่ III. ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุชิ้นงานพรีฮาร์เดน

| องค์ประกอบทางเคมี % ASSAB 718 H | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | S |
| 0.37 | 0.3 | 1.4 | 2.0 | 1.0 | 0.2 | <0.010 |
| มาตรฐานอ้างอิง | | | AISI P20, WNr.1.2738 | | | |
| ความแข็งในสภาพจำหน่ายผ่านการชุบแข็งแล้ว | | | 340 – 380 HB | | | |

*II.III.I. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานด้วยการวัดค่า ความแข็งด้วยเครื่อง Hardness Testing Machine*

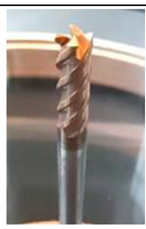
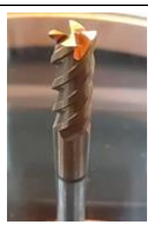
การทดสอบใช้เครื่องวัดความแข็งวัสดุยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น HV-100 ดังรูปที่ IV ทดสอบจำนวน 3 ครั้งค่าความแข็งเฉลี่ย 40.4 HRC ดังตาราง VI



รูปที่ IV การทดสอบความแข็งของวัสดุพรีอาร์เดน ASSAB 718H

*II.III.II. คมตัดเอ็นมิลและคุณสมบัติของสารเคลือบผิวคมตัด*

จากรูปที่ V. แสดงรูปดอกกัดเคลือบสาร AlTiZrSiN , AlTiN/TiSiXN, AlTiSiN และ Non-coat และตารางที่ VI แสดงค่าคุณสมบัติที่สำคัญของการเคลือบคมตัดเอ็นมิล [3-4]

| AlTiZrSiN | AlTiN/TiSiXN | AlTiSiN | Non-coat |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

รูปที่ V. ดอกกัดเคลือบสาร AlTiZrSiN , AlTiN/TiSiXN, AlTiSiN และ Non-coat

ตารางที่ IV. ตารางสารเคลือบผิวคมตัดเอ็นมิล

| Coating Material | AlTiN/TiSiXN | AlTiSiN | AlTiZrSiN | Non-coat |
|---|---|---|---|---|
| Coating Hardness HIT(GPa) | 37 +/-3 | 38 +/-5 | 35 | - |
| Thickness (μm) | 1-4 | 1-4 | 2-5 | - |
| Friction coefficient | 0.6 | Not show | 0.4 | - |
| Compressive Stress(GPa) | -3.5+/-1 | -3.1+/-1 | Not show | - |
| Max.Service Temp.(°C) | 1100 | 1000 | 1100 | - |
| Coating Temp.(°C) | <500 | <500 | 500 | - |
| Coating colour | bronze | bronze | gold | Grey |

*II.IV. วิธีวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย Ra*

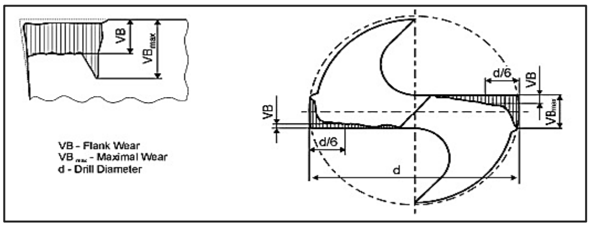
วิธีวัดค่าความหยาบผิวโดยใช้เครื่อง Surface Roughness Testing รุ่น SV-3100 MITUTOYO ดังรูปที่ III (a) ในงานวิจัยอ้างอิงวิธีการตามมาตรฐาน ISO4287:1997 ดังตารางที่ VII ชนิดของรูปแบบ คือ R_ISO กำหนดการใช้ค่า Sampling length เท่ากับ 0.8 มิลลิเมตรจำนวนครั้ง Sampling เท่ากับ 5 Cut-off Length 0.8 มิลลิเมตร ชนิดของ filter คือ Gaussian และ Evaluation lengths 4 มิลลิเมตร

ตารางที่ V. ย่านทดสอบความหยาบผิวเฉลี่ยมาตรฐาน ISO 4287:1997

| Ra (μm) | Sampling length (mm) | Cutoff Value (mm) | Evaluation length (mm) |
|---|---|---|---|
| 0.006< Ra ≤ 0.02 | 0.08 | 0.08 | 0.4 |
| 0.02< Ra ≤ 0.1 | 0.25 | 0.25 | 1.25 |
| 0.1< Ra ≤ 2.0 | 0.8 | 0.8 | 4 |
| 2< Ra ≤ 10 | 2.5 | 2.5 | 12.5 |
| 10< Ra ≤ 80 | 8 | 8 | 40 |

*II.V. วิธีวัดค่าการสึกหรอ Flank wear [5-7]*

ข้อกำหนดในการวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank wear) ตามมาตรฐาน ISO 3685:1993 การวัดขนาดการสึกหรอบนผิวหลบของดอกกัด (Flank wear) ด้วย เครื่องวัดกล้องขยาย MITUTOYO Measuring Microscope 10X + Vision unit 21X ดังรูปที่ III (b)




รูปที่ VI. การวัดขนาดการสึกหรอบนผิวหลบ [7]

III. ผลการวิจัย

*III.I. ผลทดสอบค่าความแข็งวัสดุพรีอาร์เดน ASSAB 718H*

ตารางที่ VI. ผลทดสอบค่าความแข็งวัสดุพรีอาร์เดน ASSAB 718H

| Result Hardness test | | | | AVR |
|---|---|---|---|---|
| HRC | 39.3 | 40.8 | 41.1 | 40.4 |

*III.II. ผลการวัดค่าความหยาบผิวหลังการตัดเฉือนการทดลองการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน แสดงดังตารางที่ VII*

ตารางที่ VII. ค่าความหยาบผิวหลังการตัดเฉือน

| ระดับความเรียบผิว (Ra; ไมโครเมตร(μm)) | | | |
|---|---|---|---|
| AlTiZrSiN_Ra | AlTiN/TiSiXN_Ra | AlTiSiN_Ra | Noncoat_Ra |
| 0.288 | 0.401 | 0.397 | 0.544 |
| 0.483 | 0.353 | 0.364 | 0.613 |
| 0.185 | 0.568 | 0.383 | 0.645 |
| 0.172 | 0.482 | 0.325 | 0.490 |
| 0.276 | 0.408 | 0.391 | 0.690 |
| 0.266 | 0.341 | 0.419 | 0.643 |
| 0.187 | 0.581 | 0.230 | 0.439 |
| 0.272 | 0.303 | 0.426 | 1.045 |
| 0.285 | 0.291 | 0.350 | 1.103 |
| 0.270 | 0.398 | 0.386 | 0.681 |
| 0.136 | 0.459 | 0.285 | 0.487 |
| 0.253 | 0.328 | 0.382 | 0.260 |
| 0.148 | 0.361 | 0.379 | 0.348 |
| 0.242 | 0.515 | 0.380 | 0.480 |
| 0.154 | 0.272 | 0.406 | 0.388 |

*III.III. ผลวิเคราะห์การถดถอยพื้นผิวผลตอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ) สารเคลือบ AlTiN/TiSiXN*

ผลการวิเคราะห์จากตาราง VIII บ่งชี้ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ของเทอมกำลังสองแสดงว่าสมการของปัจจัยนั้นส่งผลกับผลตอบอย่างมีนัยสำคัญ ค่า Lack of Fit มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าสมการ

ความสัมพันธ์ที่ได้จากการคำนวณมีความแม่นยำ ค่า $R^2$ (adj) = 73.37% ถือว่ายอมรับได้

ตารางที่ VIII. การวิเคราะห์*ความแปรปรวน(Analysis of Variance ) สารเคลือบ AlTiN/TiSiXN* ด้วย Minitab 17

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 9 | 0.12147 | 0.013497 | 5.29 | 0.041 |
| Linear | 3 | 0.046232 | 0.015411 | 6.04 | 0.041 |
| V | 1 | 0.015444 | 0.015444 | 6.05 | 0.057 |
| Sz | 1 | 0.03069 | 0.03069 | 12.02 | 0.018 |
| Ap | 1 | 0.000098 | 0.000098 | 0.04 | 0.852 |
| Square | 3 | 0.068423 | 0.022808 | 8.93 | 0.019 |
| V*V | 1 | 0.005038 | 0.005038 | 1.97 | 0.219 |
| Sz*Sz | 1 | 0.048672 | 0.048672 | 19.07 | 0.007 |
| Ap*Ap | 1 | 0.009627 | 0.009627 | 3.77 | 0.11 |
| 2-Way Interaction | 3 | 0.006815 | 0.002272 | 0.89 | 0.507 |
| V*Sz | 1 | 0.001541 | 0.001541 | 0.6 | 0.472 |
| V*Ap | 1 | 0.00009 | 0.00009 | 0.04 | 0.858 |
| Sz*Ap | 1 | 0.005184 | 0.005184 | 2.03 | 0.213 |
| Error | 5 | 0.012765 | 0.002553 | | |
| Lack-of-Fit | 3 | 0.011479 | 0.003826 | 5.95 | 0.147 |
| Pure Error | 2 | 0.001286 | 0.000643 | | |
| Total | 14 | 0.134234 | | | |

**Model Summary**

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---|---|---|---|
| 0.0505264 | 90.49% | 73.37% | 0.00% |

**Regression Equation in Uncoded Units**

**AlTiN/TiSiXN_Ra** = 0.497 + 0.0350 V - 117.4 Sz + 1.710 Ap
- 0.000577 V*V + 4593 Sz*Sz- 1.277 Ap*Ap
- 0.491 V*Sz + 0.0030 V*Ap - 36.0 Sz*Ap

*III.IV. ผลการหาค่าพารามิเตอร์ปัจจัยที่สภาวะที่เหมาะสม*

ตารางที่ IX. ค่าการทำนายผลตอบค่าพารามิเตอร์ปัจจัยด้วย Minitab 17

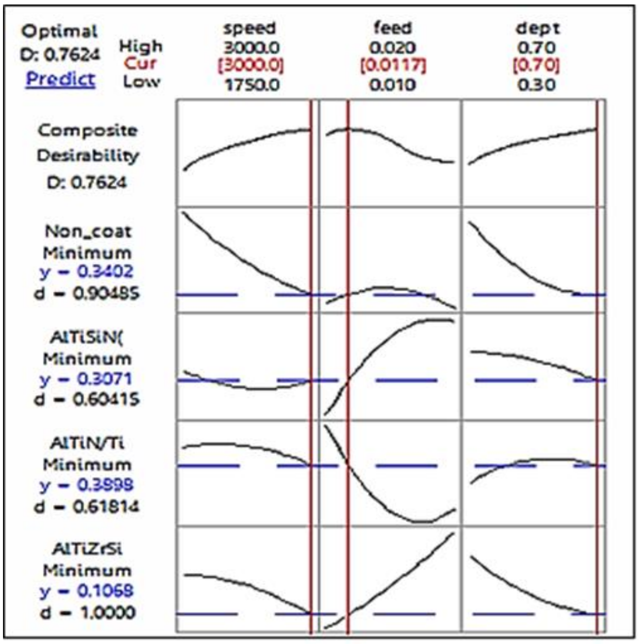
| Multiple Response Prediction | | |
|---|---|---|
| Variable | Setting | unit |
| Cutting speed | 38 | m/min |
| Feed rate | 0.0117 | mm/tooth |
| Depth of cut | 0.7 | mm |

จากตารางที่ I-II และ VII ค่าตัวแปรและระดับของตัวแปรที่สนใจในการออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ที่ได้ทำการทดลองบันทึกค่าผลวัดของความหยาบผิวการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมในการกัดชิ้นงานพรีอาร์เดน ASSAB 718 H ผลการจำลองโดยใช้ฟังก์ชั่น Multiple Response Optimizer ของคมตัดสารเคลือบต่างชนิดกันโดยจะเลือกค่าระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อต่อค่าความหยาบผิว (Ra) น้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์ค่าสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยค่าพารามิเตอร์ที่จะทำให้ค่าความหยาบผิวมีค่าที่น้อยที่สุดคือ ความเร็วตัด 38 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 0.0117 มิลลิเมตรต่อฟัน ความลึก 0.7 มิลลิเมตร ดังตารางที่ IX และทำนายผลค่าฟิตความหยาบผิวดังตารางที่ X

ตารางที่ X. ค่าการทำนายผลความหยาบผิวด้วย Minitab 17

| Response | Fit | SE Fit | 95% CI | 95% PI |
|---|---|---|---|---|
| Non_coat | 0.340 | 0.159 | (-0.069, 0.749) | (-0.244, 0.925) |
| AlTiSiN | 0.307 | 0.030 | (0.229, 0.385) | (0.196, 0.418) |
| AlTiN/TiSiXN | 0.390 | 0.060 | (0.236, 0.544) | (0.170, 0.610) |
| AlTiZrSiN | 0.107 | 0.056 | (-0.037, 0.250) | (-0.098, 0.312) |

จากตารางที่ X ค่า Fit คือค่าผลตอบที่เกิดขึ้นของแต่ละเอ็นมิล ค่า 95% CI ช่วงความเชื่อมั่น คือหากการทดลองแบบเดิมซ้ำๆ และหาค่าเฉลี่ยโอกาสที่ได้ค่าเฉลี่ยของผลตอบอยู่ในช่วงประมาณ 95% ค่า 95% PI ช่วงการทำนายคือหากทดลองแบบเดิมซ้ำๆจะพบโอกาสที่ได้ค่าของผลตอบอยู่ในช่วงประมาณ 95%



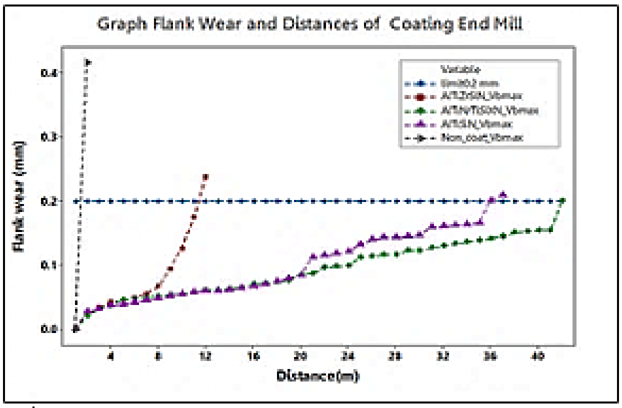

รูปที่ VII. ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมต่อความหยาบผิวชิ้นงาน

ส่วนรูปภาพที่ VII แสดงภาพอิทธิพลหลักของระดับปัจจัยที่สภาวะเหมาะสมต่อความหยาบผิวชิ้นงานมีระดับความพึงพอใจรวมของสารเคลือบ (Composite Desirability) อยู่ที่ค่าเท่ากับ 0.7624

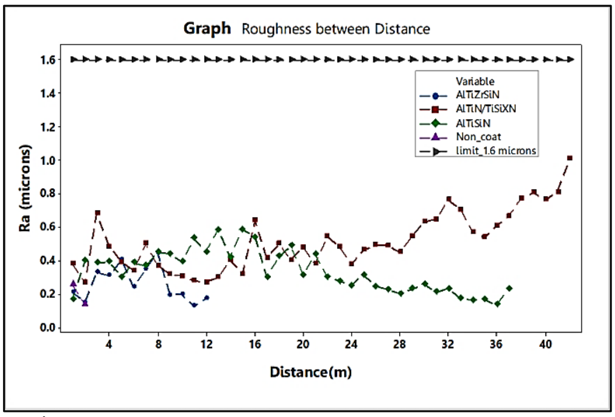
*III.V. ยืนยันผลการนำค่าพารามิเตอร์ทดลองกัดงานด้วยคมตัดเคลือบสาร AlTiZrSiN, AlTiSiN, AlTiN/TiSiXN และแบบไม่เคลือบผิว*

จากตารางที่ IX และรูปที่ VII นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำนายมาทำการทดลองตัดเฉือนเพื่อหาอิทธิพลของสารเคลือบคมตัดที่มีผลต่อการสึกหรอและความหยาบผิวงานผลการทดลองดังรูปที่ VIII และ ตาราง ที่ XI พบว่าคมตัดที่เคลือบด้วย AlTiN/TiSiXN ให้ระยะทางการตัดเฉือนมากสุดที่

41 เมตร รองลงมาคือ AlTiSiN ให้ระยะทางการตัดเฉือนที่ 36 เมตร AlTiZrSiN ให้ระยะทางการตัดเฉือนที่ 11 เมตร และสุดท้ายคือ แบบไม่เคลือบผิว ได้ระยะทางการตัดเฉือนต่ำที่สุด คือ 1 เมตร




รูปที่ VIII. กราฟความสัมพันธ์การสึกหรอคมตัดกับระยะทางการตัดเฉือน



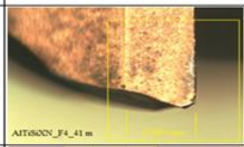
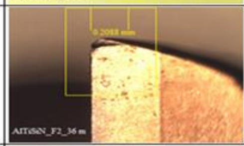
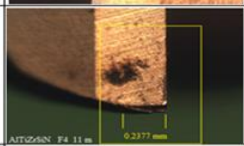

รูปที่ IX. กราฟความสัมพันธ์ความหยาบผิวกับระยะทางการตัดเฉือน

ผลทดลองค่าความหยาบผิวเฉลี่ยของคมตัดต่อระยะทางการกัดที่ขนาดการสึกหรอของคมตัดบนผิวหลบ (Flank Wear) ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ AlTiZrSiN เท่ากับ 0.229 ไมโครเมตร AlTiSiN เท่ากับ 0.316 ไมโครเมตร และ AlTiN/TiSiXN 0.490 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วนแบบไม่เคลือบผิวมีความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยสุด เท่ากับ 0.197 ไมโครเมตร ดังรูปที่ IX

*IIII. สรุปผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง*

I. ผลการวิเคราะห์จากวิธีการหาพื้นผิวผลตอบแบบ Box-Behnken โดยใช้ฟังก์ชั่น Multiple Response Optimizer ทำให้สามารถหาค่าสภาวะความเหมาะสมของระดับของปัจจัยที่ทำให้ค่าความหยาบผิวชิ้นงานน้อยที่สุดโดยโปรแกรม Minitab 17 สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือค่าตกค้างเพื่อตรวจสอบการแจกแจง ความแปรปรวน ความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูล และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ ($R^2$) มากกว่า 70 % ถือว่ายอมรับได้ในการนำสมการความสัมพันธ์ของระหว่างปัจจัยและผลตอบ (Regression Equation) ไปใช้งาน ทำให้การทดลองสามารถเกิดขึ้นใน block ให้ค่าประมาณภายในของความผิดพลาดไม่ต้องทำการทดลองเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ XI. การสึกหรอคมตัดกับระยะทางการตัดเฉือน

| Tool wear Coating Material | ISO VBmax (200 µm) | Avg.Distance (m) |
|---|---|---|
| AlTiN/TiSiXN |  | 41 |
| AlTiSiXN |  | 36 |
| AlTiZrSiN |  | 11 |
| Non_Coat |  | 1 |

II. สรุปผลการทดลองการกัดด้วยปัจจัยที่คำนวณในแบบจำลอง พบว่าสารเคลือบมีส่วนสำคัญต่อการสึกหรอสารเคลือบแบบ AlTiN/TiSiXN สามารถกัดชิ้นงานได้ระยะทางมากที่สุดถึง 41 เมตรด้วยเงื่อนไขการตัดเฉือนเดียวกันแสดงในตารางที่ XI ทำให้เราสามารถใช้งานคมตัดได้คุ้มค่ามากที่สุดทำให้สามารถลดต้นทุนของการใช้คมตัดได้อย่างดีที่สุด สารเคลือบแบบ AlTiZrSiN ให้ระดับความหยาบของผิวงานต่ำสุดที่ 0.229 ไมโครเมตร

*V. ข้อเสนอแนะ*

I. จากการดำเนินงานวิจัยพบว่าการสึกหรอของคมตัดที่เกิดขึ้นปรากฏทั้งสองด้านของคมตัดได้แก่ ด้านหน้าและด้านข้าง ผู้สนใจศึกษาต่อควรให้ความสำคัญในการนำมาพิจารณาออกแบบการทดลอง เพื่อความแม่นยำของงานวิจัยมากยิ่งขึ้น

II.เมื่อทดลองจนสามารถเลือกสารเคลือบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัดเฉือนวัสดุชิ้นงานที่ต้องการ เราสามารถนำค่าปัจจัยค่าใหม่ที่สนใจปรับปรุงมาทำทดลองซ้ำโดยฟังก์ชั่น Response Optimizer เพื่อหาค่าที่เหมาะสมยิ่งๆขึ้นไปอีกในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต่อไป

**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท Makino (Thailand) และ บริษัท Mitutoyo (Thailand) สำหรับคำแนะนำด้านเทคนิคเกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรและเครื่องมือวัด และขอขอบคุณ อาจารย์เทอดศักดิ์ ใจงาม และ อาจารย์จิรพงศ์ สุขาทิพย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนส่งผลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

[1] วารุณี เปรมมานนท์ และ อรจีรา เดี่ยววณิชย์, 2554 “งานขึ้นรูปโลหะ เล่ม 2 วัสดุทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน”กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 296 หน้า.

[2] JIS,”JIS B 0601, 13th Edition, October 20,2017” Geometrical Product Specifications (GPS}-Surface texture:Profile method Terms, definitions and surface texture parameters, Date of Public Notice in Official Gazette: 2013-03-21,(ISO 4287 : 1997, Amd. 1 : 2009)

[3] Oerlikon balzers, On line data, https://www.oerlikon.com/balzers/th/th/portfolio/coating-technologies/, 2022

[4] Nissin Electric, On line data, http://www.nissin-thai.com/th/pvdcoating.htm, 2022

[5] Aungsumarin Prapaspong, "The Screening of machining parameters on surface roughness and tool wear in the end-milling process of Aluminum semi-solid A356 ", vol 132, Academic Year 2016

[6] Irfan Ucun, K. Aslantas, and F. Bedir, “An experimental investigation of the effect of coating material on tool wear in micro milling of Inconel 718 super alloy,” Wear, vol. 300, no. 1–2, pp. 8–19, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.wear.2013.01.103.

[7] Ukrit Thanasuptawee, "Optimization of surface roughness and tool wear in milling for semi-solid A356 ", vol 192, Academic Year 2018

[8] M.S. Kasin, C.H. Che Haron, J.A. Ghani, M.A. Sulaiman, “Prediction surface roughness in High-Speed millin of Inconel 718 under using RSM method,” Middle-East of Scientific Research 13(3):264-272,2013.

[9] V. P. Astakhov and J. P. Davim, “Tools (geometry and material) and tool wear,” Mach. Fundam. Recent Adv., pp. 29–57, 2008, doi: 10.1007/978-1-84800-213-5_2.

[10] K. H. Park, G. D. Yang, and D. Y. Lee, “Tool wear analysis on coated and uncoated carbide tools in inconel machining,” Int. J. Precis. Eng. Manuf., vol. 16, no. 7, pp. 1639–1645, Jun. 2015, doi: 10.1007/s12541-015-0215-x.

[11] Y. C. Yen, J. Söhner, H. Weule, J. Schmidt, and T. Altan, “Estimation of tool wear of carbide tool in orthogonal cutting using FEM simulation,” Mach. Sci. Technol., vol. 6, no. 3, pp. 467–486, 2002, doi: 10.1081/MST-120016256.

[12] ปารเมศ ชุติมา, 2545, "การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม" กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[13] Montgomery, DC., 2009, “Design and Analysis of Experiments, 7th ed.” John Wiley& Sons, New York.

[14] ปรัชญา พละพันธ์, 2560 “คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ,” นนทบุรี :ไอดีซี, 336 หน้า

# การประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วมสำหรับระบบการกระจายสินค้าสองคลังสินค้า และหลายร้านค้าปลีก

# Applying Joint Ordering for Two Depots and Multiple Retailers Distribution System

สุภาพร หาญสกุล
Supaporn Hansakul
*วิศวกรรศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวิศวกรรม) / สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร/ ไทย
ha.supaporn_st@tni.ac.th

ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน
Dumrongkiat Ratana-Amornpin
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ (สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ) / สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร/ ไทย
dumrongkiat@tni.ac.th

อัญชลี สุพิทักษ์
Anchalee Supithak
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ (สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ) / สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร/ ไทย
Anchalee_s@tni.ac.th

วัชรินทร์ หนูทอง
Watcharin Noothong
*วิศวกรรศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวิศวกรรม) / สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร/ ไทย
watcharin@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายสินค้าโดยการประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วม (Joint Ordering) สำหรับระบบที่มีสองศูนย์กระจายสินค้าและหลายร้านค้าปลีก โดยคำนึงถึงต้นทุนการจัดเก็บ (Inventory holding) และต้นทุนเสียโอกาสจากการขาดสินค้า ต้นทุนการถือครองสินค้าเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock) โดยเปรียบเทียบการจัดเส้นทางและต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าโดยประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วม(Joint Ordering) ระหว่างการจัดเส้นทางการขนส่งแบบปิด (Vehicle Routing Problem: VPR) และการจัดเส้นทางการขนส่งแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem: OVPR) จากการทดลองพบว่า การจัดเส้นทางแบบเปิด OVRP จะมีระยะทางรวมที่สั้นกว่า แต่การจัดเส้นทางแบบปิด VRP จะมีต้นทุนรวมที่น้อยกว่า และเมื่อศึกษาความไวของคำตอบต่อค่าปริมาณอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นเป็น 25% และ50% การจัดเส้นทางแบบเปิดมีแนวโน้มที่ระยะทางรวมและต้นทุนรวมน้อยกว่าการจัดเส้นทางแบบปิด**

***คำสำคัญ* — การจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อร่วม, ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง, การจัดเส้นทางขนส่งแบบเปิด, กระจายสินค้าหลายร้านค้าปลีก**

***ABSTRACT* — This aims to study and solve the two warehouses and multiple retailers distribution system by applying joint ordering inventory management and considering inventory cost, stock out cost by comparing close vehicle routing (VPR) and open vehicle routing (OVPR). The experiment shows, OVRP routing has a shorter total distance But VRP routing has a lower total cost. And when 25% and 50% increase in demand volume, OVRP has shorter total distance and total cost less than VRP routing**

***Keywords* — Joint Ordering Inventory Management, Vehicle Routing Problem, Open Vehicle Routing Problem, Multiple Retailers Distribution System.**

## I. บทนำ

เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันนี้มีการแข่งขันทางด้านสินค้าและบริการค่อนข้างสูง ลูกค้ามีช่องทางในเข้าถึงสินค้าและบริการหลากหลายมากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันทางด้านราคามากขึ้น ทำให้แต่ละบริษัทต้องพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการตลาด [1] ได้นำเสนอเกี่ยวกับการลดต้นทุนในการประกอบการ โดยให้พิจารณาเกี่ยวกับการบริหารต้นทุนโลจิสติกส์ที่สำคัญมาร่วมด้วย ได้แก่ ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนคลังสินค้า และต้นทุนในการรักษาสินค้าคงคลัง ยกตัวอย่างเช่น การการจัดเก็บสินค้าคงคลังในปริมาณที่เหมาะสม, [2] ได้เสนอเกี่ยวกับการการลดต้นทุนการขนส่ง โดยการจัดเส้นทางกระจายสินค้าแบบเปิด (OVRP) เป็นต้น โดยเป้าหมายหลักในการปรับปรุงการขนส่ง คือจะต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที และภายใต้ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนในการจัดเก็บที่สามารถยอมรับได้

ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการสำหรับจัดเส้นทางการเดินรถ โดยการประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วม (Joint Ordering) สำหรับปัญหาการกระจายสินค้าที่มีสองศูนย์กระจายสินค้าหลักในการกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีก โดยความต้องการสินค้าของลูกค้าหรืออุปสงค์ไม่คงที่ ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถขนส่งมีขนาดจำกัด โดยคิดรวมถึงต้นทุนการจัดเก็บ (Inventory) และต้นทุนเสียโอกาสจากการขาดสินค้า และต้นทุนการเก็บสต็อกสำรองเพื่อรองรับความไม่แน่นอน (Safety Stock) เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในภาคอุตสาหกรรม โดยพิจารณารวมถึงต้นทุนของการจัดเก็บและต้นทุนการเสียโอกาสจากการขาดสินค้า ซึ่งการหาผลเฉลยนี้มีโอกาสต่อยอด ในเชิงพาณิชย์ซึ่งจะเป็นกลไกที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจการวางแผนจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

## II. ขอบเขตของการวิจัย

เป็นปัญหาที่มีสองคลังสินค้าและหลายร้านค้าปลีก ความต้องสินค้าของลูกค้าหรืออุปสงค์มีค่าไม่คงที่ <u>การคิดต้นทุนรวมจะประกอบด้วยค่าขนส่ง ค่าจัดเก็บ และขาดแคลนสินค้า เมื่อรถออกจากคลังสินค้า จะจอดส่งสินค้า</u>

ตามจุดรับสินค้าต่างๆ และกลับมายังคลังกระจายสินค้า โดยต้นทุนการขาดสินค้าและการเก็บสินค้าจะเกิดขึ้นที่ร้านค้าปลีก

### III. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการเดินรถ พบว่า เป้าหมายในการดำเนินการคือ การกำหนดเส้นทางของพาหนะแต่ล่ะคัน เพื่อไปให้บริการลูกค้าที่กำหนด โดยเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด[3] ลักษณะการจัดเส้นทางสามารถแบ่งได้หลายประเภทเช่น ปัญหาการจัดเส้นทางที่กำหนดให้รถออกเดินทางและกลับมาที่จุดจอดจุดใดจุดหนึ่งเท่านั้น (Single depot หรือ classical vehicle routing problem) หรือ รถออกจากจุดจอดหนึ่งและกลับจุดจอดในที่อื่น (Multiple depots หรือ open vehicle routing)

นอกจากค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุดแล้ว ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการจัดเก็บ (Inventory) เป็นตัวแปรหนึ่งที่จะทำให้ผลิตมีความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้น และสามารถตอบสนองลูกค้าได้มากขึ้น เนื่องจากสินค้าแต่ล่ะชนิดมีปัจจัยหรือข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เช่น สินค้าแบ่งชนิดมีอุปสงค์ของลูกค้าที่ไม่แน่นอน, เวลาในการนำส่งที่ไม่เท่ากัน, ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าและร้านค้าปลีกไม่เท่ากัน จึงต้องมีการจัดเก็บสต็อกเผื่อ เพื่อป้องกันการขาดสินค้า (Stock out)

[4] ได้ทำการศึกษาระบบกระจายสินค้าในการเติมเต็มคลังสินค้าที่มีคลังสินค้าหลัก 1 คลัง และหลายร้านค้าปลีก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ศึกษารอบการสั่งซื้อ ปริมาณการสั่งซื้อและเส้นทางการเดินรถ เพื่อลดต้นทุนโดยรวมของร้านค้าปลีก ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการซื้อครองสินค้า โดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขาดสินค้า (Stock out cost)

[5] ได้ทำการศึกษาระบบกระจายสินค้าในการเติมเต็มคลังสินค้าที่มีหลายคลังสินค้าและหลายร้านค้าปลีก โดยเปรียบเทียบผลของต้นทุนรวมเมื่อ ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า ต้นทุนการสั่งซื้อ และความจุของพาหนะเปลี่ยนแปลงไป

### IV. นิยามของปัญหา

ศึกษาการจัดเส้นทางโดยประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วมมาใช้ในการจัดเส้นทางของปัญหา ประเภทคือ 2

- รถวิ่งออกจากคลังสินค้า ส่งสินค้าให้ร้านค้าปลีกที่รับผิดชอบและวนกลับไปยังคลังสินค้าเดิม VRP
- รถวิ่งออกจากคลังสินค้า ส่งสินค้าให้ร้านค้าปลีกที่รับผิดชอบและไปรับสินค้าคลังสินค้าอีกแห่งหนึ่ง เพื่อเตรียมจัดส่งในรอบถัดไป OVPR

โดยตัวอย่างปัญหาที่ทำการศึกษา แบ่งเป็น 2 ขนาด คือ คลังสินค้า 2 แห่ง ร้านค้าปลีก 4 ร้าน และปัญหาคลังสินค้า 2 แห่งร้านค้าปลีก 6 ร้าน โดยผู้ค้าปลีกแต่ละรายตั้งอยู่ในตำแหน่งและระยะทางที่แตกต่างกัน

### V. ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

$D_i$ = อุปสงค์เฉลี่ยต่อปีของผู้ค้าปลีก (Annual demand of retailer)

di = อุปสงค์เฉลี่ยต่อคาบเวลา (Average period demand of retailer i: unit)

s = ค่าสั่งซื้อต่อใบสั่งซื้อ (Procurement cost per order: ฿/order)

$Sd_i$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอุปสงค์ (Standard deviation of demand of retailer i : unit)

ki = ต้นทุนการขาดแคลนสินค้า (Out of stock cost of retailer I : ฿/unit)

p = ราคาสินค้า (Purchase price :฿)

C = มูลค่าสินค้า (Product Cost :฿)

Ci = ค่าจัดการสินค้าต่อหนึ่งใบสั่งซื้อ

Q = ปริมาณการสั่งซื้อ (Order quantity: Unit)

Ti = ช่วงเวลาสั่งซื้อ (replenishment interval of retailer)

z = ค่า Z (Normal deviation number of standard deviation from mean on demand distribution)

LT = ค่าเวลานำส่งเฉลี่ย (Average of lead time)

ROP= จุดสั่งซื้อร่วม Reorder point quantity (unit)

I = ค่าจัดเก็บสัดส่วนของมูลค่าสินค้า (Carry cost as % of product value)

$P_i$ = ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังร้านค้าปลีก

A = ต้นทุนค่าขนส่ง ฿/Km

$E(z)_i$ = ปริมาณคาดหวังที่ขาดสต๊อกของร้านค้าปลีกแต่ละร้าน

### VI. ขั้นตอนการดำเนินงาน

แนวทางในการศึกษาโดยจัดเส้นทางเลือกทั้งหมดที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากการจัดเส้นทางแบบ VRP และ OVRP คำนวณหาจุดสั่งซื้อร่วมของเส้นทางแต่ละทางเลือก และคำนวณต้นทุนร่วมที่เกิดขึ้น โดยคำนึงถึงค่าสั่งซื้อ ค่าขนส่ง ต้นทุนในการจัดเก็บสต็อก ตามสมการด้านล่าง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ขั้นตอนที่ 1 จัดเส้นทางการเดินรถที่สามารถเกิดขึ้นได้ทุกกรณี โดยวิธีทางแม่นตรง

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาเวลาการสั่งเวลาการสั่งซื้อร่วม (Re-order point; ROP) โดยพิจารณาถึงต้นทุนในขนส่ง

$$T^* = \sqrt{\frac{2(S+\sum S_i)+P_iA}{I(\sum C_iD_i)}} \quad (1)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม (Order cost) ในการสั่งซื้อต่อหนึ่งรอบการสั่งซื้อ โดยรวมต้นทุนสินค้าคงคลังและต้นทุนการขนส่งในการขนส่งต่อรอบ

$$Order\ cost = \frac{S+\sum s_i}{T^*} + P_iA \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสต็อกปกติ (Regular stock carrying cost)

$$Regular\ stock = \frac{T^*I+\sum C_iD_i}{2} \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock)

$$ss = z(s_d)\sqrt{LT} \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสต็อกสำรอง (Safety Stock Carrying Cost)

$$\text{Safety stock carrying cost} = I\sum C_i z_i\,(s_d)_i \qquad (5)$$

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเกิดการขาดแคลนสินค้า (Stockout Cost) ของร้านค้าปลีกแต่ละร้าน

$$\text{stockout cost} = \frac{1}{T^*}\sum k_i * (s_d)_i * E(z)_i \qquad (6)$$

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณหาต้นทุนรวม จากผลรวมของต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการขนส่งและ ต้นทุนในการถือครองสินค้า จากสมการที่ 2,3,5 และ 6 (TC)

$$TC = \frac{S+\sum s_i}{T^*} + P_j A + \frac{T^* I + \sum C_i D_i}{2} + I\sum C_i z_i\,(s_d)_i + \frac{1}{T^*}\sum k_i (s_d)_i * E(z)_i \qquad (7)$$

ขั้นตอนที่ 9 จัดเส้นทางและจัดกลุ่มความรับผิดชอบของแต่ละโกดังสินค้า โดยคำนึงจากต้นค่าขนส่งและระยะเวลาการขนส่งที่เหมาะสม

## VII. การดำเนินการวิจัย

ศึกษาการจัดเส้นทางกระจายสินค้าสำหรับ 4 และ 6 ร้าน โดยประยุกต์ใช้การสั่งซื้อร่วมมาใช้ในการจัดเส้นทางการกระจายสินค้า โดยเปรียบเทียบระหว่างการจัดเส้นทางแบบ VRP และ OVRP

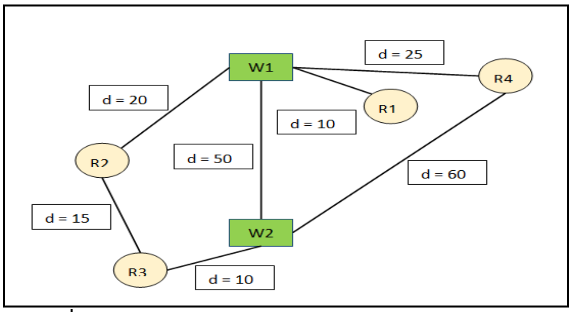
รวมถึงศึกษาศึกษาการแปรผันของจุดสั่งซื้อร่วม, เส้นทางการกระจายสินค้า และต้นทุนรวมในการกระจายสินค้าเมื่อปริมาณอุปสงค์ของสินค้าเพิ่มขึ้น 25% และ 50%

โดยระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีก ดังข้อมูลที่ระบุในตารางที่ 1 ข้อมูลของอุปสงค์ของสินค้า ต้นทุนการสั่งซื้อ ระยะเวลาในการนำส่ง มูลค่าของสินค้า ต้นทุนในการจัดเก็บสต็อก และโอกาสในการเกิดการขาดแคลนสินค้าของร้านค้าปลีกแต่ละร้าน ดังข้อมูลในตารางที่ 2

**ตัวอย่าง** กรณีปัญหาร้านค้าปลีก 4 ร้าน

ตารางที่ 1 ตารางระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าและร้านค้าปลีก

| Distance | W1 | W2 | R1 | R2 | R3 | R4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| W1 | - | 50 | 10 | 20 | 15 | 25 |
| W2 | 0 | - | 30 | 15 | 10 | 60 |
| R1 | 10 | 30 | - | 25 | 50 | 15 |
| R2 | 20 | 15 | 25 | - | 12 | 30 |
| R3 | 15 | 10 | 50 | 12 | - | 55 |
| R4 | 25 | 60 | 15 | 30 | 55 | - |




รูปที่ 1 ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าและร้านค้าปลีก

ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ประกอบการศึกษาวิจัย

| | หน่วย | ร้านค้าปลีก (Retailer) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 |
| อุปสงค์ต่อปี Demand per years | ชิ้น | 12000 | 11000 | 16000 | 18000 |
| อุปสงค์เฉลี่ย Average daily demand (d) | ชิ้น | 35 | 30 | 45 | 50 |
| เวลานำส่ง Average lead time (LT) | Days | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ค่าจัดเก็บ Annual carrying cost (I) | % | 30% | | | |
| ต้นทุนการสั่งซื้อรอง Procurement cost (s) | ฿/order | 20 | 15 | 30 | 25 |
| ต้นทุนการสั่งซื้อหลัก (Common cost: S) | | 20 | | | |
| In stock probability cost | % | 95% | 90% | 90% | 95% |
| มูลค่าสินค้า Product Value ( C ) | ฿/unit | 50 | 55 | 50 | 45 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอุปสงค์ Std. Dev. (sd) | Units | 10 | 8 | 5 | 10 |
| Out of stock cost (k) | ฿/unit | 4 | 3 | 4 | 5 |
| Z- Value | | 1.64 | 1.28 | 1.28 | 1.64 |
| ค่าขนส่ง (Transportation cost ) | ฿/km. | 10 | | | |

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณระยะทางรวมของทางเลือกที่สามารถเกิดขึ้นของการจัดเส้นทางแบบปิด ( VRP)

| ทางเลือก | เส้นทาง | ระยะทาง (£A) | ค่าเดินทาง | ค่าเดินทางรวม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | W1->R1->R2 ->W1 | 55 | 110 | 1800 |
| | W2->R3->R4 ->W2 | 125 | 250 | |
| 2 | W1->R1->R3 ->W1 | 75 | 150 | 1800 |
| | W2->R2->R4 ->W2 | 105 | 210 | |
| 3 | W1->R1->R4 ->W1 | 50 | 100 | 870 |
| | W2->R2->R3 ->W2 | 37 | 74 | |
| 4 | W1->R2->R3 ->W1 | 47 | 94 | 1520 |
| | W2->R1->R4 ->W2 | 105 | 210 | |
| 5 | W1->R2->R4 ->W1 | 75 | 150 | 1650 |
| | W2->R1->R3 ->W2 | 90 | 180 | |
| 6 | W1->R3->R4 ->W1 | 95 | 190 | 1650 |
| | W2->R1->R2 ->W2 | 70 | 140 | |

จากผลการคำนวณระยะทางรวม ทางเลือกที่ 3

เส้นทางที่ 1 W1->R1->R4 ->W1 ( 10 + 15 + 25 = 50 กม.)

เส้นทางที่ 2 W2->R2->R3 ->W2 ( 15 + 12 + 10 = 37 กม.)

เป็นเส้นทางที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 87 กิโลเมตร และมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางรวมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 870 บาท

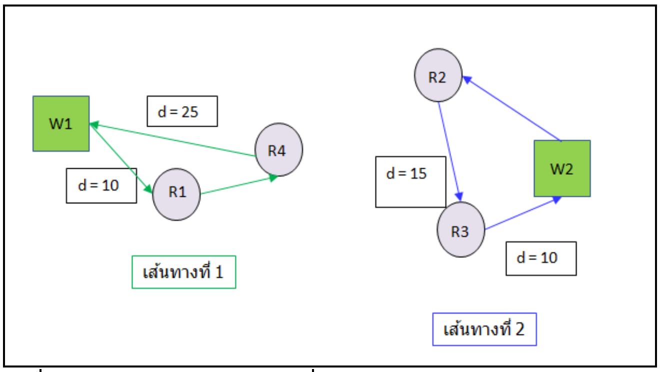
ตารางที่ 4 ผลการคำนวณต้นทุนรวมของของการจัดเส้นทางแบบปิด ( VRP)

| ทางเลือก | Route | Procure-ment cost | T* | Order cost *include transport cost | ค่าจัดเก็บสต็อกปกติ | สต็อกเผื่อ | ค่าจัดเก็บสต็อกเผื่อ | Stock out cost | Total Cost | Total Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W1->R1->R2 ->W1 | 55 | 18.0 | 553.06 | 25.2 | 37 | 1.14 | 5.36 | 3,984.71 | 9,784.58 |
| | W2->R3->R4 ->W2 | 75 | 22.0 | 1253.41 | 40.7 | 32 | 0.87 | 4.90 | 5,799.87 | |
| 2 | W1->R1->R3 ->W1 | 70 | 19.0 | 753.68 | 31.2 | 32 | 0.94 | 4.81 | 4,790.67 | 9,783.64 |
| | W2->R2->R4 ->W2 | 60 | 21.0 | 1052.86 | 33.7 | 37 | 1.07 | 5.38 | 4,992.97 | |
| 3 | W1->R1->R4 ->W1 | 65 | 17.0 | 503.82 | 27.9 | 46 | 1.28 | 8.71 | 4,541.76 | 8,845.72 |
| | W2->R2->R3 ->W2 | 65 | 16.0 | 374.06 | 25.6 | 23 | 0.73 | 3.52 | 4,303.96 | |
| 4 | W1->R2->R3 ->W1 | 65 | 17.0 | 473.82 | 27.2 | 23 | 0.73 | 3.32 | 4,405.11 | 9,501.06 |
| | W2->R1->R4 ->W2 | 65 | 21.0 | 1053.10 | 34.5 | 46 | 1.28 | 7.05 | 5,095.95 | |
| 5 | W1->R2->R4 ->W1 | 60 | 19.0 | 753.16 | 30.5 | 37 | 1.07 | 5.95 | 4,690.63 | 9,632.52 |
| | W2->R1->R3 ->W2 | 70 | 20.0 | 903.50 | 32.9 | 32 | 0.94 | 4.57 | 4,941.89 | |
| 6 | W1->R3->R4 ->W1 | 75 | 20.0 | 953.75 | 37.0 | 32 | 0.87 | 5.39 | 5,497.00 | 9,632.67 |
| | W2->R1->R2 ->W2 | 55 | 19.0 | 702.89 | 26.5 | 37 | 1.14 | 5.08 | 4,135.66 | |

ทางเลือกที่ 3: เส้นทางที่ 1 W1->R1->R4->W2 (10 + 15 + 25 = 50 กม.)

เส้นทางที่ 2 W2->R2->R3->W2 (15 + 12 + 10 = 37 กม.)

เป็นเส้นทางที่มีระยะทางร่วมสั้นที่สุด คือ87 กิโลเมตร และมีต้นทุนในการจัดส่ง ร่วมถึงต้นทุนในการจัดเก็บน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 8,845.72 บาท




รูปที่ 2 ผลการจัดเส้นทางแบบปิด ที่มีระยะทางรวมและค่าใช้จ่ายในการเดินทางน้อยที่สุด

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณระยะทางรวมของทางเลือกที่สามารถเกิดขึ้นของการจัดเส้นทางแบบเปิด ( OVRP)

| ทางเลือก | เส้นทาง | ระยะทาง P | ค่าเดินทางรวม (PA) |
|---|---|---|---|
| 1 | W1->R1->R2->R3->R4->W2 | 162 | 1620 |
| 2 | W1->R1->R2->R4->R3->W2 | 130 | 1300 |
| 3 | W1->R1->R3->R2->R4->W2 | 162 | 1620 |
| 4 | W1->R1->R3->R4->R2->W2 | 160 | 1600 |
| 5 | W1->R1->R4->R2->R3->W2 | 77 | 770 |
| 6 | W1->R1->R4->R3->R2->W2 | 107 | 1070 |
| 7 | W1->R2->R1->R3->R4->W2 | 210 | 2100 |
| 8 | W1->R2->R1->R4->R3->W2 | 125 | 1250 |
| 9 | W1->R2->R3->R1->R4->W2 | 157 | 1570 |
| 10 | W1->R2->R3->R4->R1->W2 | 132 | 1320 |
| 11 | W1->R2->R4->R1->R3->W2 | 125 | 1250 |
| 12 | W1->R2->R4->R3->R1->W2 | 185 | 1850 |
| 13 | W1->R3->R1->R2->R4->W2 | 180 | 1800 |
| 14 | W1->R3->R1->R4->R2->W2 | 125 | 1250 |
| 15 | W1->R3->R2->R1->R4->W2 | 127 | 1270 |
| 16 | W1->R3->R2->R4->R1->W2 | 102 | 1020 |
| 17 | W1->R3->R4->R1->R2->W2 | 125 | 1250 |
| 18 | W1->R3->R4->R2->R1->W2 | 155 | 1550 |
| 19 | W1->R4->R1->R2->R3->W2 | 87 | 870 |
| 20 | W1->R4->R1->R3->R2->W2 | 117 | 1170 |
| 21 | W1->R4->R2->R1->R3->W2 | 140 | 1400 |
| 22 | W1->R4->R2->R3->R1->W2 | 147 | 1470 |
| 23 | W1->R4->R3->R1->R2->W2 | 170 | 1700 |
| 24 | W1->R4->R3->R2->R1->W2 | 147 | 1470 |

ทางเลือกที่ 5: W1->R1->R4->R2->R3->W2 (10 + 15 + 30 + 12 + 10)

เป็นเส้นทางที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 77 กิโลเมตร

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณต้นทุนรวมของของการจัดเส้นทางแบบเปิด ( OVRP)

| ทางเลือก | เส้นทาง | ต้นทุนสินค้า | Procurement cost (s) | T* | Order cost *include transportation cost | ค่าจัดเก็บสต็อกปกติ | สต็อกเผื่อ | ค่าจัดเก็บสต็อกเผื่อ | Stock out cost | Total Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W1->R1->R2->R3->R4->W2 | 7900 | 110 | 22 | 8100 | 71.42 | 69 | 2.01 | 9.29 | 16082.73 |
| 2 | W1->R1->R2->R4->R3->W2 | 7900 | 110 | 20 | 7150 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 15127.16 |
| 3 | W1->R1->R3->R2->R4->W2 | 7900 | 110 | 22 | 8100 | 71.42 | 69 | 2.01 | 9.29 | 16082.73 |
| 4 | W1->R1->R3->R4->R2->W2 | 7900 | 110 | 22 | 8000 | 71.42 | 69 | 2.01 | 9.29 | 15982.73 |
| 5 | W1->R1->R4->R2->R3->W2 | 7900 | 110 | 18 | 4705.56 | 58.44 | 69 | 2.01 | 11.36 | 12677.36 |
| 6 | W1->R1->R4->R3->R2->W2 | 7900 | 110 | 20 | 5885 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 13862.16 |
| 7 | W1->R2->R1->R3->R4->W2 | 7900 | 110 | 23 | 10043.48 | 74.67 | 69 | 2.01 | 8.89 | 18029.05 |
| 8 | W1->R2->R1->R4->R3->W2 | 7900 | 110 | 20 | 6875 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 14852.16 |
| 9 | W1->R2->R3->R1->R4->W2 | 7900 | 110 | 21 | 8223.81 | 68.18 | 69 | 2.01 | 9.73 | 16203.73 |
| 10 | W1->R2->R3->R4->R1->W2 | 7900 | 110 | 21 | 6914.286 | 68.18 | 69 | 2.01 | 9.73 | 14894.21 |
| 11 | W1->R2->R4->R1->R3->W2 | 7900 | 110 | 20 | 6875 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 14852.16 |
| 12 | W1->R2->R4->R3->R1->W2 | 7900 | 110 | 22 | 9250 | 71.42 | 69 | 2.01 | 9.29 | 17232.73 |
| 13 | W1->R3->R1->R2->R4->W2 | 7900 | 110 | 22 | 9000 | 71.42 | 69 | 2.01 | 9.29 | 16982.73 |
| 14 | W1->R3->R1->R4->R2->W2 | 7900 | 110 | 20 | 6875 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 14852.16 |
| 15 | W1->R3->R2->R1->R4->W2 | 7900 | 110 | 20 | 6985 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 14962.16 |
| 16 | W1->R3->R2->R4->R1->W2 | 7900 | 110 | 19 | 5905.263 | 61.68 | 69 | 2.01 | 10.76 | 13879.72 |
| 17 | W1->R3->R4->R1->R2->W2 | 7900 | 110 | 20 | 6875 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 14852.16 |
| 18 | W1->R3->R4->R2->R1->W2 | 7900 | 110 | 21 | 8119.048 | 68.18 | 69 | 2.01 | 9.73 | 16098.97 |
| 19 | W1->R4->R1->R2->R3->W2 | 7900 | 110 | 19 | 5036.842 | 61.68 | 69 | 2.01 | 10.76 | 13011.3 |
| 20 | W1->R4->R1->R3->R2->W2 | 7900 | 110 | 20 | 6435 | 64.93 | 69 | 2.01 | 10.22 | 14412.16 |
| 21 | W1->R4->R2->R1->R3->W2 | 7900 | 110 | 21 | 7333.333 | 68.18 | 69 | 2.01 | 9.73 | 15313.26 |
| 22 | W1->R4->R2->R3->R1->W2 | 7900 | 110 | 21 | 7700 | 68.18 | 69 | 2.01 | 9.73 | 15679.92 |
| 23 | W1->R4->R3->R1->R2->W2 | 7900 | 110 | 22 | 8500 | 71.42 | 69 | 2.01 | 9.29 | 16482.73 |
| 24 | W1->R4->R3->R2->R1->W2 | 7900 | 110 | 21 | 7700 | 68.18 | 69 | 2.01 | 9.73 | 15679.92 |

จากผลการคำนวณระยะทางรวม

ทางเลือกที่ 5: W1->R1->R4->R2->R3->W2 (10 + 15 + 30 + 12 + 10)

เป็นเส้นทางที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 77 กิโลเมตร และมีต้นทุนในการจัดส่ง ร่วมถึงต้นทุนในการจัดเก็บน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 12,677.36 บาท

## VIII. ผลการดำเนินการวิจัย

ช่วงที่1 ผลการทดลองโดยใช้ข้อมูลจำลอง 2 กลุ่ม ร้านค้าปลีก 4 ร้าน และร้านค้าปลีก 6 ร้าน โดยเปรียบเทียบต้นทุนรวม จากการจัดเส้นทาง 2 ประเภทคือการจัดเส้นทางแบบปิด (เดินทางออกและกลับศูนย์กระจายสินค้าเดิม) และการจัดเส้นทางแบบเปิด (เดินทางออกและ กลับไปศูนย์กระจายสินค้าคนละที่) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7 และ 8

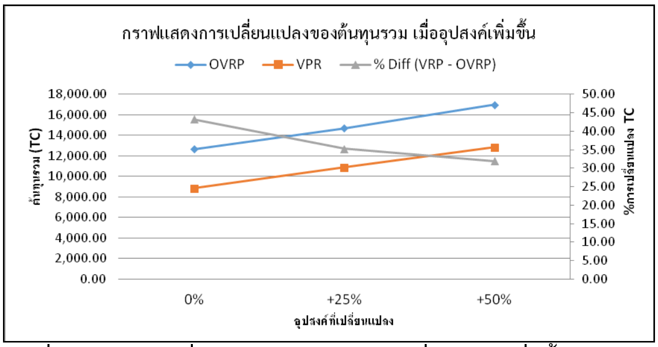
ตารางที่ 7 ตารางเปรียบเทียบระยะทางรวม, จุดสั่งซื้อร่วม, สต็อกเผื่อ และต้นทุนรวมระหว่าง VRP และ OVRP ( 4 ร้านค้าปลีก)

| รายละเอียด | VPR | OVRP | ผล |
|---|---|---|---|
| ระยะทางรวม : A (กม.) | 87 | 77 | OVPR มีระยะทางรวมน้อยกว่า |
| จุดสั่งซื้อร่วม : T* (วัน) | เส้นที่1 : 17<br>เส้นที่ 2: 16 | 18 | VPR มีรอบการสั่งซื้อที่สั้นกว่า |
| สต็อกเผื่อ : SS ( ชิ้น) | เส้นที่1 : 46<br>เส้นที่ 2: 23 | 69 | VPR มีการจัดเก็บสต็อกเผื่อที่น้อยกว่า |
| ต้นทุนรวม: TC | 8845.72 | 12,677.36 | VPR มีการต้นทุนรวมที่น้อยกว่า OVRP $486.11 (10.94%) |

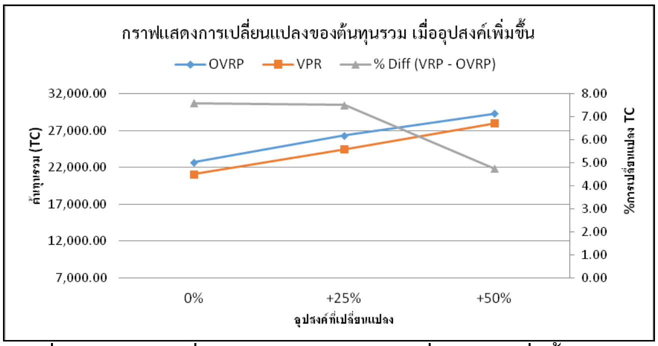
ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบระยะทางรวม, จุดสั่งซื้อร่วม, สต็อกเผื่อ และต้นทุนรวมระหว่าง VRP และ OVRP (6 ร้านค้าปลีก)

| รายละเอียด | VPR | OVRP | ผล |
|---|---|---|---|
| ระยะทางรวม : A (กม.) | 185 | 140 | OVPR มีระยะทางรวมน้อยกว่า |
| จุดสั่งซื้อร่วม : T* (วัน( | เส้นที่1 : 18 | 22 | VPR มีรอบการสั่งซื้อที่สั้นกว่า |
| | เส้นที่ 2: 20 | | |
| สต็อกเผื่อ : SS ( ชิ้น) | เส้นที่1 : 60 | 106 | VPR มีการจัดเก็บสต็อกเผื่อที่น้อยกว่า |
| | เส้นที่ 2: 46 | | |
| ต้นทุนรวม: TC | 21,111.65 | 22,715.88 | VPR มีการต้นทุนรวมที่น้อยกว่า OVRP 1,604.23 (7.6%) |

ช่วงที่2 ผลการทดลองโดยใช้ข้อมูลจำลอง 2 กลุ่ม ร้านค้าปลีก 4 ร้านและร้านค้าปลีก 6 ร้าน โดยเปรียบเทียบต้นทุนรวม เมื่อมีอุปสงค์เพิ่มขึ้น 25% และ 50% ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3 และ 4




รูปที่3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวม เมื่ออุปสงค์เพิ่มขึ้น (4 ร้าน)




รูปที่4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวม เมื่ออุปสงค์เพิ่มขึ้น (6ร้าน)

เมื่อความต้องการของสินค้าเพิ่มขึ้น (อุปสงค์เพิ่มขึ้น) จะส่งผลให้ต้องทุนมีค่ามากขึ้น จากแนวโน้มที่แสดงในรูปที่ 3 และ4 จะสังเกตได้ว่าเปอร์เซ็นความแตกต่างระหว่างต้นทุนรวมที่เกิดจากการจัดเส้นทางแบบปิด (VPR) และการจัดเส้นทางแบบเปิด (OVPR) มีแนวโน้มที่ต่ำลง แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นทางเลือกในการจัดเส้นทางแบบ OVRP จะมีต้นทุนรวมที่ใกล้เคียงกับการจัดเส้นทางแบบ VRP

## IX. สรุป

จากศึกษาตัวแบบการจัดเส้นทางกระจายสินค้า สำหรับปัญหาที่มีศูนย์กระจายสินค้าสองแห่ง เพื่อกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกที่รับผิดชอบ 4 และ 6 แห่ง โดยคำนึงถึงต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นที่ร้านค้าปลีกแต่ละร้าน ต้นทุนรวมจะรวมถึง ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการขนส่งและ ต้นทุนในการถือครองสินค้า โดยเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการจัดเส้นทางแบบปิด (VRP) และการจัดเส้นทางแบบเปิด (OVRP) โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสั่งซื้อร่วม (Joint ordering) ในการคำนวณหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของการสั่งซื้อร่วม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการจัดเส้นทางแบบปิดมีต้นทุนรวมที่น้อยกว่าแบบเปิด 43.32% (4 ร้าน) และ 7.60% (6 ร้าน) และจากรูปที่ 3 และ4เมื่ออุปสงค์เพิ่มขึ้น (โดยที่ระยะเวลาในการนำส่งไม่เปลี่ยนแปลง) ร้านค้าปลีกที่มากขึ้น การจัดเส้นทางแบบเปิดเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า เนื่องจากแนวโน้มของกราฟแสดงผลต่างของต้นทุนรวมแบบ VRPและ OVRP มีส่วนต่างที่ลดลง

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ปีการศึกษา 2564 จึงขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัยใน ณ ที่นี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

[1] ธนสิทธิ นิตยะประภา .2555. การบริหารต้นทุนโลจิสติกส์, การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่3

[2] อรประไพ จารุพัฒน์ .2555. ระบบสนับสนุนการจัดเส้นทางเดินรถแบบเปิด,

[3] ณกร อินทร์พยุง .2548. การแก้ปัญหาการตัดสินใจใน อุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์.สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

[4] อภิสิทธิ์ วิวัฒน์โยธินชัย .2554, การใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาเติมเต็มสินค้าคงคลังในกรณีที่มีคลังสินค้าหลัก 1 คลังและหลายร้านค้าปลีก

[5] Anchalee, S and Wisut, S. (2018), “Determination of inventory replenishment policy with the open vehicle routing concept in a multi-depot and multi-retailer distribution system”, Engineering and Applied Science Research, January – March 2018, Khon Kaen University, Thailand

# แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องจักรขนาดเล็กสำหรับระบบการตรวจจับการล้มด้วยสายรัดข้อมือ

# Tiny Machine Learning Model for Wrist-Worn Fall Detection System

1st ชนินท์ วงษ์ใหญ่
Chanin Wongyai
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยรังสิต*
ปทุมธานี / ประเทศไทย
chanin.w@rsu.ac.th

2nd อภิรักษ์ ภักดีวงษ์
Apiruk Puckdeevongs
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยรังสิต*
ปทุมธานี / ประเทศไทย
apiruk.pu@rsu.ac.th

3rd สมหมาย บัวแย้มแสง
Sommai Buayamsang
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยรังสิต*
ปทุมธานี / ประเทศไทย
sommai.b@rsu.ac.th

***บทคัดย่อ*** **— การพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการล้มในรูปแบบของสายรัดข้อมือที่มีขนาดเล็กซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร จำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องจักรขนาดเล็ก (TinyML) ในรูปแบบของ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) โดยได้ปรับปรุงโครงสร้างของวิธี CNN แบบดั้งเดิม ด้วยการเพิ่มจำนวนของชั้นคอนโวลูชันที่มีความแตกต่างกันในจำนวนของฟิลเตอร์ และจำนวนโหนดในชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์ โดยการปรับเปลี่ยนจะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการตรวจจับการล้มและขนาดของแบบจำลอง จากการทดสอบพบว่า ระบบตรวจสอบการล้มสามารถตรวจจับการล้มได้แม่นยำถึง 92.12% โดยที่มีขนาดของแบบจำลองอยู่ที่ 8.4KB นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของแบบจำลองเมื่อมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในของแบบจำลอง**

***คำสำคัญ*** **— รูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องจักรขนาดเล็ก, การตรวจจับการล้ม, วิธีการเรียนรู้เชิงลึก**

***ABSTRACT*** **— Developing a small wrist-worn fall detection device that uses a resource-constrained microcontroller. Appropriate methods for analyzing motion data are required. In this paper, a small machine learning model (TinyML) is proposed as a convolutional neural network (CNN). The proposed model has improved the structure of the traditional CNN method by increasing the number of convolutional layers that differ in the number of filters. Including the number of nodes in fully connected neural network layers. The modification takes into account the fall detection efficiency and the size of the model. In testing, the fall detection system was able to detect falls with an accuracy of 92.12% and a model size of 8.4KB. In addition, factors affecting fall detection accuracy and model size have been demonstrated. When modifying the network structure of the model.**

***Keywords*** **— Tiny Machine Learning, Fall Detection, Deep Learning.**

## I. บทนำ

การล้มยังคงเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญ เนื่องจากการล้มในหลายๆครั้ง อาจส่งผลถึงการเสียชีวิต ถ้าเกิดขึ้นกับผู้ป่วยหรือคนสูงอายุ ดังนั้นในปัจจุบัน มีการพัฒนาเครื่องมือและวิธีการต่างๆ ที่มีวัตถุประสงค์ในการตรวจจับการล้มที่เกิดขึ้นและแจ้งเตือนไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องหรือหน่วยงานทางด้านสาธารณสุขต่างๆ เพื่อให้สามารถเข้าช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงที

เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ตรวจจับการล้มได้พัฒนาขึ้นมา โดยใช้วิธีการตรวจจับการเคลื่อนไหว ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ การตรวจจับการล้มที่อยู่ในที่อยู่อาศัยและการตรวจจับการล้มนอกที่อยู่อาศัย โดยใช้เทคโนโลยีหลายอย่างในการตรวจจับการเคลื่อนไหวเช่น ใช้กล้องวงจรปิดในการจับภาพการเคลื่อนไหวและใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวว่ามีการล้มหรือไม่ วิธีการนี้สามารถใช้ได้ในที่อยู่อาศัยเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวที่สามารถนำไปใช้นอกที่อยู่อาศัยได้ โดยสร้างเป็นอุปกรณ์สวมใส่ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer Sensor) และเซ็นเซอร์วัดการหมุน (Gyro Sensor) และใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวว่ามีการล้มหรือไม่

ในวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจะได้รับการประมวลผลด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) เช่น K-Nearest Neighbors (KNNs) หรือ Support Vector Machine (SVM) หรือ วิธีการเรียนรู้เชิงลึก(Deep learning) เช่น Convolutional Neural Networks (CNNs) โดยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกนิยมใช้กันทั่วไปสำหรับการประมวลผลภาพ แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและนำมาใช้ในการตรวจจับการล้มได้อีกด้วย ข้อเสียของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกคืออาจต้องใช้โปรเซสเซอร์ที่มีการประมวลผลสูง และหน่วยความจำจำนวนมากซึ่งอาจไม่เหมาะกับระบบของอุปกรณ์สวมใส่

ด้วยความสามารถของอุปกรณ์สวมใส่ที่มีจำกัด เนื่องจากได้รับการออกแบบมาสำหรับการทำงานเฉพาะที่กำหนดไว้ โดยมีโปรเซสเซอร์ หน่วยความจำและเซ็นเซอร์ที่จำกัด ดังนั้นสำหรับอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดรูปแบบวิธีการเรียนรู้จึงต้องได้รับการปรับให้เหมาะสม เช่น ลดการคำนวณที่ซับซ้อนที่อุปกรณ์สวมใส่อาจไม่สามารถทำได้ ลดขนาดของข้อมูล หรือการตัดพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญน้อยออก ซึ่งการปรับเปลี่ยนอาจทำให้เสี่ยงต่อความผิดพลาดที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการทำงานลดลง

Tiny Machine Learning (TinyML) เป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นใหม่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดำเนินการของการเรียนรู้ของเครื่องจักรบนอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับหน่วยความจำ กำลังในการประมวลผล และมักใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงาน โดยที่อุปกรณ์ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 32 บิต มีหน่วยความจำน้อยกว่า 500KB และหน่วยความจำแฟลชประมาณ 1 MB สามารถใช้การเรียนรู้ของเครื่องจักรขนาดเล็กได้

การเรียนรู้ของเครื่องจักรขนาดเล็ก ที่ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องมีการปรับรูปแบบการเรียนรู้เชิงลึกให้ทำงานได้บนหน่วยความจำที่มีจำกัด ดังนั้นจึงต้องการเฟรมเวิร์กที่มีประสิทธิภาพและมีโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้เชิงลึกที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันมีเฟรมเวิร์กที่มีการใช้งานอยู่ เช่น TensorFlow Lite Micro [1] CMSIS-NN [2] MicroTVM [3] CMix-NN [4] และTinyEngine [5] เป็นต้น ซึ่งเฟรมเวิร์กข้างต้นมีความสามารถในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้เชิงลึกที่สามารถเรียกใช้งานได้ภายใต้หน่วยความจำขนาดเล็ก

## II. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ออกแบบและเปรียบเทียบแบบจำลองของการเรียนรู้ทางเครื่องจักรขนาดเล็กที่ใช้ในการตรวจจับการล้ม ที่มีขนาดของแบบจำลอง และความแม่นยำในการตรวจจับการล้มที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์สายรัดข้อมือที่มีข้อจำกัดในด้านทรัพยากร

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานนี้ได้เลือกรูปของการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่เรียกว่า TinyML (Tiny Machine Learning) ที่เป็นรูปของการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก เหมาะสมกับการใช้งานในอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร โดยได้เลือกใช้ Tensorflow Lite ของบริษัท Google เป็นเครื่องมือในการพัฒนา ในการพัฒนาระบบการตรวจจับการล้มมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลการล้ม
2. ออกแบบ ฝึกและทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก
3. แปลงแบบจำลองให้ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์
4. นำแบบจำลองไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในขั้นตอนการออกแบบ ฝึกและทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก จะมีการทดสอบเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยโครงสร้างแบบต่างๆ เพื่อหาผลกระทบในด้านของความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของโมเดล เมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร

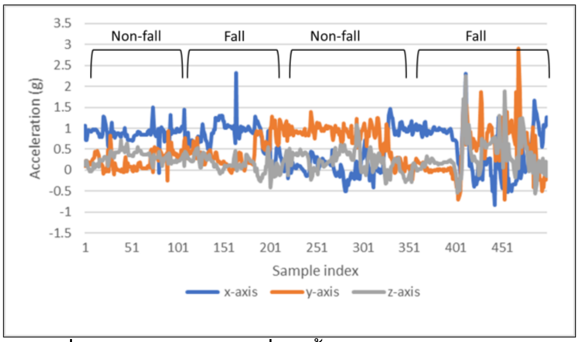
### *III.I การเก็บรวบรวมข้อมูล*

การรวบรวมข้อมูลการล้มเป็นการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับการตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) ที่อยู่ในอุปกรณ์สายรัดข้อมือ M5StickC ที่ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด ESP32-Pico ทำงานที่ความถี่ 240MHz มีหน่วยความจำแฟลชขนาด 4 Mbyte หน่วยความจำแบบ SRAM ขนาด 520 Kbyte และเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง MPU6886 ดังแสดงในรูปที่ 1


รูปที่ I. สายรัดข้อมือ M5StickC

ในการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของแขน ความเร่งจะเกิดขึ้นในแนวแกน X, Y และ Z โดยอิสระ ดังนั้นเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง จะเก็บข้อมูลค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในแนวแกน X, Y และ Z เมื่อเทียบกับแนวระนาบบนพื้นโลก ซึ่งถ้าอยู่ในสภาวะหยุดนิ่งค่าความเร่งจะอยู่ 0 m/s$^2$ แต่ถ้ามีการเคลื่อนไหว ค่าความเร่งจะเพิ่มขึ้นในแต่ละแกน โดยปกติเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งจะให้ค่าออกมาในหน่วย g (gravity) โดยได้จากการนำค่าความเร่งหารด้วยค่าแรงโน้มถ่วงที่ 9.8 m/s$^2$

การเก็บชุดข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด จะสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ความถี่ 20Hz ซึ่งเป็นความถี่ต่ำที่รองรับโดยอุปกรณ์สายรัดข้อมือที่ใช้พลังงานต่ำ โดยให้ผู้เก็บข้อมูลสวมสายรัดข้อมือและเก็บข้อมูลจากรูปแบบการเคลื่อนไหวปกติในชีวิตประจำวันประกอบด้วย การวิ่ง การเดิน การนั่ง การปรบมือ และโบกมือ ข้อมูลชุดนี้ถูกระบุว่าเป็น การเคลื่อนไหวปกติ จากนั้นให้ผู้เก็บข้อมูลคนเดียวกันเก็บข้อมูลจากรูปแบบการล้มบนพื้นที่มีเบาะรองในลักษณะการล้มไปในด้านหน้า หลัง ซ้าย และขวา โดยให้ข้อมูลชุดนี้ถูกระบุว่าเป็นการล้ม โดยลักษณะของข้อมูลในการเคลื่อนไหว เมื่อเป็นการเคลื่อนไหวปกติค่าความเร่งจะไม่สูงมาก แต่ถ้าเกิดการล้มขึ้นค่าความเร่งจะสูงขึ้นในแนวแกนใดแกนหนึ่ง หรือทั้ง 3 แกน ดังแสดงในรูปที่ 2

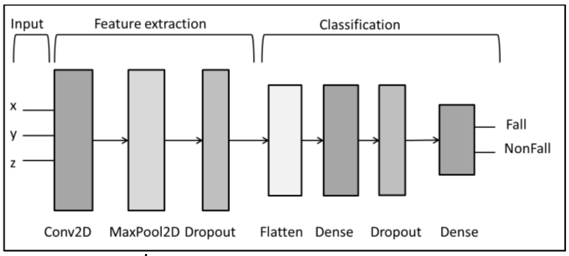



รูปที่ II. ข้อมูลค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในแนวแกน X, Y และ Z

*III.II รูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine learning Model)*

รูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่เลือกนำมาใช้ในงานนี้เป็นรูปแบบ CNN (convolutional neural network) ด้วยคุณสมบัติที่สามารถสกัดคุณลักษณะ (Feature extraction) ได้แบบอัตโนมัติ จากข้อมูลค่าความเร่งที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งในแต่ละแกนได้โดยตรง ซึ่งในรูปแบบการเรียนรู้อื่นๆ เช่น k-Nearest Neighbors หรือ Support Vector Machine (SVM) ต้องใช้การหาค่าทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด หรือ ค่าความแปรปรวน [6-7] มาใช้เป็นข้อมูลคุณลักษณะ เนื่องจากข้อมูลค่าความเร่งที่ได้จากสายรัดข้อมือมีรูปแบบที่หลากหลายและคล้ายกันจำนวนมาก ทำให้การใช้ค่าทางคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอ

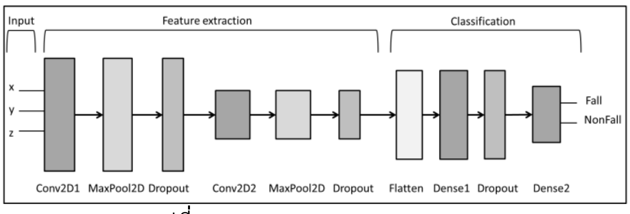
CNN (convolutional neural network) จะมีโครงสร้างภายในพื้นฐาน ดังรูปที่ 3




รูปที่ III. Convolutional neural network

โครงสร้างภายในพื้นฐานของ CNN จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) Input layer (2) Features extraction และ (3) Classification โดยที่ส่วนของ input layer จะรับข้อมูลการเคลื่อนไหวมาจากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง เป็นข้อมูลความเร่งในแนวแกน X Y และ Z โดยข้อมูลที่นำเข้าเป็นการแบ่งข้อมูลเป็นชุดตามช่วงเวลา (Time window) ขนาด 3 วินาที ตามอัตราสุ่มสัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ที่มีช่วงเวลาในการสุ่มต่อครั้งที่ 50 มิลลิวินาที (20Hz) โดยจะได้ค่าความเร่ง 60 จุดต่อ 1 ชุดข้อมูล

ในส่วนของ Features extraction จะประกอบไปด้วย Conv2D เป็น Convolutional layer ขนาด n filters MaxPool2D เป็น Pooling layer ที่ทำให้ขนาดของ Feature Map ลดลง และ Dropout เป็น Dropout layer ที่ใช้ในการสุ่มเปลี่ยนค่าให้ข้อมูลมีค่าเป็น 0 เพื่อช่วยในการฝึกแบบจำลอง และในส่วนของ Classification จะประกอบไปด้วย Flatten layer ใช้เพื่อแปลงข้อมูลหลายมิติให้เป็นมิติเดียว Dense1 เป็น fully connected neural network ขนาด m nodes และ Dense2 เป็น fully connected neural network ขนาด 2 nodes ตามจำนวนคลาสของเอาท์พุท




รูปที่ IV. CNN with Hyperparameter

ซึ่งในงานนี้จะมีการปรับเปลี่ยนค่าขององค์ประกอบ ในโครงสร้างของ CNN โดยมีการเพิ่มกลุ่มของ Convolution layer และปรับขนาดของ filter ดังรูปที่ 4

โดยที่ Input เป็น input layer ที่รับมาจากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง เป็นข้อมูลความเร่งในแนวแกน X Y และ Z

Conv2D1 เป็น Convolutional layer ที่มี filter = 32

Conv2D2 เป็น Convolutional layer ที่มี filter = 8

MaxPool2D เป็น Pooling layer ที่มีขนาดบล็อกในการคำนวณ Feature Map ขนาด 3 x 3

Dropout เป็น Dropout layer ที่กำหนดอัตราการสุ่มไว้ที่ 20%

Flatten ใช้เพื่อแปลงข้อมูลหลายมิติให้เป็นมิติเดียว

Dense1 เป็น fully connected neural network ขนาด 64 nodes

Dense2 เป็น fully connected neural network ขนาด 2 nodes

และเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของแบบจำลอง เมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ในงานวิจัยนี้จะทดสอบการตรวจจับการล้มโดยเปรียบเทียบโครงสร้างของ CNN ที่แตกต่างกันในจำนวนชั้นของ Convolutional ขนาดของ Filter ใน Convolutional layer และจำนวนของ Node ในส่วนของ Fully connected neural network เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของโมเดล โดยกำหนดรูปแบบโครงสร้างให้มีจำนวนชั้น Convolutional จำนวน 1 และ 2 ชั้น โดยให้ Convolutional layer ที่ 1 มีขนาดของ filter เป็นจำนวน 32 และ 64 และให้ Convolutional layer ที่ 2 มีขนาดของ filter เป็นจำนวน 8 16 32 และ 64 และจำนวน node ใน Fully connected neural network layer มีจำนวนเป็น 8 16 32 และ 64 node

*III.III แปลงแบบจำลองให้ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ (Tiny Machine learning Model Converter)*

ในการแปลงแบบจำลองให้ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้เครื่องมือ TensorFlow Lite Converter ซึ่งจะแปลงแบบจำลองให้เป็นรูปแบบที่มีขนาดเล็กสำหรับใช้กับอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำจำกัด และสามารถใช้การปรับลดขนาดของแบบจำลองให้เหมาะสมและช่วยให้ทำงานได้เร็วขึ้นบนอุปกรณ์ขนาดเล็ก

ในการแปลงแบบจำลองของ TensorFlow Lite สามารถปรับปรุงโดยการลดขนาด (Optimization for Size) ของแบบจำลองโดยการแบ่งนับ (Quantization) ด้วยวิธีการแปลงข้อมูลค่าน้ำหนัก ที่อยู่ในรูปแบบของ Floating point 32 bits ให้อยู่ในรูปแบบ 8 bits ในขั้นตอนการแปลงเป็นการแปลงแบบจำลอง CNN ปกติให้เป็นแบบจำลองของ TensorFlow Lite ที่ผ่านการลดขนาด โดยใช้เครื่องมือของ TensorFlow Lite ดังรูปที่ 5

```
converter = tf.lite.TFLiteConverter.from_keras_model(model)
converter.optimizations = [tf.lite.Optimize.OPTIMIZE_FOR_SIZE]
model_tflite = converter.convert()
```

รูปที่ V. การลดขนาดแบบจำลองของ TensorFlow Lite

*III.IV นำแบบจำลองไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Deploy the model to a microcontroller)*

ในการนำไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องแปลงแบบจำลองที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา ให้อยู่ในรูปแบบไบนารี่ ซึ่งจะจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ภาษา C ในลักษณะอาร์เรย์ ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังรูปที่ 6 ในการแปลงข้อมูลจะใช้เครื่องมือที่ชื่อ xxd มาใช้ในการแปลง เนื่องจากในงานนี้ใช้อุปกรณ์สายรัดข้อมือ M5StickC ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด ESP32-Pico ดังนั้นในการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มเป็นการพัฒนาโดยใช้ภาษา C และใช้ Arduino IDE ร่วมกับไลบารี่ Arduino Tensor Flow Lite ESP32 [8] เพื่อใช้ในอุปกรณ์สายรัดข้อมือ M5StickC สามารถทำไปใช้ในการตรวจจับการล้ม

```
unsigned char fallmodel_tflite[] = {
  0x1c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x54, 0x46, 0x4c, 0x33, 0x14, 0x00, 0x20, 0x00,
  0x04, 0x00, 0x08, 0x00, 0x0c, 0x00, 0x10, 0x00, 0x14, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x18, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x14, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x18, 0x00, 0x00, 0x00, 0x2c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x58, 0x01, 0x00, 0x00,
  0x2c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x00, 0x78, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x07, 0x00, 0x00, 0x9c, 0x06, 0x00, 0x00,
// ...
  0x63, 0x6f, 0x6e, 0x76, 0x32, 0x64, 0x5f, 0x69, 0x6e, 0x70, 0x75, 0x74,
  0x3a, 0x30, 0x00, 0x00, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
  0x4b, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00,
  0xfc, 0xff, 0xff, 0xff, 0x04, 0x00, 0x04, 0x00, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00
};
unsigned int fallmodel_tflite_len = 24002;
```

รูปที่ VI. ข้อมูลแบบจำลองในรูปแบบไบนารี

## IV. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจะแสดงถึงค่าความแม่นยำในการตรวจจับการล้มของแบบจำลอง ที่ได้มีการปรับเปลี่ยนขนาดของโครงสร้างภายใน และขนาดของแบบจำลองที่ได้ โดยในการฝึก(Training) และการทดสอบ(Testing) ของแบบจำลองจะใช้ชุดข้อมูลทั้งหมด 470 ชุด โดยมีการแบ่งข้อมูลเป็นการฝึก 75% และการทดสอบ 25%

เพื่อหาผลกระทบในด้านของความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของแบบจำลอง ได้ทดลองปรับเปลี่ยนขนาดของโครงสร้างภายในโดยให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1-2

จากผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของแบบจำลอง จากตารางที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ CNN ที่มี Convolutional layer จำนวน 1 layer ที่มี filter ต่างกัน 2 เท่า ไม่ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับการล้ม เมื่อจำนวน Node ใน Fully connected layer เท่ากัน แต่ความแม่นยำจะลดลงเมื่อมีจำนวน Node ใน Fully connected layer ลดลง และในส่วนของขนาดของแบบจำลองจำนวน Node ใน Fully connected layer และจำนวนของ Filter จะส่งผลโดยตรงกับขนาดของแบบจำลอง โดยที่ขนาดจะเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า เมื่อมีการเพิ่มจำนวน Node และ Filter ขึ้น

ในกรณีที่ CNN ที่มี Convolutional layer จำนวน 2 Layer จะเห็นได้ว่าขนาดของ Filter จะส่งผลถึงความแตกต่างของความแม่นยำในการตรวจจับการล้ม ถ้าจำนวน Filter โดยรวมมีจำนวนมาก สามารถช่วยในการตรวจจับได้มากขึ้น แต่ในกรณีที่ Filter ในแต่ละ Layer ห่างกันมากจะส่งผลให้ความแม่นยำในการตรวจจับการล้มลดลง และจำนวนของ Node ใน Fully connected layer ที่น้อยจะส่งผลให้ความแม่นยำลดลง และในส่วนของขนาดของแบบจำลอง จำนวน Node ใน Fully connected layer และจำนวนของ Filter จะส่งผลโดยตรงกับขนาดของแบบจำลอง แต่เมื่อเทียบกับ CNN ที่มี Convolutional layer จำนวน 1 Layer จะเห็นได้ว่า ขนาดของแบบจำลอง ที่มี Convolutional layer จำนวน 2 Layer มีขนาดที่เล็กกว่าอย่างชัดเจน

ตารางที่ I. ค่าความแม่นยำแบบจำลอง (%)

| No. Filter | No. Nodes of fully connected layer | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 64 | 32 | 16 | 8 |
| **Layer1 = 64** | 97.63 | 96.68 | 95.71 | 93.83 |
| **Layer1 = 32** | 97.36 | 96.16 | 95.14 | 94.85 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 64** | 97.80 | 97.63 | 96.95 | 95.19 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 32** | 97.17 | 96.81 | 96.37 | 95.56 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 16** | 96.60 | 96.30 | 95.71 | 95.10 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 8** | 95.87 | 95.13 | 93.36 | 93.36 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 64** | 97.46 | 97.09 | 96.82 | 95.16 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 32** | 96.74 | 97.35 | 96.15 | 95.17 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 16** | 96.37 | 95.98 | 95.42 | 94.79 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 8** | 96.07 | 95.16 | 94.72 | 92.96 |

ตารางที่ II. ขนาดของแบบจำลอง (KB)

| No. Filter | No. Nodes of fully connected layer | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 64 | 32 | 16 | 8 |
| **Layer1 = 64** | 399.81 | 202.82 | 104.32 | 55.09 |
| **Layer1 = 32** | 201.56 | 102.87 | 53.52 | 28.85 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 64** | 187.73 | 130.00 | 101.14 | 86.71 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 32** | 97.46 | 68.40 | 53.88 | 46.61 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 16** | 52.34 | 37.62 | 30.26 | 26.58 |
| **Layer1 = 64 Layer2 = 8** | 29.78 | 18.45 | 16.56 | 16.56 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 64** | 153.27 | 95.54 | 66.68 | 52.24 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 32** | 79.44 | 50.39 | 35.86 | 28.60 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 16** | 42.37 | 27.72 | 20.36 | 16.68 |
| **Layer1 = 32 Layer2 = 8** | 24.00 | 16.45 | 12.67 | 10.78 |

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่ารูปแบบจำลองที่ใช้ Convolutional layer จำนวน 2 layer โดยที่ให้ Layer ที่ 1 มีขนาดของ Filter = 32 และให้ Layer ที่ 2 มีขนาดของ Filter = 8 และในส่วนของ Classification ให้มี Fully connected neural network ขนาด 64 nodes ให้ค่าความแม่นยำและขนาดของแบบจำลองที่เหมาะสม

ในงานนี้จะนำแบบจำลองที่มีโครงสร้างข้างต้นไปแปลงแบบจำลองให้ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ในอุปกรณ์สายรัดข้อมือ M5StickC และมีการปรับปรุงโดยการลดขนาดด้วยเครื่องมือของ TensorFlow Lite จากนั้นจะทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบใช้สายรัดข้อมือ และทดสอบการล้ม (Fall) 6 รูปแบบ เป็นการล้มไปในด้านหน้า หลัง ซ้าย ขวา ล้มจากการนั่งเก้าอี้ และล้มหลังจากลุกจากเก้าอี้ และการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน (ADL) 5 รูปแบบ เป็นการวิ่ง การเดิน การนั่ง การปรบมือ และโบกมือ โดยแต่ละรูปแบบจะทดสอบจำนวน 30 ครั้ง ในการทดสอบจะเป็นการตรวจจับและ

แยกระหว่างการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันและการล้ม โดยไม่แยกรูปแบบการเคลื่อนไหว โดยผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 3

ตารางที่ III. ผลการทดสอบการทำงานการตรวจจับการล้ม

| | | Predicted | |
|---|---|---|---|
| | | FALL | ADL |
| **Actually** | FALL | 170 | 10 |
| | ADL | 16 | 134 |

ประสิทธิภาพของแบบจำลองจะได้รับการวิเคราะห์และพิจารณาจากตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้กันทั่วไป 3 ตัว ได้แก่ ความไว (sensitivity) ความจำเพาะ(specificity) และความแม่นยำ(accuracy)

ความไว (SE) จะวัดความสามารถของระบบในการตรวจจับการหกล้มเป็นอัตราส่วนของผลการตรวจจับการล้มที่ถูกต้องต่อจำนวนการล้มทั้งหมด สามารถเขียนได้ตามสมการที่ 1

$$SE = \frac{TP}{TP+FN}\ x\ 100 \qquad (1)$$

ความจำเพาะ (SP) เป็นความสามารถของระบบในการตรวจจับการเคลื่อนไหวปกติ สามารถเขียนได้ตามสมการที่ 2

$$SP = \frac{TN}{TN+FP}\ x\ 100 \qquad (2)$$

ความแม่นยำ (Accuracy) เป็นความสามารถของระบบในการแยกความแตกต่างระหว่างการล้มและการไม่ล้ม สามารถเขียนได้ตามสมการที่ 3

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FN+TN+FP}\ x\ 100 \qquad (3)$$

โดยที่ TP (True Positive) หมายถึงเมื่อเกิดการล้มและระบบแจ้งว่าเป็นการล้ม

TN (True Negative) หมายถึงเมื่อการล้มไม่เกิดขึ้นและระบบแจ้งว่าไม่เกิดการล้ม

FP (False Positive) หมายถึงเมื่อการล้มไม่เกิดขึ้น แต่ระบบแจ้งว่าเป็นการล้ม

FN (False Negative) หมายถึงเมื่อเกิดการล้ม แต่ระบบแจ้งว่าไม่เกิดการล้ม

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่ารูปแบบจำลองที่ใช้ Convolutional layer จำนวน 2 layer โดยที่ให้ Layer ที่ 1 มีขนาดของ Filter = 32 และให้ Layer ที่ 2 มีขนาดของ Filter = 8 และในส่วนของ Classification ให้มี Fully connected neural network ขนาด 64 nodes ส่งผลให้รูปแบบจำลองสามารถที่จะแยกความแตกต่างระหว่างการล้มและการไม่ล้มได้ 92.12% โดยที่สามารถบอกถึงการล้มได้อย่างถูกต้อง 94.4% และบอกถึงการเคลื่อนไหวปกติได้อย่างถูกต้อง 89.33% และขนาดของแบบจำลองมีขนาดเพียง 8.4KB

## IX. สรุป

ในงานนี้เสนอวิธีการตรวจจับการล้มโดยใช้อุปกรณ์ที่เป็นสายรัดข้อมือที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32-Pico ทำงานที่ความถี่ 240MHz มีหน่วยความจำแฟลชขนาด 4 Mbyte หน่วยความจำแบบ SRAM ขนาด 520 Kbyte และเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง MPU6886 เพื่อการตรวจจับการเคลื่อนไหว และวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในการตรวจจับการล้ม โดยใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งได้ออกแบบเป็น Convolutional Neural Networks (CNN) แต่เนื่องจากอุปกรณ์สายรัดข้อมือมีทรัพยากรน้อย จึงต้องทำให้เป็นแบบจำลองการเรียนรู้ขนาดเล็ก (Tiny Machine Learning) โดยใช้เฟรมเวิร์ก TensorFlow Lite Micro ของบริษัท Google ในการพัฒนา จากการทดสอบในการใช้งานจริง ระบบตรวจสอบการล้มสามารถตรวจจับการล้มและการเคลื่อนไหวปกติได้ ได้แม่นยำโดยรวมถึง 92.12% โดยที่มีขนาดของแบบจำลองอยู่ที่ 8.4KB ซึ่งมีขนาดเล็กเพียงพอในการทำงานกับอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำจำกัด นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในของแบบจำลอง จำนวนของ Convolutional layer จำนวนของ Filter และ จำนวน Node ใน Fully connected layer จะมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับการล้มและขนาดของแบบจำลอง

## เอกสารอ้างอิง

[1] TensorFlow Lite for Microcontroller. [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/lite

[2] Liangzhen Lai, Naveen Suda, and Vikas Chandra. Cmsis-nn: Efficient neural network kernels for arm cortex-m cpus. arXiv preprint arXiv:1801.06601, 2018

[3] Tianqi Chen, Thierry Moreau, Ziheng Jiang, Lianmin Zheng, Eddie Yan, Haichen Shen, Meghan Cowan, Leyuan Wang, Yuwei Hu, Luis Ceze, et al. {TVM}: An automated end-to-end optimizing compiler for deep learning. In OSDI, 2018.

[4] Alessandro Capotondi, Manuele Rusci, Marco Fariselli, and Luca Benini. Cmix-nn: Mixed low-precision cnn library for memory-constrained edge devices. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 67(5):871–875, 2020.

[5] Ji Lin, Wei-Ming Chen, Yujun Lin, John Cohn, Chuang Gan, and Song Han. Mcunet: Tiny deep learning on iot devices. In NeurIPS, 2020.

[6] J. He, M. Zhou, X. Wang and Y. Han, "A wearable method for autonomous fall detection based on kalman filter and k-nn algorithm", Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) 2016 IEEE, pp. 420-423, 2016.

[7] F. Hussain, F. Hussain, M. Ehatisham-Ul-Haq and M. A. Azam, "Activity-aware fall detection and recognition based on wearable sensors", IEEE Sensor J., vol. 19, no. 12, pp. 4528-4536, Jun. 2019.

[8] Arduino Tensor Flow Lite ESP32. [Online]. Available: https://github.com/tanakamasayuki/Arduino_TensorFlowLite_ESP32

# ระบบตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาโดยใช้สัญญาณ Bluetooth และการเรียนรู้จดจำใบหน้า

# Student Attendance and monitoring System using Bluetooth signal and face recognition techniques

1st อภิรักษ์ ภักดีวงษ์
Apiruk Puckdeevongs
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
ปทุมธานี ประเทศไทย 12000
*Department of Computer Engineering*
*Rangsit university*
Pathum Thani Thailand 12000
Apiruk.pu@rsu.ac.th

2nd ชนินท์ วงษ์ใหญ่
Chanin Wongyai
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
ปทุมธานี ประเทศไทย 12000
*Department of Computer Engineering*
*Rangsit university*
Pathum Thani Thailand 12000
Chanin.w@rsu.ac.th

3rd สมหมาย บัวแย้มแสง
Sommai Buayamsang
*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
ปทุมธานี ประเทศไทย 12000
*Department of Computer Engineering*
*Rangsit university*
Pathum Thani Thailand 12000
Sommai.b@rsu.ac.th

***บทคัดย่อ* — การเข้าเรียนและการใช้เวลาในห้องเรียนของนักศึกษามีความสำคัญมากเพราะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของเรียน ซึ่งในปัจจุบันการเช็คชื่อนักศึกษาในห้องเรียนยังคงใช้การขานชื่อ ซึ่งเสียเวลาในชั่วโมงเรียน และ เพิ่มภาระให้กับผู้สอนโดยไม่จำเป็นยิ่งกว่านั้น ยังไม่สามารถทราบถึงเวลาของนักศึกษาที่อยู่ภายในห้อง ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบ ตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาซึ่งการทำงานร่วมกันของทั้งสองเทคนิคคือ การใช้ ความแรงของสัญญาณบูลทูท (Bluetooth) ของนักศึกษาเพื่อแสดงสถานะเข้าเรียนของนักศึกษา และการระบุตัวตนของนักศึกษาโดยใช้การประมวลผลภาพใบหน้าแบบเรียลไทม์ เพื่อระบุตำแหน่งที่นั่งเรียนภายในห้อง ข้อมูลการเข้าเรียนจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลและสามารถนำเสนอในรูปแบบกราฟ เพื่อช่วยให้อาจารย์ผู้สอนได้ทราบถึงพฤติกรรมการเข้าเรียนของนักศึกษาแต่ละคนได้อย่างแม่นยำ โดยระบบที่นำเสนอได้ทำการทดลองที่สภาพ แวดล้อมจริงภายในห้องแลปคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรังสิต**

***คำสำคัญ* — ระบบตรวจสอบการเข้าเรียน, สัญญาณบลูทูธ, ความแรงของสัญญาณ, การรู้จำใบหน้า**

***ABSTRACT* — Student attendance during class hours is significant since it affects students' academic success. Nowadays, traditional methods of recording class participation in the classroom using roll call. There is wasteful utilization of instructional time, which merely adds to the workload of teachers. Moreover, teachers can't monitor student attendance during class. In this study, we aimed to design and develop a student attendance and monitoring system using Bluetooth signal and face recognition techniques. Class attendance recording uses Bluetooth signal and student identification using real-time face image processing to specify the position of the study seat in the classroom. The attendance recording is saved in the system database and presented in graphic, that help teachers understand students' behavior accurately. The proposed system was tested in a real classroom environment of computer lab Rangsit University.**

***Keywords* — Attendance and monitoring System, Bluetooth signal, Receive signal Strength Indicator, face recognition**

## I. บทนำ

การศึกษาเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาตนเองและคุณภาพชีวิต การไม่เข้าเรียนและการเข้าเรียนไม่ตรงเวลาเป็นพฤติกรรมของผู้เรียนในทุกระดับชั้น โดยเฉพาะการศึกษาในระดับปริญญาตรี การเข้าเรียนให้ตรงเวลาและการใช้เวลาในห้องเรียนมีส่วนสำคัญ ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วน การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ยิ่งกว่านั้น การถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนในห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญมาก ดังนั้นการตรวจสอบรายชื่อการเข้าเรียนของนักศึกษาเป็นส่วนหนึ่งในการกระตุ้นนักศึกษาให้มาเรียนตรงเวลา

ในปัจจุบัน การเรียนการสอนในห้องเรียน ยังคงใช้การเช็คชื่อนักศึกษาในห้องเรียนซึ่งตามปกติใช้การขานชื่อ จะใช้เวลามากเนื่องจากต้องเรียกชื่อเป็นรายบุคคล ยิ่งกว่านั้น เมื่อมีนักศึกษามาเข้าเรียนสาย จำเป็นต้องเช็คชื่อซ้ำ ทำให้การเรียนการสอน หยุดชะงักและรบกวนนักศึกษาคนอื่น หากต้องการแก้ปัญหาขั้นต้นคือเปลี่ยนไปใช้การเซ็นชื่อ แต่วิธีการนี้ทำให้เกิดงานเอกสารที่มากขึ้นหรือเลือกใช้เทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เช่น การ บันทึกลายนิ้วมือ (Finger print) [1-2], การใช้ RFID (Radio-frequency identification) [3-4] และ การใช้ NFC (Near Field Communication) [5-6] สามารถลดเวลาและเอกสารในกระบวนการเช็คชื่อ แต่มีอีกประเด็นที่น่าสนใจอย่างมากคือ ระบบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถบันทักและตรวจสอบเวลาที่นักศึกษาเข้าห้องเรียนได้จริง แต่ไม่สามารถระบุได้ว่านักศึกษาจะอยู่ภายในห้องเรียนตลอดการเรียนการสอน ซึ่ง เมื่อเช็คชื่อเข้าเรียนเรียบร้อยจะมีนักศึกษาบางส่วนที่ออกห้องเรียนหลังจากเช็คชื่อเสร็จ หรือก่อนหมดเวลา และ บางส่วนหายไปในระหว่างการเรียน ส่งผลให้ นักศึกษาไม่ได้รับข้อมูลการเรียนการสอนอย่างครบถ้วน การเรียนรู้ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลการเรียนของนักศึกษา

จากปัญหาดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้แนวคิดที่จะนำเทคโนโลยี Bluetooth มาทำงานร่วมกับกล้องบันทึกภาพ (Webcam) เพื่อออกแบบระบบการตรวจสอบการเข้าเรียน และบันทึกเวลาเรียน รวมถึงสามารถบอกตำแหน่งที่นั่งนักศึกษาขณะเรียนได้ โดยระบบจะใช้ความแรงของสัญญาณ Bluetooth (Bluetooth Receive Signal strength Indicator RSSI) ในการ

ตรวจสอบ การเข้าเรียนของนักศึกษาส่วนการระบุตำแหน่งที่นั่งจะใช้การคำนวนจากภาพถ่ายนักศึกษาขณะเรียนแบบเรียลไทม์

เนื่องด้วยคุณสมบัติของ สัญญาณ Bluetooth มีข้อดีที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้หลายประการคือ ข้อแรกสัญญาณ Bluetooth เป็นสัญญาณที่มีคุณสมบัติในการผ่านสิ่งกีดขวางได้ต่ำจะรับส่งสัญญาณกันได้จำเป็นต้องอยู่ในระยะใกล้กันหรือภายในห้องเดียวกัน , ข้อที่สอง สัญญาณ Bluetooth นิยมใช้ในอุปกรณ์ติดตัวบุคคลหลายประเภทเช่น สมาร์ทโฟน, นาฬิกา, หูฟัง และในปัจจุบันแถบจะกล่าวได้ว่าทุกคนมีอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ Bluetooth ติดตัวและ ข้อที่สาม Bluetooth ไม่จำเป็นต้องตั้งค่าเบื้องต้น[7] จึงมีความเหมาะสมในการใช้เพื่อตรวจสอบการเข้าเรียนและเวลาที่อยู่ภายในห้องเรียน สำหรับการบอกตำแหน่งที่นั่งในขณะเรียน ทางผู้วิจัยได้นำเทคนิคการรู้จำใบหน้า(Face recognition) ในการจดจำคุณลักษณะใบหน้าของบุคคล โดยนำข้อมูลภาพใบหน้ามาทำการหาคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลและบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล สำหรับการระบุตัวตนจะทำโดยการคำนวนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างใบหน้าปัจจุบันกับข้อมูลที่บันทึกในฐานข้อมูล เพื่อตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนร่วมกับ สัญญาณ Bluetooth และบอกถึงตำแหน่งที่นั่งเรียนของนักศึกษา ซึ่งระบบที่ออกแบบขึ้นสามารถช่วยลดเวลาในการเช็คชื่อเนื่องจากเป็นระบบอัตโนมัติ ,ไม่รบกวนบรรยากาศการเรียนการสอน, ป้องกันการเซ็นชื่อทดแทนกันและยิ่งกว่านั้น ระบบยังสามารถบันทึกเวลาเรียนรวมถึงพฤติกรรมการเข้าเรียนของนักศึกษาได้อีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ ส่วนที่ 2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย, ส่วนที่ 3 วิธีดำเนินวิจัยกล่าวถึงแนวคิดการออกแบบและขั้นตอนการพัฒนาระบบ, ส่วนที่ 4 ผลการวิจัยและส่วนที่ 5 สรุปและอภิปราย

## II. วัตถุประสงค์

ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาโดยใช้สัญญาณ Bluetooth และการเรียนรู้จดจำใบหน้า ซึ่งระบบจะใช้สัญญาณ Bluetooth RSSI ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้จดจำใบหน้าของนักศึกษาจากกล้องเว็บแคมที่ติดตั้งกับเครื่องคอมพิวเตอร์แล็ปท็อป(Laptop) ซึ่งเป็นระบบต้นแบบของการบันทึกเวลาของนักศึกษาขณะเรียนภายในห้อง ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของนักศึกษาในชั้นเรียน(เวลาที่เข้าเรียน, ระยะเวลาที่อยู่ในห้องเรียน, ตำแหน่งที่นั่ง) เพื่อทดแทนการเช็คชื่อนักศึกษารูปแบบดั้งเดิม(การขานชื่อและเซ็นชื่อ)และ อำนวยความสะดวกให้กับอาจารย์ในการเรียกดูข้อมูลของนักศึกษา

## III. วิธีดำเนินวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวข้องกับการออกแบบขั้นตอนวิธีและพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนและมอนิเตอร์นักศึกษาภายในห้องเรียน เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมการเข้าเรียนรวมถึงตำแหน่งที่นั่งของนักศึกษา และทำการบันทึกในฐานข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาผ่านแอปพลิเคชัน (application) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงภาพรวมการทำงานของระบบ, เครื่องมือและสถาพแวดล้อม, การตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้สัญญาณ Bluetooth ,เทคนิคการรู้จำใบหน้าและการคำนวนตำแหน่ง

### *III.I. ภาพรวมการทำงานของระบบ*

ระบบบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาภายในห้องเรียน มีองค์ประกอบแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ระบบการบันทึกการเข้าชั้นเรียนโดยใช้สัญญาณ Bluetooth RSSI และ ระบบการตรวจสอบตำแหน่งที่นั่งโดยใช้ภาพถ่าย ในขั้นตอนก่อนระบบทำงานจะต้องทำการสร้างฐานข้อมูลของนักศึกษาและรายละเอียดของแต่ละวิชาโดยอาจารย์ทำการกำหนดรายละเอียดวิชา จำนวนผู้เรียน เวลาเรียน แสดงที่หมายเลข1 ในรูปที่1หลังจากนั้น นักศึกษาต้องบันทึกข้อมูลของตนเอง, บันทึกภาพถ่ายหน้าตนเอง (ไม่สวมหน้ากากอนามัย) และหมายเลข MAC address ของอุปกรณ์Bluetooth ที่ใช้สำหรับการเช็คชื่อลงในระบบ ให้เรียบร้อยแสดงที่หมายเลข2 ในรูปที่1

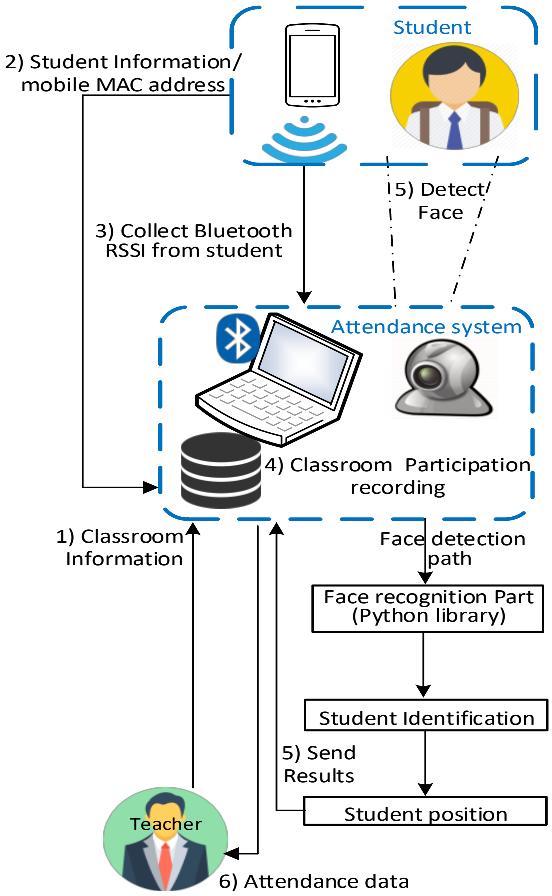
เมื่อระบบเริ่มทำงาน เครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณ Bluetooth ไปตามหมายเลข Mac address ของอุปกรณ์Bluetooth ของนักศึกษา ที่ลงทะเบียนไว้ในฐานของมูลของวิชานั้นๆ โดยระบบจะพิจารณาจากการตอบกลับของอุปกรณ์Bluetooth หากมีการสัญญาณตอบกลับระบบจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตอบกลับรวมถึงค่า Bluetooth RSSI ว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ (บ่งบอกถึงนักศึกษาอยู่ภายในหรือภายนอกห้องเรียน) เพื่อทำเป็นข้อมูลที่ใช้การเข้าเรียน ประกอบด้วยข้อมูลชื่อ, นามสกุล, รหัสนักศึกษาและเวลา ส่งไปบันทึกลงในฐานข้อมูลแสดงที่หมายเลข4 ในรูปที่1 โดยกำหนดให้มีการบันทึกข้อมูลทุก 1 นาที

กระบวนการระบุตำแหน่งของนักเรียนเริ่มจากกล้อง webcam เริ่มทำงานทำการบันทึกภาพตามช่วงเวลาที่กำหนด ในระหว่างเรียน นำภาพที่ได้เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้จดจำใบหน้า (ในรูปที่1 ส่วน Face recognition Part)โดยเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบที่ดึงมาจากฐานข้อมูล ผล ลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบคือ ข้อมูลที่ระบุตัวตนของนักศึกษา (ในรูปที่1 ส่วน Student identification) และเวลาปัจจุบันรวมถึงตำแหน่งที่นั่ง (ในรูปที่1 ส่วน student position)หมายเลข5 ในรูปที่1บันทึกลงในฐานข้อมูลร่วมกับข้อมูลการเข้าเรียน โดยกำหนดให้ ระบบบันทึกเวลาและคำนวนตำแหน่งจากภาพถ่ายทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที

ระบบจะทำการถ่ายภาพโดยกล้องจะถูกติดตั้งไว้หน้าโต๊ะเรียน ใน 1 ภาพประกอบด้วยนักศึกษา 3 คน เป็นภาพใบหน้าไม่สวมหน้ากากอนามัย (1 โต๊ะมีนั่งนักศึกษา 3คน) ทำFace detection และส่งภาพไปสู่การทำ Face recognition ซึ่งในส่วนโปรแกรม Python ทำการดึงข้อมูลรูปหน้านักศึกษาภายในห้องเรียนมาเปรียบเทียบรูปหน้านักศึกษาในฐานข้อมูล [8] โดยผลที่ได้จากขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- ผลไม่พบนักศึกษาที่มีอยู่ในฐานข้อมูล (นักศึกษาไม่อยู่ในห้องหรือ ไม่ได้ลงทะเบียนในระบบ) ระบบจะทำการตรวจสอบใหม่ โดยจะกลับไปเริ่มทำกระบวนถ่ายภาพและ Face recognition โดยจะวนทำทั้งหมด 2 รอบ เพื่อยืนยันผล
- ผลพบนักศึกษาที่มีอยู่ในฐานข้อมูล จะส่งผลลัพธ์ รหัสนักศึกษา เวลา และตำแหน่งของนักศึกษา จากนั้นนำไปบันทึกลงฐานข้อมูล

เมื่อสิ้นจบการเรียน อาจารย์จะกดหยุดการทำงานของระบบ ระบบจะทำการประมวลผลเพื่อ แสดงข้อมูลนักศึกษา, ตำแหน่งที่นั่งและเวลา ที่อยู่ในห้องเรียน หมายเลข6 ในรูปที่1 โดยข้อมูลสามารถแสดงถึงข้อมูลเข้าเรียนและอาจารย์สามารถเรียกดูย้อนหลังจาก ฐานข้อมูลซึ่งแสดงรายละเอียดข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาโดยแสดงเป็นข้อมูลการเข้าเรียนซึ่งสามารถแสดงผลเป็นกราฟได้




รูปที่ 1. ภาพรวมการทำงานของระบบ

*III.II . เครื่องมือ/วิธีการ*

ระบบบันทึกการเข้าเรียนเป็นแอปพลิเคชัน ที่ถูกติดตั้งไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมกับกล้อง webcam ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับออกแบบพัฒนาและทดสอบระบบ
- CPU intel core i7-9750 2.6 GHZ, RAM DDR3 16 GB, HDD 1TB ใช้สำหรับออกแบบพัฒนาและทดสอบระบบ
- Camera webcam ใช้สำหรับถ่ายภาพนักศึกษา ความละเอียด Full HD 1080p (สูงสุด 1920 x 1080 พิกเซล)
- โปรแกรม PyBluez [9] สำหรับการเชื่อมต่อ Bluetooth
- โปรแกรม Idle Python 3.9.8 [10] สำหรับเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับ Bluetooth โดยใช้ PyBluez Module [9]และการเรียนรู้ จดจำใบหน้า โดยใช้ Face Recognition Library
- โปรแกรม Microsoft Visual Studio Community 2019 เวอร์ชั่น 16.11 [11]ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมส่วน User Interface ด้วยภาษา C#
- โปรแกรม SQLite Studio เวอร์ชั่น 3.36.0 [12]ใช้สร้าง และจัดการฐานข้อมูล ด้วยภาษา SQL (Structured Query Language)

สถานที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ (Computer Lab) ของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิตขนาด 63 ตารางเมตร(7เมตร x 9 เมตร) โดยเลือก ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ Laptop ซึ่งเป็นตัวประมวลผลหลักของระบบแสดงดังรูปที่1 รวมถึงทำหน้าที่ ปล่อยสัญญาณ Bluetooth เพื่อใช้สำหรับระบบเช็คชื่อและเชื่อมต่อกับกล้อง webcam ที่โต๊ะเรียนภายในห้องแลป(1 โต๊ะนั่งได้ 3คน)จำนวน 1 โต๊ะเป็นที่ทดลอง และจุดติดตั้งกล้อง webcam มีระยะห่างประมาณ1.5 เมตรโดยหันหน้าเข้าหานักศึกษาเพื่อบันทึกภาพ แสดงดังรูปที่2 ที่ตำแหน่งนั่งนักศึกษา มีระยะห่างกันประมาณ 20-30 เซนติเมตร

*III.II.I. การทำงานในส่วนของการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้สัญญาณ Bluetooth*

การทำงานในส่วนนี้สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นส่วนของการหาช่วงความแรงของสัญญาณ Bluetooth (ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด)ที่เกิดขึ้นภายในห้องโดยผู้วิจัยการวัดค่าความแรง Bluetooth ตามจุดที่กำหนดไว้ โดยแบ่งจุดวัดสัญญาณเป็น Grid ขนาด (1 เมตร x 1เมตร) ทั่วพื้นที่ห้องทดลอง เนื่องจากสัญญาณมีการสั่นไหวค่อนข้างมากผู้วิจัยจึงใช้ค่าเฉลี่ยจากสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละจุด

ส่วนที่สองคือส่วนของการตรวจสอบการเข้าเรียน โดยระบบจะส่งสัญญาณ Bluetooth โดยมีปลายทางเป็นหมายเลข Mac address ของอุปกรณ์ Bluetoothของนักศึกษา ถ้าตรงหมายเลข Mac address ของอุปกรณ์ Bluetoothภายในห้องตรงกับเลข Mac address ของสัญญาณ Bluetooth ก็จะมีการตอบกลับ โดยในสัญญาณที่มีการตอบกลับมีข้อมูลที่สำคัญดังนี้คือ Mac address โทรศัพท์มือถือของนักศึกษา, Version Bluetooth, Device Name Time stamp และ RSSI (Received Signal Strength Indication) แสดงที่หมายเลข3 ในรูปที่1 นำค่า RSSI ที่ได้รับมาเปรียบเทียบว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ หากค่าRSSI อยู่ในช่วงที่กำหนดแสดงว่านักศึกษาอยู่ภายในห้อง และถ้าสัญญาณที่ตอบกลับมีค่า RSSI ต่ำกว่าที่กำหนดหรือไม่มีการตอบกลับจากอุปกรณ์ Bluetoothของนักศึกษาแสดงว่านักศึกษาอยู่ภายนอกห้องเรียน บันทึกค่าสถานะของนักศึกษาลงในฐานข้อมูล ซึ่งการรับส่งข้อมูลของสัญญาณ Bluetooth จะใช้โหมดดิสคอฟเวอรี่ (Discovery Mode) [9] โดยในโหมดนี้อุปกรณ์ที่อยู่ในบริเวณที่ได้รับสัญญาณจะทำการตอบกลับเสมอโดยไม่จำเป็นต้องมีการ Pair อุปกรณ์

*III.II.II. การทำงานในส่วนของการเรียนรู้และจดจำใบหน้า*

การทำงานของโปรแกรมจดจำใบหน้า จะตรวจจับค้นหาคุณสมบัติใบหน้าในรูปภาพบนใบหน้าซึ่งแต่ละบุคคล ซึ่งจะมีความแตกต่างกันออกไป อาทิเช่น ตา,คิ้ว,คาง เป็นต้น ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำการหาคุณลักษณะพิเศษด้วยเทคนิค Scale-Invariant Features Transform (SIFT) [13] ซึ่งเป็นการคำนวณหา จุดสำคัญ (Key point) จากรูปภาพเพื่อนำค่าไปเปรียบเทียบว่าใกล้เคียงกับรูปบุคคลใดมากที่สุด

โดยวิธีการของ SIFT จะสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

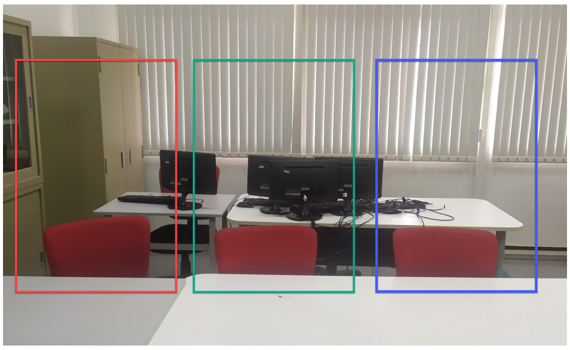
- การหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection) เป็นการเราจะเริ่มด้วยการหาลักษณะเด่นของภาพที่ไม่ขึ้นกับขนาดหรือทิศทาง โดยจะใช้วิธีการเบลอ (Blur) ภาพด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Function) ไปในแต่ละขั้น (Octave)
- การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoint localization) จากการหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทางในขั้นตอนก่อนหน้า นำมาหาจุดที่น่าจะเป็นลักษณะสำคัญของภาพ โดยเราจะทำการจับคู่ภาพของแต่ละ Octave มาหาความต่างของแต่ละผลลัพธ์ที่ได้จากการ Blur (Difference of Gaussian : DoG) และทำจนครบทุก Octave
- การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (Orientation assignment) ทำการเก็บรวบรวมขนาด m(x,y) และ ทิศทาง $\Theta$(x,y) ของ gradient

ของบริเวณรอบๆ keypoints เพื่อที่จะกำหนดทิศทางให้ keypoint นั้นๆ

- การสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ (Keypoint descriptor) โดยใช้ ข้อมูลทิศทางรอบ keypoint นำมาสร้างเป็น histogram เมื่อคำนวนเสร็จสิ้นจะได้ feature vector ของแต่ละ keypoint (128 จำนวน) แล้วนำค่าไปเปรียบเทียบว่าใกล้เคียงกับรูปบุคคลใดมากที่สุด

*III.II.III. การคำนวนหาตำแหน่งของนักศึกษา*

การคำนวนตำแหน่งที่นั่งของนักศึกษาภายในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ทำงานต่อจากการคำนวนหาใบหน้านักศึกษา (ใบหน้าในภาพไม่สวมหน้ากากอนามัย หรือ อื่นๆ) เมื่อคำนวนหาตำแหน่งใบหน้าในภาพได้ จึงนำพิกัดตำแหน่งไปเปรียบเทียบกับกรอบตำแหน่งที่นั่งของนักศึกษาที่กำหนดไว้ กรอบตำแหน่งที่นั่งแสดงเป็นสีแดงตำแหน่ง A1 สีเขียวตำแหน่ง A2 และ สีน้ำเงินตำแหน่ง A3 ในรูปที่ 2



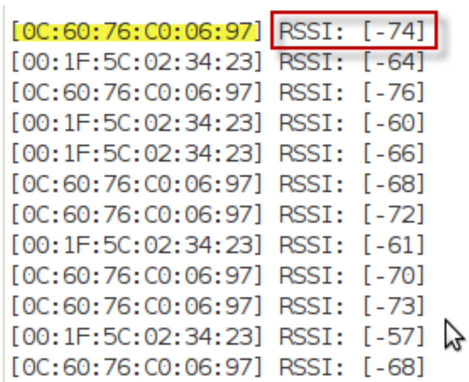
รูปที่2 ภาพที่ได้จากกล้องพร้อมกับกรอบแสดงตำแหน่งที่นั่งของนักศึกษา

IV. ผลการวิจัย

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการทดสอบการทำงานของระบบในแต่ละส่วนประกอบด้วย การอ่านค่าสัญญาณ Bluetooth RSSI, การเรียนรู้และจดจำใบหน้า และ การทำงานของระบบ

*IV.I. การทดสอบการอ่านค่าสัญญาณ Bluetooth RSSI*

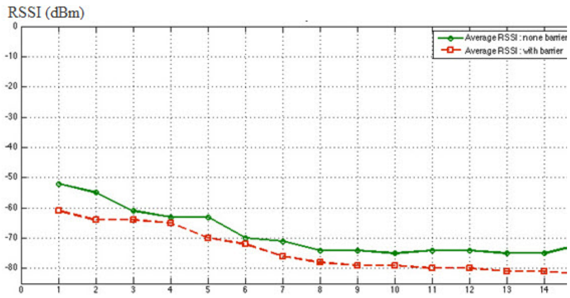
ระบบทำการอ่านค่าความแรงของสัญญาณ Bluetooth RSSI ที่ตอบกลับมาจากอุปกรณ์ของนักศึกษาภายในห้องแสดงดังรูปที่ 3 มีการอ่านค่าสัญญาณ Bluetooth RSSI จาก โทรศัพท์มือถือของนักศึกษา 2 เครื่อง



```
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-74]
[00:1F:5C:02:34:23] RSSI: [-64]
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-76]
[00:1F:5C:02:34:23] RSSI: [-60]
[00:1F:5C:02:34:23] RSSI: [-66]
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-68]
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-72]
[00:1F:5C:02:34:23] RSSI: [-61]
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-70]
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-73]
[00:1F:5C:02:34:23] RSSI: [-57]
[0C:60:76:C0:06:97] RSSI: [-68]
```

รูปที่ 3 ค่าสัญญาณ Bluetooth RSSI

การทดสอบความแรงสัญญาณ Bluetooth ในงานวิจัยครั้งนี้ได้คำนึงถึงการลดทอนความแรงของสัญญาณ โดยพิจารณาจากระยะห่างระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับ และ ตำแหน่งของอุปกรณ์ Bluetooth ที่ติดตัวนักศึกษา (ในการทดลองใช้ สมาร์ทโฟน Xiaomi Redmi Note 7) เนื่องจากตำแหน่งของอุปกรณ์และร่างกายของมนุษย์เป็นสิ่งกีดขวางมีผลกับ ความแรงสัญญาณ Bluetooth ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 4 เป็นวัดค่า Bluetooth RSSI ที่เครื่องรับ(แกนตั้ง RSSI)โดย มีระยะห่างจากเครื่องส่ง (แกนนอน Distance) เส้นสีเขียวแสดงถึงค่า Bluetooth RSSI ที่เครื่องรับโดยอุปกรณ์ Bluetooth เครื่องส่งหน้าเข้าหาเครื่องรับ( Line of sight) และเส้นสีแดงเป็นค่า Bluetooth RSSI โดยมี สิ่งกีดขวางที่เป็นร่างกาย (นักศึกษายืนบังระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง)




รูปที่ 4 ค่าสัญญาณ Bluetooth RSSI กับระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ Bluetooth

จากผลการทดลองในรูปที่ 4 จะเห็นว่า ตำแหน่งของอุปกรณ์และสิ่งกีดขวางที่เกิดจากร่างกายมีผลโดยตรงต่อ Bluetooth RSSI ในทุกระยะห่าง และระยะที่มากกว่า 10 เมตรจะต่ำมากน้อยกว่า -80 dBm และความถี่ของสัญญาณน้อยกว่า 0.5 Hz (น้อยกว่า 2 ครั้งต่อวินาที) .:ซึ่งเพียงพอสำหรับงานวิจัยเนื่องจากขนาดของห้องทดสอบที่มีขนาดน้อยกว่า 10 เมตร และมีการมีการเช็คชื่อนักศึกษาทุก 1 นาที

*IV.II. การทดสอบเรียนรู้และจดจำใบหน้า*

ในการทดลองได้ตรวจสอบความถูกต้องของใบหน้าของนักศึกษาในอิริยาบทที่แตกต่างกันขณะเรียนเปรียบเทียบกับรูปภาพนักศึกษาที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูล ซึ่งแบ่งเป็นสองกรณีคือ กรณีแรกเปรียบเทียบกับรูปภาพต้นแบบหน้าตรง 1 รูป และกรณีที่สองเปรียบเทียบกับรูปภาพต้นแบบ 3 รูป (หน้าตรง, หันซ้าย, หันขวา) ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 1 เป็นการประมวลผลค่าความแม่นยำคิดเป็นเปอเซ็นต์ (%) จากการเปรียบเทียบจุดสำคัญเฉพาะบนใบหน้า 128 จุด(แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ รูปแบบละ3ครั้ง)ของเปรียบเทียบระหว่างรูปภาพต้นแบบ 1 ภาพและต้นแบบ 3 ภาพ

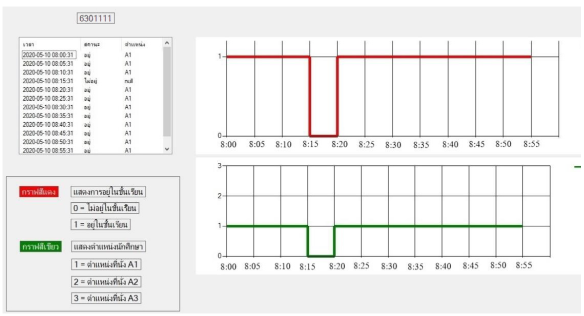
ตารางที่ 1. แสดงค่าความแม่นยำในการเรียนรู้จดจำใบหน้า

| ผลเปรียบเทียบ / ใบหน้าขณะเรียน | รูปต้นแบบ 1 ภาพ | | รูปต้นแบบ 3 ภาพ | |
|---|---|---|---|---|
| | ความแม่นยำ % | เวลา (Sec) | ความแม่นยำ % | เวลา (Sec) |
| หน้าตรง | 85.88 | 20.4 | 76.53 | 88.5 |
| หันขวา | 69.30 | 19.5 | 72.10 | 86.3 |
| หันซ้าย | 69.47 | 19.7 | 71.51 | 86.8 |
| ก้มหน้า | - | 21 | - | 90.6 |
| เงยหน้า | - | 20.8 | - | 91.2 |

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบใบหน้ากับภาพในฐานข้อมูลทั้งสองรูปแบบพบว่า ในอิริยาบทมี่นักศึกษาก้มหน้าและเงยหน้าไม่สามารตรวจจับใบหน้าได้ ผลจึงเป็น 0% และเวลาที่ใช้ในการประมวลเปรียบเทียบ1 ภาพใช้เวลาประมาณ 20 วินาที ส่วนการประมวลผลเปรียบเทียบ 3 ภาพ.จะใช้เวลาประมวลผลเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 3ถึง4 เท่าตัว ในส่วนของค่าความแม่นยำในทุกอิริยาบทเปรียบเทียบกับ1 ภาพ มีค่าเฉลี่ย 74.88 % เวลาเฉลี่ย 19.86 วินาที และเมื่อเปรียบเทียบกับ 3 ภาพ มีค่าเฉลี่ยคือ 73.39 % เวลาเฉลี่ย 87.2 วินาที เมือพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยในทุกอิริยาบทแล้วพบว่าค่าความแม่นยำในการเปรียบเทียบมีค่าใกล้เคียงกันแต่ใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่ามาก ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้ ภาพหน้าตรง1 ภาพในระบบการเรียนรู้และจดจำใบหน้าเนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้

*IV.III. ทดสอบระบบการตรวจสอบเวลาเข้าเรียนและตำแหน่งที่นั่ง*

เมื่อเริ่มทดสอบการทำงาน ระบบจะมีการบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนจากสัญญาณ Bluetooth RSSI ร่วมกับ Webcam ตลอดการเรียนการสอน และประมวลผลข้อมูลการเข้าเรียนทั้งหมดบันทึกไว้ในฐานข้อมูลมีโดยรายละเอียดข้อมูลดังนี้คือ การเข้าเรียน, เวลาที่อยู่ภายในห้องเรียน, ตำแหน่งที่นั่งเรียน และสามารถนำมาแสดงผลในรูปแบบกราฟแสดงดังรูปที่ 5 กราฟสีแดง บ่งบอกเวลาการอยู่ในชั้นเรียน ค่า 1 หมายความว่าอยู่ในชั้นเรียน ค่า 0 หมายความว่าไม่อยู่ในชั้นเรียนและกราฟสีเขียว บ่งบอกตำแหน่งนักศึกษาที่อยู่ในชั้นเรียนในเวลานั้นๆ แกน y แสดงตำแหน่งที่นั่ง 1 หมายความว่าอยู่ตำแหน่งที่ A1 2หมายความว่าอยู่ตำแหน่งที่ A2 3 หมายความว่าอยู่ตำแหน่งที่ A3 และ 0 หมายความไม่อยู่ในชั้นเรียนจึงไม่มีตำแหน่งแสดง



รูปที่ 5 ข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษา

## VII. สรุปและอภิปราย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาโดยใช้สัญญาณ Bluetooth และการเรียนรู้จดจำใบหน้า ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองจัดเก็บพฤติกรรมการเข้าเรียนของนักศึกษาและตำแหน่งที่นั่ง ซึ่งระบบที่นำเสนอนั้นเป็นการทำงานร่วมกันของทั้งสองเทคนิคเพื่อการตรวจสอบการเข้าเรียนคือ เทคนิคการใช้ สัญญาณ Bluetooth RSSI ซึ่งเป็นการใช้คุณสมบัติความแรงของสัญญาณในการบอกถึงระยะใกล้-ไกลของอุปกรณ์ Bluetooth ของนักศึกษาซึ่งสามารถรองรับการตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาได้จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น อีกเทคนิคคือการเรียนรู้จดจำใบหน้าผู้เรียน ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายของนักศึกษาแบบเรียลไทม์ซึ่งสามารถตรวจสอบการเข้าเรียนได้เช่นกันและยังสามารถระบุตำแหน่งที่นั่งเรียนได้อีกด้วย แต่การประมวลผลภาพใช้เวลาพอสมควร ผู้วิจัยจึงออกแบบให้ทำงานคู่กันที่เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากสัญญาณ Bluetooth และ ปัญหาที่เกิดจากการประมวลผลภาพ ส่งผลให้ระบบมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น พร้อมบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนเพื่อแสดงผลในรูปแบบกราฟ ช่วยให้อาจารย์ผู้สอนได้ทราบถึงพฤติกรรมการเข้าเรียนของนักศึกษาแต่ละคนได้อย่างแม่นยำ และช่วยภาระของอาจารย์ผู้สอนในการขานชื่อ รวมถึงไม่รบกวนเวลาในคาบเรียนอีกด้วย

ผู้วิจัยได้พบว่าหากมีการสนับสนุน การเก็บรวมรวมข้อมูลพฤติกรรมการเข้าเรียนของนักศึกษา สามารถนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน ได้เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเข้าชั้นเรียนมีผลต่อผลการเรียนในแต่ละรายวิชาหรือไม่ หรือความสัมพันธ์ระหว่างที่นั่งเรียนกับผลการเรียนของนักศึกษามากน้อยเพียงใดเป็นต้น

แนวทางที่สามารถพัฒนาต่อไปได้คือ ในการทดสอบควรพิจารณาถึงตำแหน่งของอุปกรณ์ Bluetooth ติดตัวของนักศึกษาเนื่องจาก ร่างกายของนักศึกษามีผลต่อความเข้มของสัญญาณและการปรับปรุงเทคนิคในการระบุตัวตนให้มีความแม่นยำมากขึ้นแม้ว่าผู้ใช้งานจะอยู่ในอิริยาบทที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะนำความรู้ด้าน deep learning มาประยุกต์ใช้

## เอกสารอ้างอิง


[1] M. D. Rahmatya and M. F. Wicaksono, “Design of Student Attendance Information System with Fingerprints,” IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 662, no. 2, p. 22039, 2019.

[2] N. I. Zainal, K. A. Sidek, T. S. Gunawan, H. Manser, and M. Kartiwi, “Design and development of portable classroom attendance system based on Arduino and fingerprint biometric,” in The 5th International Conference on Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M), 2014, pp. 1–4.

[3] H. D. Rjeib, N. S. Ali, A. Al Farawn, B. Al-Sadawi, and H. Alsharqi, “Attendance and information system using RFID and web-based application for academic sector,” Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl., vol. 9, no. 1, 2018.

[4] S. Nainan, R. Parekh, and T. Shah, “RFID technology based attendance management system,” arXiv Prepr. arXiv1306.5381, 2013.

[5] C. B. Chew, M. Mahinderjit-Singh, K. C. Wei, T. W. Sheng, M. H. Husin, and N. Malim, “Sensors-enabled smart attendance systems using NFC and RFID technologies,” Int. J. New Comput. Arch. Appl, vol. 5, pp. 19–29, 2015.

[6] M. A. Mohandes, “Class Attendance Management System Using NFC Mobile Devices,” Intell. Autom. Soft Comput., vol. 23, no. 2, pp. 251–259, Apr. 2017.

[7] A. Puckdeevongs, N. K. Tripathi, A. Witayangkurn, and P. Saengudomlert, “Classroom Attendance Systems Based on Bluetooth Low Energy Indoor Positioning Technology for Smart Campus,” *Information* , vol. 11, no. 6. 2020.

[8] อภิรักษ์ ภักดีวงษ์ “ระบบรู้จำใบหน้าเพื่อการเช็คชื่อในชั้นเรียน”, วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต, Vol.24 No.1 , January - June 2021.

[9] *PyBluez* (2019). PyBluez Accessed: Nov 19,2021. [Online]. Available: https://pybluez.readthedocs.io/en/latest/index.html

[10] *Python*.(3.9.8). Python. Accessed: Nov 5,2021. [Online]. Available: https://www.python.org/downloads/

[11] *Visual Studio 2019* (16.11). Visual Studio Community 2019. Accessed: Oct 5,2021. [Online].Available: https://visualstudio.microsoft.com/downloads/

[12] *SQLite* (3.36.0) SQLite Accessed: Oct 10,2021. [Online].Available: https://www.sqlite.org/index.html

[13] H. S. Mohana and U. M., “Smart Digital Monitoring for Attendance System,” in *2018 International Conference on Recent Innovations in*

*Electrical, Electronics & Communication Engineering (ICRIEECE)*, 2018, pp. 612–616.

# การออกแบบกรอบแนวคิดสำหรับระบบประมูลรังนกแอ่นกินรังด้วยบล็อคเชน

# A Design Framework for E-Auction of Edible-Nest Swiftlet Using Blockchain

1st กันต์ธีร์ เจริญเศรษฐศิลป์
Kantee Charoensedtasin
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
ch.kantee.st@tni.ac.th

2nd ศรายุทธ นนท์ศิริ
Sarayut Nonsiri
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
sarayut.n@tni.ac.th

3rd อรรณพ หมั่นสกุล
Annop Monsakul
*คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี*
*สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ วิทยาเขตอีอีซี*
จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย
annopmon@pim.ac.th

***บทคัดย่อ* — นกแอ่นกินรังถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ของประเทศไทยที่ภาครัฐได้ดำเนินการส่งเสริมในการเพาะเลี้ยงภายในอาคารฟาร์มนกแอ่นกินรังและสามารถทำการซื้อขายรังนกได้แบบถูกกฎหมาย โดยการซื้อขายในปัจจุบันจะเป็นรูปแบบการประมูลของกลุ่มเกษตรกรในแต่ละจังหวัดและส่งออกผ่านบริษัทที่มีบันทึกข้อตกลง (MOU) กับประเทศจีนเท่านั้น และจากสถานการณ์โควิด-19 ที่ไม่สามารถจัดการประมูลได้และส่งผลกระทบกับรายได้การส่งออกและราคารังนกดิบหน้าฟาร์มตกต่ำ จากปัญหาดังกล่าวบทความวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบกรอบแนวคิดสำหรับระบบประมูลรังนกแอ่นกินรังที่มีความน่าเชื่อถือด้วยเทคโนโลยีบล็อคเชนที่สามารถนำไปพัฒนาระบบประมูลรังนกแอ่นกินรังตามความเหมาะสมในแต่ละลานประมูล โดยระบบถูกออกแบบให้มี Back-End, Front-End, Database และ Hyperledger Fabric ที่สามารถรองรับการส่งข้อมูลแบบ RESTFUL API บนบริการของ Cloud Platform ได้**

***คำสำคัญ* — นกแอ่นกินรัง, กรอบแนวคิด, ระบบประมูล, บล็อคเชน**

***ABSTRACT* — In Thailand, the Swiftlet is a new economic animal that the government has encouraged to be cultivated within the swallow nest farm building and can legally sell bird nests. For farmers' associations in each province, the present trade will be a type of auction. And only via corporations with a Memorandum of Understanding (MOU) with China are they exported. , as well as the COVID-19 predicament The farm's failure to handle the auction, which has a negative impact on export revenue, as well as the low price of raw bird nests in front of the farm. Based on the aforementioned issues, this research article developed a conceptual framework for a dependable e-auction of edible-nest swiftlet using blockchain technology, which may be utilized to construct an edible-nest swiftlet auction system that is suited for each auction yard. This system includes a Back-End, Front-End, Database, and Hyperledger Fabric to enable RESTFUL API data transfer on Cloud Platform services.**

***Keywords* — Swiftlet, Framework, E-Auction, Blockchain.**

## I. บทนำ

ปัจจุบันรังนกแอ่นกินรังเป็นอาหารที่เชื่อว่าสามารถเสริมสุขภาพและบำรุงร่างกาย มีสารประกอบที่มีคุณค่าต่อร่างกาย ช่วยกระตุ้นเม็ดเลือดขาวให้ผลิตสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและไวรัส จึงทำให้รังนกแอ่นกินรังนั้นมีมูลค่าสูง โดยมูลค่ารังนกนกแอ่นกินรังมีการแบ่งระดับของราคาต่อกิโลกรัมโดยประมาณเป็น 4 ระดับ คือ เกรด A หรือเรียกว่า รังเปล หรือรังถ้วย ราคาอยู่ระหว่าง 45,000 - 50,000 บาท, เกรด B หรือรังถ้วย ราคา 40,000 - 45,000 บาท, เกรด C หรือรังมุม ราคา 35,000 - 40,000 บาท และเกรด D หรือรังไม่สมบูรณ์ ราคา 25,000 - 35,000 บาท ตามลักษณะทางกายภาพของรังนกแอ่นกินรัง จึงมีการนำรังนกแอ่นกินรังมาประมูลกันตามแต่ละภูมิภาคของกลุ่มเกษตรกร ในปัจจุบันประเทศที่มีการนำเข้ารังนกที่ใหญ่ที่สุด คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี พ.ศ. 2560 การซื้อขายรังนกเฉพาะบนแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซของอาลีบาบา มีมูลค่ากว่า 1.48 พันล้านหยวน (มูลค่าประมาณ 7.4 พันล้านบาท) [6] โดยราคารังนกเกรด A ในประเทศจีนแล้วราคาจะสูงกว่า 10 เท่าจากราคาในประเทศไทย ดังรูปที่ 1


รูปที่ 1 รังนกเกรด A

ในสถานการณ์ปัจจุบันมีความพยายามผลักดันของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์กับสมาคมการค้าผู้ผลิตและค้ารังนกแอ่น (ประเทศไทย) ที่ได้มีการหารือเรื่องความต้องการรังนกจากต่างประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง เป็นจำนวนมากและส่งผลให้ราคารังนกปรับตัวสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรไทยหันมาประกอบอาชีพทาฟาร์มเพาะเลี้ยงนกแอ่นกินรัง (รังนกบ้าน) ทั่วทุกภาคของประเทศจานวน 46 จังหวัด ทั่วประเทศมีจำนวนบ้านรังนกกว่า 10,000 หลัง ซึ่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์อยู่ระหว่างการดำเนินการส่งเสริมให้นกแอ่นกินรังเป็นสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ของประเทศ และผลักดันให้การทำฟาร์มนกแอ่นกินรังถูกต้องตามกฏหมาย ปัจจุบัน พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562

โดยเกษตรกรมีช่องทางการซื้อขายในลานประมูลรังนกแอ่นกินรังของแต่ละจังหวัด โดยตั้งเป็นลานประมูลและมีการกำหนดวันเวลาในการร่วมประมูลรังนก โดยในปัจจุบันยังไม่ได้นำระบบการประมูลบนคอมพิวเตอร์หรืออินเทอร์เน็ตมาใช้ ซึ่งการประมูลจำเป็นต้องเป็นสมาชิกชมรมหรือกลุ่มเกษตรกร ซึ่งก่อนนำรังนกมาประมูลจะมีการนำมาคัดแยกทำความสะอาดเบื้องต้น เพื่อรอการประมูล เนื่องจากในสถานการณ์ในปัจจุบันเกิดการแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 ทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ทำให้การรวมตัวระหว่างผู้คนลดลง และมีมาตรการเว้นระยะห่างระหว่างกัน จึงทำให้การทำธุรกรรมต่าง ๆ การดำเนินธุรกิจต่าง ๆ จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตมากขึ้น เพื่อช่วยในเรื่องของความสะดวกสบาย ลดเอกสาร และลดการเดินทาง ปัจจุบันการทำระบบออนไลน์ในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องความปลอดภัย และความน่าเชื่อถือให้มากที่สุด ตั้งแต่การเริ่มต้นพัฒนาระบบจากการประมูลรังนกเนื่องจากในปัจจุบันระบบการประมูลรังนกยังไม่ถูกนำมาใช้บนอินเทอร์เน็ต และต้องการให้ลูกค้ารายใหม่ หรือผู้ประมูลรายใหม่ สามารถรู้จักรังนกแอ่น เข้าถึงการประมูลรังนกได้ง่ายขึ้น อีกทั้งการพัฒนาระบบต้องการให้การใช้งานเป็นไปได้อย่างราบรื่น และใช้งานได้ง่ายที่สุด ดังนั้นการนำเทคโนโลยีบล็อคเชนจึงเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างความน่าเชื่อถือจากการที่ตัวระบบการทำธุรกรรมแต่ละอย่างในระบบมีการคัดลอกสำเนาอยู่ตลอดเวลาในขณะทำธุรกรรม ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยแก่ระบบประมูลได้

ในงานวิจัยนี้จะดำเนินการออกแบบและพัฒนากรอบแนวคิดระบบการประมูลนกแอ่นกินรังด้วยเทคโนโลยีบล็อคเชน พร้อมการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาไพทอนทั้งในระบบ Back-End และ Front-End ที่ทำงานอยู่บน Cloud Platform เพื่อใช้ร่วมกับเว็บแอปพลิเคชันในการติดต่อกับผู้ใช้ ในการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ และปกป้องความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ในระบบ เป็นการนำข้อดีของบล็อคเชนที่สามารถให้ความปลอดภัย และทำให้ระบบประมูลสามารถปราศจากคนกลางในระบบได้ ซึ่งระบบการประมูลออนไลน์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันยังไม่มีการนำบล็อคเชนมาพัฒนาระบบร่วมกับระบบประมูล ซึ่งยังคงมีคนกลางในการประมูลทำให้มีโอกาสที่คนกลางนี้สามารถแทรกแซงการประมูลเกิดได้ ซึ่งการนำเทคโนโลยีบล็อคเชนนี้จะทำเกิดการทำรายการระหว่างผู้ซื้อ และผู้ขายเท่านั้น และมีการยืนยันตัวตนผ่านระบบดังกล่าวซึ่งจะมีระยะเวลาในการยืนยันตัวตน และระยะเวลาในการดำเนินการทางธุรกรรมระหว่างผู้ซื้อ และผู้ขาย

## II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### *II.I. Prototype of Blockchain in Dental care service application based on Hyperledger Fabric framework*

การนำเทคโนโลยีบล็อคเชนมาสร้างเป็นต้นแบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับระบบบริการทันตกรรมโดยใช้ Hyperledger Framework เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในระบบสุขภาพ งานวิจัยนี้ดำเนินการพัฒนาระบบบล็อคเชนซึ่งใช้ RESTful API ซึ่งเป็นตัวสื่อสารระหว่างเว็บแอปพลิเคชันและส่วนเซิฟเวอร์เพื่อทำการรับหรือส่งข้อมูล ซึ่งใช้สร้าง Front-End ซึ่งเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ระบบ Hyperledger เป็นเครื่องพัฒนาแบบเปิดซึ่งทำให้สามารถพัฒนาแอปพลเคชันบล็อคเชนในการประยุกต์นำไปใช้ในธุรกิจต่าง ๆ ได้อย่างง่าย การนำประยุกต์ใช้กับคลินิก โรงพยาบาล นั้นช่วยให้สถานพยาบาลต่าง ๆ สามารถใช้ในการยืนยันตัวตนของคนไข้ในการติดตามอาการ หรือเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อใช้ในการรักษาในงานวิจัยชิ้นนี้ การพัฒนาระบบใช้การพัฒนาโปรแกรมเป็น Full-Stack Blockchain ใน Hyperledger Composer ช่วยให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถสร้างเป็น REST API ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อนำไปใช้กับเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันบนมือถือ การทำงานของตัวต้นแบบของระบบนี้มีดังนี้ คือ 1) การนัดหมายคนไข้กับทันตแพทย์ 2) สร้างรายละเอียดเกี่ยวกับทรัพย์สิน เพื่อใช้ในการใส่รายละเอียดการชำระเงินต่าง ๆ กับคลินิก 3) แจ้งเตือนไปยังคนไข้หลังจากทางคลินิกส่งรายการเข้าไปในระบบ 4) คนไข้ชำระเงิน โดยคนไข้จะตรวจสอบรายการของการชำระเงิน และชำระเงิน หลังจากการชำระเงินรายการนี้จะเปลี่ยนสถานะเป็นชำระเงินแล้ว 5) รับใบเสร็จ คนไข้จะสามารถอ่านรายละเอียดคำวินิจฉัยของการเข้าพบทันตแพทย์ ซึ่งมีการสร้างอยู่บนระบบบล็อคเชน ในการดำเนินการ ใช้ Hyperledger composer เป็น Nodejs ที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง สามารถนำไปใช้เป็น REST API เพื่อนำประยุกต์ใช้กับผู้ใช้งานตามการออกแบบธุรกิจ ในส่วนติดต่อผู้ใช้ ใช้ Angular เพื่อติดต่อกับเซิฟเวอร์ REST [1]

### *II. II. Argo Bidding a Smart Dynamic System for Enhancement of Farmer's Lifestyle*

ระบบการซื้อขายสินค้าสินค้าด้วยการประมูล จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือทำให้ระบบรวดเร็ว ใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพ ช่วยผู้ใช้งานในการลงทุนในการประมูล ตัดพ่อค้าคนกลางซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและลูกค้าในการซื้อขาย ผู้ขายสามารถประกาศขายสินค้าไปยังคนซื้อที่สนใจ การยืนยันของระบบนี้จะใช้รหัสผู้ใช้ และรหัสผ่าน ในลงชื่อเข้าใช้สำหรับในการเข้าใช้ระบบทั้งฝั่งลูกค้า และคนขาย ผู้ขายสามารถอัพโหลดรูปภาพของสินค้า หรือการนำรูปภาพไปยังเซิฟเวอร์ และคำอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับตัวสินค้าเกษตรกรรม ผู้ซื้อสามารถเลือกสินค้าเกษตรจากการประกาศขายของผู้ขาย และทำการประมูลตัวสินค้าโดยราคาจะมีการยึดตามผู้ขายสินค้านี้ และทำการประมูลในเวลาที่จำกัด งานวิจัยนี้มีส่วนประกอบ 5 องค์ประกอบ คือ 1) ระบบการลงทะเบียน ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในเข้าใช้แอปพลิคเคชันซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องใช้ บัญชีผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) ซึ่งบัญชีใช้นั้นจะเป็นสิ่งที่ไม่ซ้ำกัน อีกทั้งผู้ใช้จำเป็นให้ข้อมูลส่วนตัวบางประการ เช่น เบอร์โทรศัพท์มือถือ อีเมล ที่อยู่ 2) การลงชื่อเข้าใช้ (Login) ซึ่งเป็นหน้าที่ต้องใช้บัญชีผู้ใช้ และรหัสผ่าน ใช้สำหรับผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกของระบบแล้ว หากผู้ใช้งานลืมรหัสผ่านสามารถ

ขอใหม่ได้ด้วย อีเมล หรือ เบอร์โทรศัพท์มือถือ 3) หน้าผู้ใช้ มีรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับผู้ซื้อ และผู้ขาย ที่ได้ทำการลงทะเบียนแล้ว 4) ผลิตภัณฑ์ เป็นองค์ประกอบที่ประกอบไปด้วยข้อมูล เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์ ประเภทสินค้า ราคา และรูปภาพสินค้า ผู้ขายสามารถส่งรูปภาพภายในเวลาที่กำหนด และเขียนคำอธิบายเกี่ยวกับตัวสินค้า ผู้ขายสามารถกำหนดราคาเริ่มต้นของสินค้าได้ ผู้ซื้อสามารถดูรายละเอียดของสินค้า 5) การประมูล เป็นองค์ประกอบที่มีข้อมูลเกี่ยวกับวันที่ และเวลา ในการประมูล มีข้อมูลของผู้ใช้ที่กำลังอยู่ในระหว่างการประมูล ข้อมูลในองค์ประกอบนี้ คือ ระยะเวลาที่เหลือในการประมูล และจำนวนผู้เข้าประมูลสูงสุด [2]

*II. III. Blockchain-Based Trust Auction for Dynamic Virtual Machine Provisioning and Allocation in Clouds*

ระบบ Cloud Computing เป็นระบบที่มีความนิยมในการให้บริการอินเทอร์เน็ต ในงานวิจัยนี้เป็นนำ Hyperledger Fabric มาประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบของสัญญาอัจฉริยะบนบล็อคเชน เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากคนกลาง (3rd Party) ในการทำรายการที่ไม่เชื่อถือคนกลางที่จะทำให้เกิดข้อมูลรั่วไหว การประมูลที่ไม่ยุติธรรม ในการแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ใช้บล็อคเชนในการพัฒนาสัญญาอัจริยะเป็นตัวต้นแบบ ในตัวต้นแบบนี้ใช้ระบบ Hyperledger Fabric ในการรวมระหว่างบล็อกเชน และสัญญาอัจริยะด้วยระบบ Cloud เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลการประมูล และความเสมอภาคของระบบ Cloud งานวิจัยนี้ทำการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Ubuntu และใช้งาน Hyperledger Fabric 1.1 ทำการทดสอบประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบเรื่องความเป็นส่วนตัว (Privacy) เนื่องจากต้องป้องกันการรั่วไหลของข้อมูลการออกจากศูนย์กลาง (Decentralized) ในระบบประมูล เพื่อตัดตัวกลางระหว่างผู้ใช้กับระบบ Cloud และการจัดการรายการการทำธุรกรรม (Transaction) เพื่อมั่นใจว่าเรื่องความเป็นส่วนตัว และข้อมูลในการประมูลมีการออกแบบระบบการเข้ารหัสการรับส่งข้อมูล โดยใช้ key exchange protocol และ symmetric encryption technology เพื่อเข้ารหัสการประมูล ป้องกันสิทธิของผู้ใช้งานโดยไม่ต้องผ่านคนกลาง [3]

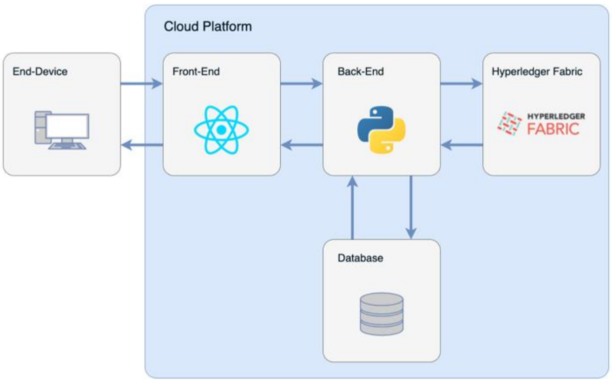
*II.IV. Secure E-Auction System Using Blockchain: UAE Case Study*

การปกป้องระบบการประมูลสินค้าของประเทศสหรัฐอาหรับอามิเรตส์ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนจากระบบ Offline เป็น Online มากขึ้น ความปลอดภัยจึงเป็นส่วนสำคัญมากขึ้น งานวิจัยมีการนำระบบสัญญาอัจฉริยะใช้ร่วมกับการระบบประมูลแบบดั้งเดิมของประเทศสหรัฐอาหรับอามิเรตส์ เป็นตัวต้นแบบของระบบความปลอดภัยในการประมูล งานวิจัยนี้มีการศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบการประมูลแบบดั้งเดิม ระบบสัญญาอัจฉริยะซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนระบบบล็อคเชนซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องพึ่งคนกลางในการดำเนินการ และการนำการประมูลออนไลน์โดยใช้บล็อกเชน ซึ่งนำระบบสัญญาอัจฉริยะของ Ethereum โดยระบบดังกล่าวเป็นไม่มีศูนย์กลาง (Decentralize) ซึ่งช่วยให้ข้อมูลเกี่ยวกับการประมูลไม่มีการรั่วไหลเกิดขึ้น หรือป้องกันการโจมตีจากผู้ไม่หวังดีจากคนกลางที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการป้องกัน และผู้ไม่หวังดี การดำเนินการมี 3 ขั้นตอนคือ 1) ลงทะเบียนสินค้าหรือทรัพย์สิน ผู้ขายจำเป็นต้องลงทะเบียนลงทะเบียนในบล็อคเชน 2) ผู้ซื้อร้องขอการขอประมูลในทรัพย์สิน 3) ติดสิน จะมีการยืนยันตัวตนก่อนที่เจ้าของสินค้าจะยืนยันที่ส่งสินค้า การยืนยันจะทำการส่งคำร้องขอไปยังผู้ขายให้ทำการใส่รหัสส่วนตัวของผู้ขาย รหัสบัญชี และตัวเลขสินค้าไปยังแอปพลิเคชันที่เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในงานวิจัยนี้ทางผู้เขียนได้นำเสนอระบบในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบประยุกต์แบบดั้งเดิมของสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ [8]

## III. การดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชัน

*III.I. การออกแบบระบบ และรวบรวมความต้องการ*

การออกแบบระบบจะมีการเก็บข้อมูลการประมูลเกี่ยวกับผู้ใช้จริง เช่น กฎหมายการค้าขายของ รูปแบบการประมูลรังนกแอ่นกินรังในปัจจุบันว่ามีขั้นตอนดำเนินการในการประมูลสินค้า การชำระเงินสินค้า หรือปัญหาของการประมูล นำมาพัฒนาระบบเป็นเว็บแอปพลิเคชันซึ่งช่วยให้ผู้ซื้อ และผู้ขายรังนก เข้าถึงได้ง่ายขึ้น รวมทั้งดึงดูดกลุ่มลูกค้าใหม่เพื่อช่วยส่งเสริมยอดขายให้แก่ผู้ขายที่ได้เลี้ยงนกแอ่นกินรังมากขึ้นด้วย การพัฒนาซอฟแวร์จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมรูปแบบ Full Stack ซึ่งเป็นการพัฒนาทั้งในส่วน Front-End และ Back-End ในส่วนของ Front-End ดำเนินการพัฒนาด้วย Java Script บน Framework ของ React เนื่องจากมีเครื่องมือที่สามารถพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว และมีข้อมูลและเอกสารตามชุมชนของ React อยู่จำนวนมาก ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้มีหน้าจอแสดงผลให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ โดยในส่วนนี้จะมีการออกแบบหน้าจอที่ช่วยให้ผู้ใช้ในระบบสามารถเข้าใจในการใช้งาน ซึ่งมีการคำนึงถึงประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้ซื้อและผู้ขายรังนกแอ่นกินรังให้เข้าใจได้ง่ายที่สุด ในส่วน Back End หรือ RESTFUL API เป็นส่วนที่คำนวณเงื่อนไขต่าง ๆ ในการนำไปแสดงผล Front-End ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงผลข้อมูลหาผู้ใช้งานโดยรูปแบบข้อมูลของการส่งไปยัง Front-End จะเป็นในรูปแบบ JSON หรือ JavaScript Object Notation ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานที่ใช้ในการพัฒนา RESTFUL API โดยจะมีตัวแปร และค่าของตัวแปร และติดต่อกับระบบ Hyperledger ซึ่งเป็นตัวที่ใช้กับบล็อกเชน โดยตัว RESTFUL API จะทำงานอยู่บน Cloud ซึ่งไม่จำเป็นต้องการเครื่องเซิฟเวอร์จริง และช่วยให้สามารถใช้งานได้ทุกพื้นที่ ผู้ให้บริการระบบ Cloud Computing เช่น Amazon AWS, Google Cloud หรือ Microsoft Azure ซึ่งผู้ให้บริการรายดังกล่าวเป็นผู้ให้บริการระบบ Cloud รายใหญ่ ซึ่งในตัวระบบนั้นสามารถสร้างเซิฟเวอร์จำลอง ซึ่งสามารถเลือกความสามารถความเร็วหน่วยประมวลผลที่ต้องการได้ หรือ เช่าพื้นที่เก็บข้อมูลใช้ในการเก็บข้อมูลที่ไฟล์ เช่น ไฟล์รูปภาพของการประมูล รูปภาพบัญชีของผู้ใช้ ซึ่งระบบ Cloud สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบตามที่ต้องการได้ทุกเมื่อ หากในอนาคตมีผู้ใช้จำนวนมากเพื่อให้สามารถรองรับผู้ใช้ได้หลายคนพร้อมกัน ดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 แผนผังระบบโดยรวม

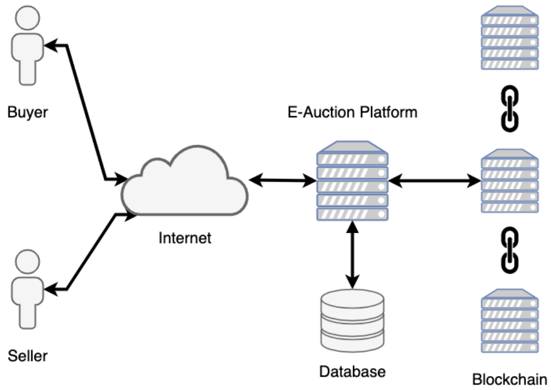
จากรูปที่ 2 การพัฒนาซอฟแวร์จะวางแผนให้ RESTFUL API Server เป็นตัวที่ช่วยเชื่อมต่อระหว่างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ หรือ Front-End ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชัน และระบบของ Hyperledger [4] ที่ตัวนำข้อมูลไปเก็บไว้บนบล็อคเชนเพื่อเพิ่มความปลอดภัย และความน่าเชื่อมถือ การทำงานของ Hyperledger จะทำการคัดลอกรายการที่เกี่ยวข้องกับการชำระเงิน หรือทำธุรกรรมระหว่างผู้ซื้อ และผู้ขาย ไปยังเครือข่ายของ Hyperledger ที่มีอยู่ในระบบซึ่งเป็นกระบวนการทำงานของบล็อคเชน ฐานข้อมูลของงานวิจัยนี้เป็นตัวที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเข้าใช้ระบบ ระบบสมาชิกเพื่อใช้ในการยืนยันใช้ในระบบ และเก็บรวบรวมประวัติการเข้าประมูลย้อนหลังพร้อมรับสถานะจากบล็อคเชนเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นระบบการประมูล

*III.II. การพัฒนาระบบ*

การพัฒนาในงานวิจัยนี้ใช้ React ซึ่งเป็น Framework สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่นิยมในการพัฒนาในปัจจุบัน และง่ายต่อการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ เขียนด้วยภาษา JavaScript ซึ่งเพิ่มคุณสมบัติความสามารถต่าง ๆ ให้กับเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งต่างกับการเขียนเว็บไซต์ทั่วไปด้วยภาษา HTML ทั้งหมด อีกทั้งรองรับการส่งข้อมูลแบบ RESTFUL API ช่วยให้การพัฒนาระหว่าง Back-End และ Front-End เป็นไปได้อย่างอิสระขึ้น อีกทั้งข้อดีของการแยกระหว่าง Back-End และ Front-End คือ เมื่อมีปรับปรุงระบบ หรือเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ระบบทั้งสองนั้นระบบใดระบบหนึ่งจะยังสามารถใช้งานต่อได้ ช่วยให้ไม่เกิดหน้าเปล่า และติดตามปัญหาได้ง่ายมากยิ่งในการพัฒนา หรือการสืบหาปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบ ในส่วนของ Back-End นั้นจะทำการเชื่อมต่อกับระบบบล็อกเชนของ Hyperledger Fabric ในการนำข้อมูลการทำรายการอยู่บนบล็อกเชน ซึ่งบล็อคเชนเป็นการคัดลอกรายการไปยังเครือข่ายที่เป็นตัวระบบของบล็อคเชน ซึ่งทำให้การเปลี่ยนแปลงข้อมูล หรือวันที่และเวลาในระบบเป็นไปได้ยากมาก เนื่องจากมีอัลกอลิทึมในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ซึ่งสิ่งที่ได้คือช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในระบบบล็อคได้มากขึ้น ความปลอดภัยของข้อมูลซึ่งมีการเข้ารหัสไว้ อีกทั้ง Back-End ทำการเก็บข้อมูลบางอย่าง เช่น ข้อมูลสินค้าประมูลที่เก็บข้อมูลรูปภาพ รายละเอียดสินค้า ราคาเริ่มต้น และประวัติการทำรายการ หรือประวัติการซื้อขาย การประมูล ข้อมูลผู้ใช้สำหรับการเข้าระบบของผู้ใช้ที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้แล้ว จึงมีระบบฐานข้อมูล (Database) ใช้สำหรับเก็บข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถย้อนดูข้อมูลย้อนหลังของตัวเองได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องเข้าสู่ระบบก่อนที่จะสามารถดูข้อมูลได้ ในฐานข้อมูลมีการเข้ารหัสไว้เพื่อป้องกันผู้ไม่ประสงค์คดีเข้าถึงข้อมูล หรือแก้ไขข้อมูลได้โดยง่าย ในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลในส่วนของ Back-End จะมีการใช้คำสั่ง SQL หรือเป็นภาษาทางโปรแกรมเพื่อใช้รับข้อมูลจากฐานข้อมูลซึ่งมีรูปแบบเป็นแบบตารางที่ต้องการตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นจึงนำไปแสดงผลที่ส่วนของ Front-End หรือทำการเขียนเงื่อนไขก่อนนำไปแสดงผลให้ผู้ใช้ได้เห็น ภาษาทางโปรแกรมที่ใช้กับงานวิจัยนี้เป็น Python ในส่วนของ Back-End และเชื่อมต่อฐานข้อมูล และระบบบล็อกเชนของ Hyperledger Fabric ซึ่งเป็นภาษาที่นิยมในปัจจุบันเนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ได้หลากหลายงาน เช่น งานทางด้าน AI หรือ Machine Learning หรือ การนำไปสร้างบริการเว็บไซต์ หรือ ใช้งานเป็นระบบ RESTFUL API ที่ช่วยในการคิดเงื่อนไขการทำงาน หรือพัฒนาระบบ Back-End ให้แก่ Front-End อีกทั้งยังง่ายต่อการบำรุงรักษาระบบ เนื่องภาษาไม่ซับซ้อน และมีเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาระบบมากมาย

*III.III. การเชื่อมต่อกับบล็อคเชน Hyperledger*

ระบบบล็อกเชนเป็นระบบที่ไม่มีตัวกลาง (Decentralize) การติดตั้งระบบบล็อคจึงจำเป็นต้องใช้เซิฟเวอร์ หรืออุปกรณ์หลายตัว ซึ่งเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก จึงทำการออกแบบระบบให้ทำงานอยู่บนระบบ Cloud เนื่องจากทำการบำรุงรักษาง่าย และทำการย้าย พัฒนาระบบได้ง่ายโดยไม่จำเป็นที่ต้องเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์จริง ระบบบล็อคจะเป็นการทำสำเนาการทำธุรกรรมเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ ระบบบล็อคเชนจำเป็นต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลโดยจะมีชุดกุญแจ 2 ชุด ซึ่งแบ่งเป็น กุญแจสาธารณะ (Public key) และกุญแจส่วนตัว (Private Key) ในการถอดรหัส [7] ซึ่งกุญแจสาธารณะจะใช้ก็ต่อเมื่อมีการส่งข้อมูลให้ผู้ที่ต้องการทำรายการธุรกรรม หรือส่งข้อมูลที่เป็นความลับหรือต้องการความปลอดภัย ซึ่งเมื่ออีกฝ่ายได้รับกุญแจสาธารณะก็จะสามารถดำเนินการต่อได้ ผู้ที่ไม่ได้รับกุญแจจะไม่สามารถดำเนินการ หรือทำธุรกรรมต่อไปได้ ในการดำเนินดังกล่าวเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของระบบโดยรวมที่ส่วนกลางอาจถูกโจมตีจากผู้หวังดี หรือขโมยข้อมูลการดำเนินประมูล และการซื้อขายในระบบ อีกทั้งเป็นการป้องกันจากผู้ที่เป็นตัวกลางในซื้อขาย ระบบที่ใช้ในการนำมาประยุกต์เข้ากับงานวิจัยนี้จะใช้ Hyperledger Fabric เนื่องจากเป็นระบบแบบเปิดหรือ (Open Source) ซึ่งนักพัฒนาโปรแกรมสามารถนำระบบดังกล่าวใช้หรือนำเข้าไปกับตัวโปรแกรมอื่นๆได้ และเป็นที่นิยมในการนำไปวิจัย หรือต่อยอด โดยมีพื้นฐานอยู่บนระบบบล็อคเชน [5] ดังรูปที่ 3



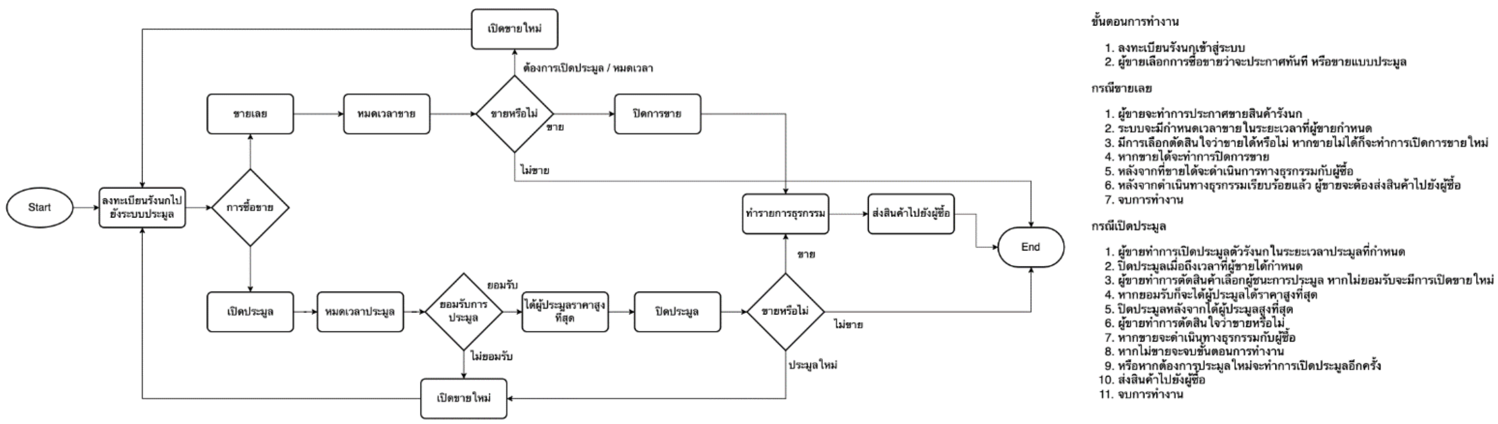

รูปที่ 3 E-Auction Framework with Blockchain (Hyperledger)

ซื้อที่สนใจติดต่อ และเริ่มดำเนินการประมูลรังนก โดยทั้งหมดจะดำเนินการเปิดระบบรูปแบบแพลตฟอร์ม (Platform) ภายใต้ความน่าเชื่อถือด้วยเทคโนโลยีบล็อคเชน Hyperledger

## IV. บทสรุป

ผลจากการออกแบบกรอบแนวคิดสำหรับระบบประมูลรังนกแอ่นกินรังด้วยบล็อคเชน จะเห็นได้ว่า การนำเอาเทคโนโลยีบล็อคเชนมาประยุกต์ใช้สำหรับออกแบบระบบประมูลสินค้าเกษตรออนไลน์นี้ ทำให้มีความหน้าเชื่อถือและความปลอดภัยข้อมูลของระบบประมูลออนไลน์ตามวัตถุประสงค์ของกรอบแนวคิดที่สามารถนำไปเป็นแม่แบบของการพัฒนาระบบประมูลออนไลน์ที่เหมาะสมตามแต่ละลานประมูลทั่วประเทศไทย อย่างไรก็ดี ภายใต้เงื่อนไขและข้อปฏิบัติของผู้ซื้อ ผู้ขาย และผู้ดูแลระบบ จำเป็นต้องมีการแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบประมูลออนไลน์อย่างละเอียดสำหรับสมาชิกหรือผู้ร่วมประมูล โดยมีข้อควรระวังระหว่างกิจกรรมประมูลรังนก เช่น การทำธุรกรรมการเงิน การขนส่งรังนกถึงผู้ประมูล การประกันคุณภาพรังนก การประกันความน่าเชื่อถือของระบบ เป็นต้น

### *III.IV. ขั้นตอนการทำงานของระบบประมูล*




รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบประมูลออนไลน์

จากรูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบประมูลออนไลน์ จะมีการแบ่งเป็น 2 รูปแบบ จากการที่ผู้ขายลงทะเบียนสินค้ารังนกเข้าสู่ระบบ คือ การขายแบบไม่ประมูล และขายแบบประมูล โดยรูปแบบแรกการขายแบบไม่ประมูล ผู้ขายจะทำการขายโดยกำหนดเวลาในการวางขาย เมื่อครบเวลาที่กำหนด และมีผู้ซื้อติดต่อมาก็จะทำการปิดขาย และดำเนินทางการธุรกรรมกับผู้ซื้อ จากนั้นผู้ขายจำเป็นต้องทำการจัดส่งสินค้าซึ่งก็คือรังนกไปผู้ซื้อ ในกรณีที่หมดเวลาและไม่สามารถขายได้ก็จะกลับไปยังขั้นตอนแรกซึ่งก็คือการลงทะเบียนอีกครั้ง รูปแบบที่สอง คือ การขายแบบนำไปประมูล โดยผู้ขายจะทำการกำหนดระยะเวลาในการประมูล และราคาเริ่มต้นของรังนกที่นำมาประมูล เมื่อทำการกำหนดแล้วก็จะเริ่มทำการประมูลจนถึงระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นผู้ขายจะทำการตัดสินใจว่ายอมรับการประมูลสินค้าหรือไม่ หากยอมรับก็จะการปิดการประมูล และผู้ซื้อที่ประมูลได้ราคาสูงที่สุด หรือผู้ได้ชนะการประมูลนี้จะได้รับรายการการดำเนินธุรกรรมจากผู้ขาย และทำการปิดประมูลสินค้ารายการนี้ หากไม่ยอมรับจำเป็นต้องลงทะเบียนเปิดขายใหม่อีกครั้ง หรือหากผู้ขายไม่ต้องการขายแล้ว ก็สามารถตั้งสถานะยกเลิกได้ ในระบบนี้หากผู้ขายต้องการขายรังนกเพิ่มเติมสามารถดำเนินขั้นตอนนี้ได้ทุกเมื่อ เมื่อสินค้าของผู้ขายพร้อมสำหรับการขาย หรือพร้อมสำหรับเริ่มต้นการประมูล ให้ผู้

ปัจจุบันผู้วิจัยอยู่ระหว่างการพัฒนาระบบตามกรอบแนวคิดที่ได้จากบทความวิจัยนี้ โดยได้นำกรณีศึกษาของลานประมูลของจังหวัดสุราษฎร์ธานีมาวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไข ความเหมาะสม และอื่นๆ เพื่อสามารถเลือกฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ใดที่เหมาะสมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดีเสมอมา

## เอกสารอ้างอิง

[1] Ruksudaporn Wutthikarn, “ Prototype of Blockchain in Dental care service application based on Hyperledger Composer in Hyperledger Fabric framework,” IEEE 2018.

[2] NalinipriyaG, SangeethaR, SaniyaK, Sri Dhanusiya Navarath, " Argo Bidding A Smart Dynamic System for Enhancement of Farmer' s Lifestyle," ICSSS 2019.

[3] Hao xu, Weifeng Liu, Xu Liu, " Blockchain-Based Trust Auction for Dynamic Virtual Machine Provisioning and Allocation in Clouds," June 2021.

[4] Fabrice Benhamouda, Shai Halevi, Tzipora Halevi, "Supporting Private Data on Hyperledger Fabric with Secure Multiparty Computation," IEEE 2018.

[5] Yi-Hui Chen, Shih-Hsin Chen Iuon-Chang Lin, "Blockchain based Smart Contract for Bidding System," IEEE ICASI 2018.

[6] แสงสรรค์ ภูมิสถาน, "บทวิเคราะห์อุตสาหกรรมรังนกจากบ้านนกในประเทศไทย," 2021

[7] Prem Ratan Baranwal, "Blockchain Based Full Privacy Preserving Public Procurement," 2020.

[8] Hani Qusa, Jumana Tarazi, Vishwesh Akre, "Secure E-Auction System Using Blockchain: UAE Case Study," IEEE 2020.

# การปรับปรุงวิธีการตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตา : กรณีศึกษาสายการประกอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่

# IMPROVING VISUAL INSPECTION METHODS: A CASE STUDY OF BIG BIKE ASSEMBLY LINE

1st สมฤดี ตรีพัชรทิพย์
*สาขาการจัดการระบบการผลิตและโลจิสติกส์แบบลีน*
*คณะบริหารธุรกิจ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถ.พัฒนาการ*
*เขต สวนหลวง กทม.10250*
tr.somrudee_st@tni.ac.th

2nd ดอน แก้วดก
*ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตขั้นสูง*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
*1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถ.พัฒนาการ*
*เขต สวนหลวง กทม.10250*
don@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* — การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของสายการประกอบ กรณีศึกษาสายการประกอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ ซึ่งเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ก่อนที่จะส่งมอบให้กับลูกค้าในขั้นตอนถัดไป มีรายละเอียดและจุดต่าง ๆที่จะต้องทำการตรวจเช็คคุณภาพจำนวนมาก การปฏิบัติงานแบบเดิมใช้รูปแบบการตรวจเช็คด้วยเอกสารตามแบบฟอร์มที่มีความซับซ้อนมีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดจากทักษะของผู้ปฏิบัติงานสูง ผู้วิจัยจึงได้การพัฒนาโปรแกรมช่วยประเมินคุณลักษณะของชิ้นงานที่มีการแสดงผลด้วยภาพแบบดิจิทัลขึ้นมา ผลจากการทดลองใช้งานพบว่าสามารถช่วยลดเวลาในการตัดสินใจของพนักงานได้ และจากผลการศึกษาพบว่าโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องของรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ก่อนส่งมอบให้กับขั้นตอนถัดไป มีจำนวนครั้งของความผิดพลาดในการปฏิบัติงานของพนักงานลดลงจากเดิมร้อยละ 30 เหลือเพียงร้อยละ 10 ซึ่งมีแนวโน้มที่สามารถลดลงได้อีก งานวิจัยนี้จึงมีส่วนในการช่วยปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของพนักงานตรวจสอบของแผนกคุณภาพการประกอบก่อนส่งมอบลูกค้าได้**

***คำสำคัญ* — การปรับปรุง, ประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน, การตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตา, รถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่, การพัฒนาโปรแกรมช่วยประเมิน, การแสดงผลด้วยภาพดิจิทัล**

***ABSTRACT* — The objective of this research is to improve the operations of the quality control inspectors that are working in the case study big bike assembly line. For this case, the inspectors need to fully inspect the bikes before shipping them to the costumers. As there are many details and points to be checked, current processes which include checking documents and filling in complex forms can highly be affected by the mistakes of inspectors that are lacking experiences and skills. To solve this problem, our research team developed a digital program that can assess the characteristic of the workpieces. Our research team found out that this program can lower the time that the inspectors used in their decision. In addition, the mistakes from the operations of the inspectors reduced from 30 percent to 10 percent. Therefore, this research can improve and increase the operations efficiency of the quality control inspectors before shipping the products to the customers.**

**Keywords — Improve, Operational efficiency, Visual Inspection, Big bike, Research team developed a digital program, Digital image**

## I. บทนำ

อุตสาหกรรมประกอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่สัญชาติอังกฤษเป็นหนึ่งในผู้ประกอบธุรกิจที่กำลังได้รับความนิยมในตลาดในประเทศไทย มีโรงงานประกอบตั้งอยู่ที่ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2544 เริ่มผลิตอะไหล่และชิ้นส่วนเพื่อส่งออกไปยังบริษัทแม่ที่อังกฤษ ต่อมาในปี 2550 เริ่มมีการประกอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ในประเทศไทย โดยเน้นการผลิตเพื่อส่งออกเท่านั้น โดยรถจักรยานยนต์ที่ผลิตในประเทศไทยมีความหลากหลายของรุ่นแตกต่างจากประเทศอังกฤษ บริษัทเริ่มเล็งเห็นโอกาสทางการตลาดของรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ในประเทศไทย จึงเริ่มทำการตลาดอย่างจริงจังในปี 2558 มีสัดส่วนในการตลาดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40 ทำให้บริษัทเติบโตขึ้นอย่างมั่นคง

ในประเทศไทยมีการผลิตรถทั้งหมดจำนวน 35 รุ่น ในสายการผลิตไม่ได้ประกอบรถเพียงรุ่นเดียวแต่มีการผลิตรถที่คละรุ่นและzคละตลาดบนสายการผลิตเดียวกัน นอกเหนือจากกระบวนการการประกอบที่มีมาตรฐานแล้ว กระบวนการในการควบคุมคุณภาพที่ดีก็เป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อทำให้สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายให้กับลูกค้าได้ ดังนั้นการควบคุมในการตรวจสอบคุณภาพจึงเป็นกระบวนการที่ต้องมีการจัดการที่เหมาะสมในปัจจุบัน ซึ่งกระบวนการการตรวจสอบด้วยสายตานี้เป็นการพึ่งพาความถูกต้องของคนทำงานเป็นหลัก ไม่ได้นำเอาเทคโนโลยีมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ดังนั้นผู้วิจัยสนใจ และเห็นว่าเราสามารถพัฒนาวิธีการตรวจสอบจากรูปแบบฟอร์มการตรวจที่เป็นเอกสารในปัจจุบัน โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในรูปแบบอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ควบคู่กับการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถช่วยประเมินคุณลักษณะของชิ้นงานด้วยภาพ

ดิจิทัล ซึ่งช่วยลดเวลาการตัดสินใจของพนักงานและขั้นตอนการสามารถช่วยลดความผิดพลาดในการตัดสินใจของพนักงานได้ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นให้กับบริษัท

## II. วัตถุประสงค์การวิจัย

II.I เพื่อพัฒนาโปรแกรมช่วยประเมินคุณลักษณะของชิ้นงานด้วยภาพดิจิทัล

II.II เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพ

## III. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

*III.I)* แนวคิดแบบลีน

สิ่งที่สำคัญของการผลิตในแง่ของอุตสาหกรรม คือ การลดต้นทุนและการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและยังคงไว้ซึ่งคุณภาพ ซึ่งความต้องการเหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิดการผลิตแบบโตโยต้า ( Toyota Production System) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ซึ่งผู้ริเริ่มคือ Taiichi Ohno เป็นผู้ที่มีแนวคิดว่าความสูญเปล่าเป็นสิ่งที่ต้องถูกกำจัด (บัง คยองอิล, 2560; Toyota Motor Corporation, n.d.) แนวคิดนี้ให้ความสำคัญกับการลดของเสียจากการผลิต (Muda) โดยได้คำนึงถึงการผลิตที่มากเกินกำลัง หรือมากกว่ามาตรฐาน ที่กำหนดไว้ (Muri) และความไม่สม่ำเสมอในการ ผลิต (Mura) (ไคเซ็นแมน, 2549) โดยแบ่งกิจกรรม การผลิตออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) กิจกรรมการผลิตที่ก่อให้เกิดมูลค่า 2) กิจกรรมการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Sundar, Balajib, & Satheesh Kumar, 2014) และ 3) กิจกรรมทางธุรกิจที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Lean Methods Group, n.d.) จากการจำแนกกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรมของลีนจะเห็นว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่า จะส่งผลต่อผลกำไรขององค์กร และทำให้องค์กร ได้เปรียบคู่แข่งขัน ซึ่งหัวใจหลักคือการไหลของงาน (Flow) ที่ความสม่ำเสมอไม่เกิดจุดคอขวด ที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยการขจัด ความสูญเปล่าที่ก่อให้เกิดต้นทุนและ การเพิ่มมูลค่าเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า (นิพนธ์บัวแก้ว, 2547)

*III.II*) การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการระบบ ECRS

การมีเครื่องมือเครื่องใช้ที่ทันสมัย เข้ามาใช้ในสำนักงานจะทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยความรวดเร็วและถูกต้องนอกจากนี้ จะต้องศึกษาค้นหา กำหนดเวลาที่เป็นส่วนเกินและเวลาไร้ประสิทธิภาพให้ได้ โดยทำการศึกษาวิธีการทำงานหรือ โดยการใช้หลักการสังเกตง่าย ๆ ว่าการทำงานใดที่ทำแล้วไม่ก่อให้เกิดผลงานหรือทำเสร็จแล้วสูญเปล่าถือเป็นเวลาส่วนเกินหรือ การไม่ทำอะไรเลย เช่น อยู่ในสภาพ “รอ” “หลบ” “หลีก” “เลี่ยง” และ “หยุด” สิ่งเหล่านี้ถือเป็นเวลาไร้ประสิทธิภาพ การกำหนดประเภทเวลาดังกล่าวได้จะทำให้การทำงานดีขึ้นหากได้มีการศึกษาและดำเนินการเป็นขั้นเป็นตอนตามแนวทางดังกล่าวนี้ และต้องได้รับความร่วมมือร่วมใจจาก บุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการทำงานเชื่อได้ ว่าสามารถปรับปรุงการทำงานโดยมีการลดขั้นตอนและระยะเวลาดำเนินการจากเดิมลงได้ ซึ่งจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างแท้จริงเป็นไปตามแนวทางของการบริหาร ที่ดีหลักทั่วไปในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานด้วยหลักการของ ECRS

ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ (2552) หลักการ ECRS เป็นหลักการง่าย ๆ ซึ่งสามารถใช้ในการ เริ่มต้นลดความสูญเปล่าหรือ MUDA ลงได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพปัจจุบันให้เข้าสู่สภาพที่ควรจะเป็น การสร้างงานที่เป็นมาตรฐานเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate: What, Why), การรวมกัน (Combine: When), การจัดใหม่ (Rearrange: Where), การทำให้ง่าย (Simplify: Who) รูปแบบองค์กรของธุรกิจ จะประกอบไปด้วย สัดส่วนงานของโรงงานและสัดส่วนของงานที่เป็นสนับสนุน ซึ่งในทั้ง 2 ส่วน จะมีกระบวนการทำงานอาจจะเกิดทำให้เกิดความสูญเปล่าได้ ซึ่งในสัดส่วนงานของโรงงานนั้น จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตรวมถึงกระบวนการทำงานหรือ แม้กระทั่งเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิตเป็นสิ่งที่จำอย่างมากเพราะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น ส่งผลทำให้ต้นทุนของสินค้าที่ทำให้มีปริมาณสูงขึ้น และทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ผลลัพธ์ที่จากการลดความสูญเปล่าในการผลิตคือสามารถทำให้ต้นทุนจะลดลง และมีความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งสูงขึ้น

*III.IV)* เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 Quality Control Tools)

เครื่องมือในการควบคุมคุณภาพ เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญและสามารถช่วยแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต เป็นเครื่องมือในการช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา เป็นตัวกรองข้อมูลหรือจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ในการสำรวจปัญหาในสภาพปัจจุบันค้นหาปัญหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขได้อย่างปัญหาได้อย่างถูก และยังสามารถติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพมี 7 ชนิดประกอบไปด้วย ใบตรวจสอบ (Check sheet), กราฟ (Graph), ฮิสโตแกรม (Histogram), แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram), แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram), แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram), แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

*III.IV) ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

ไพรินทร์ หลวงมูล, 2553 ได้นำหลักการเคลื่อนไหวและเวลามาใช้ในการลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นและปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ ซึ่งผลจากการปรับปรุงทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ของเครื่องตัดขึ้นรูปชิพได้ โดยการปรับปรุงในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือ และตัดขั้นตอนหมุนสกรูออกไป นอกจากนี้ยังออกแบบอุปกรณ์เก็บเครื่องมือทำให้ลดเวลาในการเดินไปเอาสไลด์เพทจาก ชั้นเก็บ ทำให้สามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องตัดขึ้นรูปชิพได้อีกด้วย

อภิวัฒน์ มุตตามระ ; ณิชาภา บุญพิทักษ์(ApiwatMuttamara; NichapaBoonpitak. 2014 : 15) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตสวิทซ์โอเวอร์ไดร์ โดยใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ คือ การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา โดยได้ใช้ทฤษฎี ECRS ซึ่งสามารถลดขั้นตอนการทำงานจากการทำงานทั้งสองมือไม่เท่ากัน โดยมือซ้ายมี 21 ขั้นตอน และมือขวามี 23 ขั้นตอนเหลือทั้งสองมือที่มีขั้นตอนเท่ากันคือ 15 ขั้นตอน และสามารถลดเวลาประกอบลงสวิทซ์ลงได้คิดเป็นร้อยละ 28.70

ประยูร สุรินทร์, 2551 ได้ทำการศึกษาเพื่อลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อแก้ปัญหาในอุตสาหกรรม

การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเวลาที่สูญเสียเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่นเกิดจากเครื่องมือ และอุปกรณ์ไม่เหมาะสมหรือไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน พนักงานใช้เวลาไม่เท่ากัน ไม่มีวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน ซึ่งคณะผู้ทำวิจัยได้เลือกปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์ไม่เหมาะสมหรือไม่สะดวกในการปฏิบัติงานมาทำการปรับปรุงแก้ไข

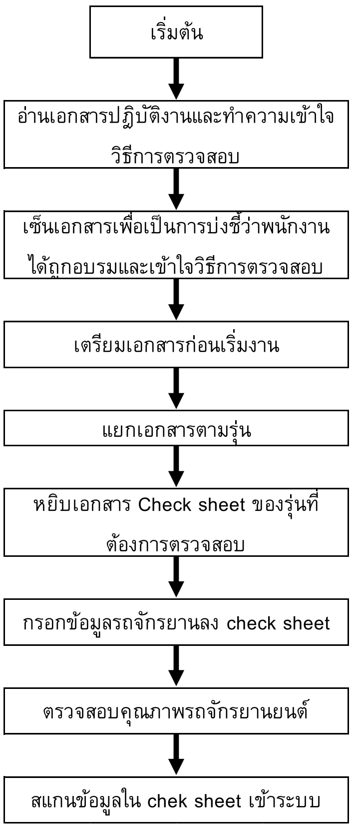
## IV. วิธีดำเนินการวิจัย

*IV.I) ศึกษาข้อมูลทั่วไป และรวมรวมสภาพปัจจุบัน ของโรงงานกรณีศึกษา*

การศึกษาข้อมูลทั่วไปเป็นการสำรวจรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ การทำงานของพนักงาน การตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ด้วยสายตา เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจากกระบวนการทำงาน ซึ่งหากรู้ถึงปัญหาที่แท้จริงแล้วจะสามารถทำการศึกษาทฤษฎีที่มีส่วนเกี่ยวข้องมาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ด้วยสายตา

*IV.II) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

ทำการศึกษาค้นคว้าหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทาง โดยค้นหาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรม การตรวจสอบคุณภาพ นำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาศึกษา เช่น เครื่องมือลีนเทคนิค ECRS หรือใช้ QC 7 tools ด้วยแผนผังก้าง (Fish one Diagram) มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และหาวิถีแนวทางในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ด้วยสายตา ซึ่งขั้นตอนการทำงานในปัจจุบัน ดังรูปที่ I



รูปที่ I. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของรถจักรยานยนต์

*IV.III) วิเคราะห์ข้อมูลสภาพปัจจุบัน*

ศึกษาขั้นตอนวิธีการทำงานของพนักงาน ในส่วนของการกระบวนการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์ด้วยสายตามาทำการศึกษาและวิจัย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สำคัญเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะส่งไปยังลูกค้า หากคุณภาพของรถจักรยานยนต์ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดจะมีปัญหาด้านชื่อเสียงของบริษัทเกิดขึ้น โดยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการดังนี้

*IV.III.I) การสัมภาษณ์พนักงาน*

การสัมภาษณ์พนักงานเพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกกับผู้ปฏิบัติงานจริง ซึ่งสามารถทำให้ผู้วิจัยเข้าใจและในมุมมองการทำงานของผู้ปฏิบัติและขั้นตอนการปฏิบัติงาน ปัญหาที่พบเจอในระหว่างกระบวนการทำงาน หรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงาน ดังตารางที่ I ดังนี้

ตารางที่ I. การสัมภาษณ์พนักงาน

| ลำดับ | ตำแหน่ง | ฝ่าย/แผนก | อายุการทำงาน(ปี) | จำนวน (คน) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ผู้ดูแลพนักงานฝ่ายการตรวจสอบคุณภาพ | แผนกการตรวจสอบคุณภาพ / QC | 9 | 1 |
| 2 | พนักงานฝ่ายการตรวจสอบ | แผนกการตรวจสอบคุณภาพ / QC | 4,5 | 2 |
| 3 | หัวหน้าฝ่ายการตรวจสอบ | แผนกการตรวจสอบคุณภาพ / QC | 6 | 1 |

*IV.III.II) การใช้เอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet)*

ในปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์ ใช้แบบฟอร์มการตรวจสอบที่เป็นรูปแบบกระดาษ ซึ่งจะมีต้นฉบับแบบฟอร์มการตรวจสอบสำหรับแต่ละรุ่น

*IV.III.III) เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ*

ขั้นตอนในการตรวจสอบคุณภาพจะเริ่มจากหยิบเอกสารที่บ่งบอกรุ่นของรถและนำมาเขียนหมายเลขรถจักรยานยนต์ที่แบบฟอร์มการตรวจสอบ และทำการตรวจสอบรถจักรยานยนต์ตามสิ่งที่กำหนดไว้ที่ตรวจแบบฟอร์มการตรวจสอบหลังจากนั้นทำการเขียนเครื่องหมายถูกลงบนแบบฟอร์ม หากรถจักรยานยนต์คันใดประกอบชิ้นส่วนมาผิด หรือชิ้นส่วนมีรอยจะต้องเขียนปัญหาลงเอกสารที่บ่งบอกรุ่นของรถและแบบฟอร์มการตรวจสอบ

*IV.III.IV) ความถูกต้องในการตรวจสอบของพนักงาน*

ในปัจจุบันพนักงานตรวจสอบจะตรวจสอบรถจักรยานยนต์โดยการอ่านเอกสารคู่มือการปฏิบัติงานก่อนที่จะทำการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ ซึ่งเอกสารมีความซับซ้อน การอบรมพนักงานที่ไม่ได้มาตรฐาน พนักงานจะต้องใช้ประสบการณ์และความชำนาญ หากพนักงานไม่มีประสบการณ์และความชำนาญอาจจะทำให้เกิดปัญหาการตรวจสอบคุณภาพผิดพลาดได้

*IV.IIII) ระบุปัญหาและแนวทางการปรับปรุง*

จากสาเหตุที่ได้จากการเก็บรวมรวบข้อมูล และทำการวิเคราะห์แล้ว จะเห็นได้ว่าปัญหาที่เกิดในกระบวนการทำงาน มีความซับซ้อน ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน โดยการปรับปรุงการทำงานและพัฒนากระบวนการ ใช้เครื่องมือลีนเทคนิค ECRS เพื่อกำจัดกระบวนการที่ก่อให้เกิดความล่าช้า หรือ กระบวนการที่ก่อให้เกิดความซ้ำซ้อน จากนั้นออกแบบกระบวนการใหม่เพื่อให้ง่ายต่อการทำงาน จะสามารถปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ด้วยสายตา โดยนำทฤษฎีในส่วนวิธีการลด MUDA ลงเป็นสิ่งที่สามารถทำได้ด้วยหลักการ ECRS ดังนี้ การกำจัด (Eliminate: What, Why), การรวมกัน (Combine: When), การจัดใหม่ (Rearrange: Where), การทำให้ง่าย (Simplify: Who) และนำทฤษฎีแผนผังก้างปลาเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาข้อบกพร่องของกระบวนการต่างๆ

*IV.V) รวบรวมข้อมูลการพัฒนาโปรแกรม*

รวบข้อมูลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสอบกระบวนการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ด้วยสายตา ด้วยวิธีการพัฒนาโปรแกรม Microsoft Excel โดยใช้ Visual Basic for Application (VBA) ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมในส่วนต่างๆ จากการรวมรวบข้อมูลวิธีการทำงานของผู้ปฏิบัติงานหน้าจริง เพื่อพัฒนาโปรแกรมและหาอุปกรณ์ ออกแบบวิธีการทำงานให้เหมาะสมกับการทำงาน

*IV.VI) ประยุกต์ใช้โปรแกรมหน้างานจริง*

นำโปรแกรมที่ถูกพัฒนาไปทดลองใช้งานจริงกับพนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ เพื่อเป็นการหาข้อผิดพลาด หรือข้อบกพร่องที่เกิดจากโปรแกรม Microsoft Excel ด้วย Visual Basic for Application (VBA) วิธีการทำงานและอุปกรณ์ที่ใช้เหมาะสมกับการทำงาน หรือไม่ หากไม่เหมาะสมจะต้องหาอุปกรณ์ใหม่ หรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการประยุกต์ใช้หน้างานจริง นำข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้ปฏิบัติงานจริงมาแก้ไขแล้วพัฒนาปรับปรุง

## V. ผลการวิจัย

*V.I)* การแก้ไขปัญหาด้วยเครื่องมือ ECRS

จากการวิเคราะห์วิธีการทำงานของด้วยเครื่องมือ ECRSและเอกสารที่ใช้ ผู้วิจัยเห็นว่าสามารถปรับปรุงและแก้ไขได้ด้วยเครื่องมือ ECRS โดยมีวิธีการปรับปรุงกระบวนการทำงานดังนี้

*V.I.I)* การปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงาน

*I)* การปรับปรุงการปฏิบัติงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) จากภาพ 12 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนในกระบวนการทำงานพนักงาน ก่อนเริ่มทำงานทุกครั้งพนักงานจะต้องนำเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) ไปถ่ายเอกสาร และแยกเอกสารของแต่รุ่นเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน และก่อนเริ่มทำการตรวจสอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ พนักงานจะต้องทำการกรอกข้อมูลของรถจักรยานยนต์บนเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) เพื่อเป็นการบ่งชี้ข้อมูลว่าเอกสารนี้เป็นของรถจักรยานยนต์คันไหน และในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนพนักงานจะต้องนำเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet)ไปสแกนเพื่อเก็บข้อมูลในระบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการนี้ทำให้เกิดความสูญเปล่าในการเคลื่อนไหวอย่างมาก ผู้วิจัยจึงนำเครื่องมือทำให้ง่ายขึ้นมาใช้ โดยการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้สำหรับตรวจสอบและแสดงข้อมูลของรถ โดยที่ข้อมูลทั้งหมดสามารถในโปรแกรมสามารถบันทึกข้อมูลและส่งถูกไปยังระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้ควบคุมสามารถดูรายละเอียดภายหลังได้

*II)* การจัดกระบวนการทำงานแบบใหม่ (Rearrange) จากการปรับปรุงการปฏิบัติงาน ด้วยการเปลี่ยนจากการใช้กระดาษในการตรวจสอบและกรอกข้อมูล เป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์แทนซึ่งเป็นการออกแบบการทำงานแบบใหม่โดยสามารถลดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็นและความยุ่งยากในการทำงานอีกด้วย

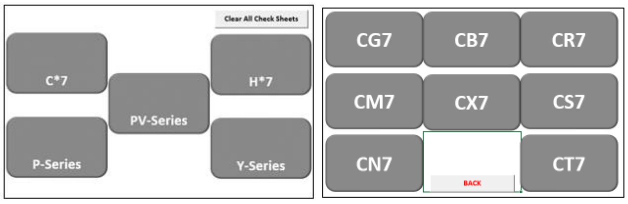
*V.I.II)* การปรับปรุงเอกสารที่ใช้

ในขั้นตอนการตรวจสอบรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่ มีการใช้เอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองอย่างมาก เนื่องจาก 1 สถานีการตรวจสอบจะต้องใช้เอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) 2 แผ่น/รุ่น สามารถนำเครื่องมือ ECRS เข้ามาช่วยในการ ลดการใช้เอกสารที่เป็นแบบฟอร์มในรูปแบบกระดาษได้ โดยมีวิธีการปรับปรุงดังนี้

*I)* การปรับปรุงการปฏิบัติงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) การใช้เอกสารในรูปแบบกระดาษ พนักงานจะต้องทำการกรอกข้อมูลของรถจักรยานยนต์บนเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) เพื่อเป็นการบ่งชี้ข้อมูลว่าเอกสารนี้เป็นของรถจักรยานยนต์คันไหน ทำให้สามารถเกิดความผิดพลาด และเอกสารสูญหายได้ง่าย ซึ่งการเก็บข้อมูลเหล่านี้สามารถนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงานได้ง่ายขึ้นสะดวกขึ้น สามารถลดความผิดพลาดในการทำงานและยังลดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็นอีกด้วย

*V.II) พัฒนาโปรแกรม (Microsoft Excel) โดยวิธี Visual Basic for Application เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์รุ่นใหญ่*

จากการเก็บข้อมูลของกระบวนการตรวจสอบ จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันซึ่งกระบวนการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์ด้วยสายตา เป็นการพึ่งพาความถูกต้องของคนทำงานเป็นหลัก ดังนั้นผู้วิจัยสนใจ และเห็นว่าเราสามารถพัฒนาวิธีการตรวจสอบจากรูปแบบฟอร์มการตรวจที่เป็นเอกสารในปัจจุบัน โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์โดยการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถช่วยประเมินคุณลักษณะของชิ้นงานด้วยภาพดิจิทัล ซึ่งจะสามารถช่วยลดความผิดพลาดในการตัดสินใจของพนักงานได้ ลดเวลาขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ ดังรูปที่ II

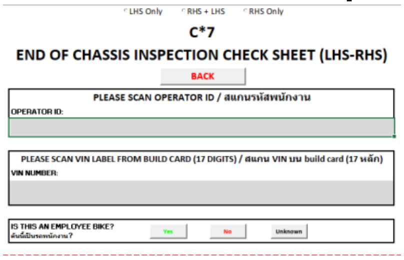


รูปที่ II. ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการตรวจสอบ

โดยหน้าต่างแรกจะเป็นฟังก์ชั่นหลักของโปรแกรมโดยเป็นการเลือกรุ่นที่จะต้องการตรวจสอบคุณภาพ

*V.II.I) ส่วนของหน้าต่างการตรวจสอบ (ส่วนของ input ของโปรแกรม)*

*V.II.I.I)* หน้าต่างการกรอกข้อมูลต่างๆ โดยมีฟังก์ชั่นให้เลือกว่าตรวจสอบรถฝั่งซ้าย หรือฝั่งขวา ป้อนข้อมูลของพนักงาน และข้อมูลของรถจักรยานยนต์ที่ต้องการตรวจสอบจากการสแกนข้อมูล เป็นดังรูปที่ III

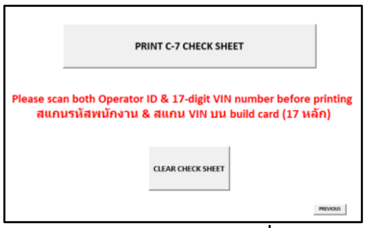



รูปที่ III. ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมสำหรับการกรอกข้อมูล

*V.II.I.II)* หน้าต่างจะการตรวจสอบ ประกอบเป็นการอธิบายวิธีการตรวจสอบโดยการเพิ่มคุณลักษณะของชิ้นงานด้วยภาพดิจิทัล แสดงให้พนักงานทำการตรวจสอบกับรถจักรยานยนต์จริง ว่าตรงตามข้อมูลหรือไม่ ดังรูปที่ IV


รูปที่ IV. ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมสำหรับการตรวจสอบ

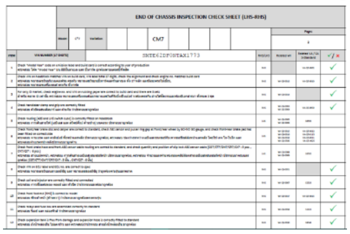
*V.II.I.III)* หน้าต่างหลังจากตรวจสอบรถจักรยานยนต์ตามหัวข้อที่กำหนดเรียบร้อยแล้วให้กดตรงที่ Print แล้วระบบจะไปบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ V




รูปที่ V. ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมเพื่อกดบันทึกข้อมูล

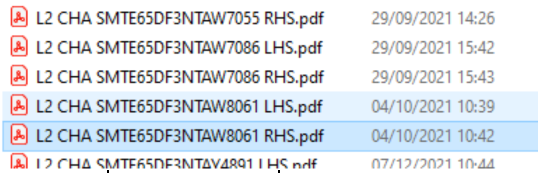
*V.II.II) ส่วนของการค้นหาข้อมูลของเอกสารต่างๆ (ส่วนของ Output ของโปรแกรม)*

*V.II.II.I)* หน้าต่างที่ระบบได้ทำการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ จะเป็นเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) แบบดิจิทัล ดังรูปที่ VI



รูปที่ VI. ตัวอย่างเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ (Check sheet) แบบดิจิทัล

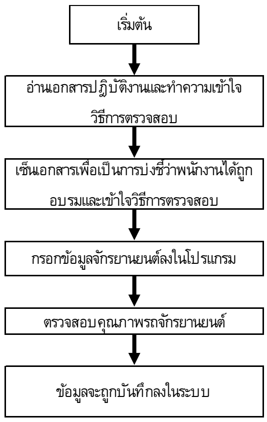
*V.II.II.II)* ไฟล์จะถูกบันทึกลงในโฟลเดอร์โดยอัตโนมัติ ด้วยนามสกุลไฟล์ (.pdf) ดังรูปที่ VII




รูปที่ VII. ตัวอย่างไฟล์ที่ถูกบันทึกในโฟลเดอร์

*V.III) สรุปผลของงานวิจัย*

ผลการเปรียบเทียบผลของการดำเนินงาน ทั้งก่อนปรับปรุง และ หลังปรับปรุง ซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการ คือ ลดความผิดพลาดในการตัดสินใจของพนักงาน ลดเวลาและต้นทุนในการถ่ายเอกสารรูปแบบฟอร์มการตรวจสอบ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องในส่วนการตรวจสอบคุณภาพ ได้ประยุกต์นำเครื่องมือ ECRS เข้ามาปรับปรุงกระบวนการ จากนั้นแสดงข้อมูลผล ดังรูปที่ VIII




รูปที่ VIII. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพหลังปรับปรุงด้วยเครื่องมือ ECRS

การนำเครื่องมือ ECRS เข้ามาปรับปรุงกระบวนการ พบว่าขั้นตอนของกระบวนการทำงานลดลงจำนวน 3 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน จากเดิม 9 ขั้นตอน โดยจะเห็นว่ามีการลดขั้นตอนในกระบวนการการทำงาน และลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยมีการลดขั้นตอนจากกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้ การเตรียมเอกสารสำหรับการตรวจสอบคุณภาพ, การแยกเอกสารตามรุ่น, การเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบ, การนำเอกสารสแกนเข้าระบบ และพัฒนาโปรแกรมในการตรวจสอบยังสามารถลดการใช้เอกสารลงอีกด้วย

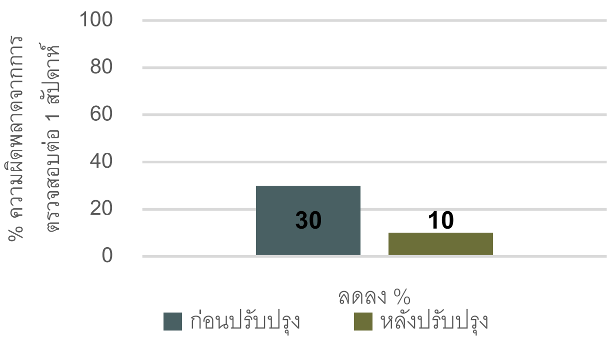
นอกจากนี้ได้ออกแบบการวัดความสัมฤทธิ์ผลของตัวชี้วัดผลการดำเนินงาน (KPI) มาใช้ในการเปรียบเทียบในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์ด้วยสายตา ดังตารางที่ II

ตารางที่ II. ผลเปรียบเทียบระว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

| ลำดับ | KPI ตัวชี้วัดความสำเร็จสำเร็จในการตรวจสอบคุณภาพรถจักรยานยนต์ | ก่อนทำการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| 1 | % ความผิดพลาดจากการตรวจสอบ 1 สัปดาห์ | 30% | 10% |
| 2 | จำนวนครั้งที่ต้องถ่ายเอกสารแบบฟอร์มการตรวจสอบ ต่อ 1 สัปดาห์ | 5 | 0 |
| 3 | เวลาที่ใช้ในการศึกษาเอกสารคู่มือการปฏิบัติ 1 ครั้ง | 1 ชั่วโมง | - |
| 4 | เวลาที่ใช้ในการศึกษกและฝึกอบรมในการตรวจสอบ 1 ครั้ง | 30 นาที | - |

ผลการวิเคราะห์จะเห็นความการพัฒนาโปรแกรม มาใช้นั้นมีประโยชน์ในหลายได้ สามารถลดความผิดพลาดจากการตรวจสอบ ลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนของการใช้กระดาษและยังสามารถลดเวลาที่สูญเสียจากการนำเอกสารแบบฟอร์มการไปถ่ายเอกสารเพื่อใช้ในการตรวจสอบ ลดเวลาในการศึกษาขั้นตอนการทำงาน และหากมีการอัปเดตเอกสารคู่มือการปฏิบัติ พนักงานสามารถประเมินคุณลักษณะของชิ้นงานด้วยภาพดิจิทัลจากโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว โดยที่ไม่ต้องรอ

จากข้อมูลKPI ตัวชี้วัดความสำเร็จในหัวข้อ % ความผิดพลาดจากการตรวจสอบ 1 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าในระยะเวลา 1 สัปดาห์ผลหลังจากการนำโปรแกรมเข้าช่วยในการตรวจสอบสามารถลดความผิดพลาดร้อยละ 20 จากเดิม ดังรูปที่ IX




รูปที่ IX. กราฟเปรียบเทียบร้อยละก่อนและหลังการปรับปรุง


**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัทที่ผู้วิจัยได้นำข้อมูลใช้เป็นกรณีศึกษา รวมไปถึงพนักงานผู้เข้าร่วมสัมภาษณ์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมสัมภาษณ์ ตลอดจนครอบครัว และหัวหน้างาน ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมให้กำลังใจ ห่วงใย และให้ความร่วมมือส่งผลให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี


**เอกสารอ้างอิง**


[1] โยชิโนบุ นายาทานิ และ วิฑูรย์ สิมะโชคดี, “7 New QC tools เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2545

[2] ผศ. ศุภชัย นาทะพันธ์, “การควบคุมคุณภาพ”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2551.

[3] สุรธันย์ ปาละพรพิสุทธิ์, “Lean 4.0 Manufacturing”, ไอ พี อาร์ ไอ, กรุงเทพฯ, 2560

[4] วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์, “เจาะลึก Excel สุดยอดเทคนิค การสร้าง Macro และการเขียน”, ซีเอ็ดยูเคชั่น บมจ., กรุงเทพฯ, 2560

[5] ศิริพร ตั้งวิบูลย์พาณิชย์, “การพัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลผลแบบสอบถาม โดยใช้ภาษา VBA ในโปรแกรมสาเร็จรูปไมโครซอฟต์เอ็กเซล”, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร , กรกฎาคม – ธันวาคม, 2557

[6] ยศพล ครุธเวโช และสิรวิชญ์ วุฒ, การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการติดตามสินค้าคงคลังในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์เกเบี้ยน, ปริญญานิพนธ์ วศบ.อุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม, 2562

[7] พิมล พร้อมมูล, การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการข้อมูลการควบคุมคุณภาพ, ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555

[8] พรรัตน์ ธำรงวุฒิ, การพัฒนาวิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้วีบีเอบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล, วิทยานิพนธ์, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2560

[9] วราภรณ์ ปิ่นแก้ว, การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการตรวจสอบด้วยสายตาของโรงงานผลิตแผ่นแม่พิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2562

[10] นนทิยา เทพพรมมา และ ปิ่นมณี อินเสือ, การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตข้าวแต๋นทวีพรรณ, ปริญญานิพนธ์ วศบ.อุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม, 2562

[11] ขวัญใจ โชคไพบูลย์, การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน : กรณีศึกษากระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์, ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ , 2555

# การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติแบบลีน กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อเหล็ก

# Increase Production Efficiency using Lean Automation: A Case study of Steel Pipe Manufacturing

1st ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย
*หลักสูตรเทคโนโลยีวิศวกรรม*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถ.พัฒนาการ
เขต สวนหลวง กทม.10250
wo.sanaphol_st@tni.ac.th

2nd ดอน แก้วดก
*ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตขั้นสูง*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถ.พัฒนาการ
เขต สวนหลวง กทม.10250
don@tni.ac.th

***บทคัดย่อ* — การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดการผลิตแบบลีนและนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตท่อเหล็ก โดยใช้แผนผังสายธารคุณค่าและเทคนิค ECRS เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต จากการดำเนินงานวิจัย มีการปรับปรุงกระบวนการผลิต ลดการรอคอยในกระบวนการโดยการปรับไลน์การผลิตให้สมดุล (Line balancing) กำจัดความสูญเปล่าจากกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม สามารถลดเวลานำของกระบวนการผลิต จาก 9.5 วัน เหลือ 8.5 วัน คิดเป็นร้อยละ 10.5 นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มเวลาสร้างกิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 7.3 และเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ร้อยละ 2 ผลลัพธ์โดยรวมจากการปรับปรุงกระบวนผลิตในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปวางแผนอัตรากำลังคน ลดแรงงานในสายการผลิตแต่ละไลน์ จาก 13 คน เหลือ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08**

***คำสำคัญ — การเพิ่มประสิทธิภาพ, การผลิตท่อเหล็ก, ระบบอัตโนมัติแบบลีน***

***ABSTRACT* — This article presents the results of research on improving the efficiency of the steel pipe process by integrating the Lean concept and the internet of things (IoT), value stream mapping (VSM), and ECRS techniques. The results were improved production processes, reduced waiting by line balancing, and eliminated waste from the data entry process. After improving, Lead time was reduced from 9.5 days to 8.5 days or decreased by 10.5%, increasing value-added lead time by 7.3% and Overall Equipment Effectiveness (OEE) by 2%. Also, the number of staff in each production line necessary reduced from 13 people to 10 people, representing 23.08%**

***Keywords — Efficiency, Steel Pipe Manufacturing Process, Lean Automation***

## I. บทนำ

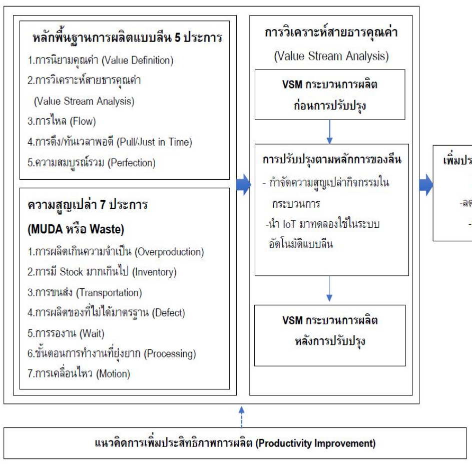
อุตสาหกรรมเหล็กเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศรองรับโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐ การลงทุนโครงการขนาดใหญ่และอุตสาหกรรมต่อเนื่องทั้งภาคผลิตและบริการ จากรายงานสถานการณ์ภาพรวมของอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทยปี 2564 มีปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล็ก 18.9 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 จากปี 2563 และคาดว่าจะเติบโตอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ในปี 2565[1] แต่เนื่องจากการผลิตในประเทศยังไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวได้ จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าเหล็กจากต่างประเทศ ภาพรวมของตลาดเหล็กในประเทศมีภาวะผันผวนทั้งด้านปริมาณและราคาตามกลไกตลาดเหล็กโลก การดำเนินธุรกิจจึงต้องปรับตัวและหาแนวทางการเพิ่มศักยภาพในการผลิต เพื่อตอบโต้กับวิกฤติการณ์การทุ่มตลาดที่เกิดจากผู้ผลิตเหล็กจากต่างชาติ เช่น จีน ที่ใช้กลยุทธ์ราคาขจัดคู่แข่งขันและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยจึงร่วมกับสมาคมผู้ประกอบการและหน่วยงานภาครัฐ จัดทำแผนส่งเสริมอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านโครงสร้างการผลิตและการส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กที่ผลิตในประเทศ คณะรัฐมนตรีมีมติ เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563 ให้หน่วยงานภาครัฐจัดซื้อจัดจ้างพัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง กำหนดให้ใช้เหล็กที่ผลิตในประเทศก่อน โดยต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของมูลค่าหรือปริมาณเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมด[2] จากนโยบายและมาตรการดังกล่าว จะลดการพึ่งพาสินค้านำเข้า ช่วยเร่งการฟื้นตัวของอุตสาหกรรมเหล็กภายในประเทศและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ แต่ด้วยสถานการณ์เศรษฐกิจโลกและภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา(โควิด-19) และความผันผวน ความไม่แน่นอน ความซับซ้อนและความคลุมเครือของสถานการณ์โลก (VUCA World)[3] การปรับตัวในการดำเนินธุรกิจให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Disruption) แข่งขันด้านคุณภาพสินค้า บริการที่ตอบสนองความต้องการลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เมื่อต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นทำให้ดัชนีราคาผู้ผลิตสูงขึ้น กดดันความสามารถในการทำกำไรของผู้ประกอบการ [4] ต้นทุนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อขีดความสามารถในการแข่งขัน[5] ดังนั้นผู้ประกอบการ จึงควรมุ่งเน้นการบริหารจัดการกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผล[6] ลดความสูญเปล่า กำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าให้เหลือน้อยที่สุดและทำให้เกิดขั้นตอนที่สร้างคุณค่ามากขึ้น

## II. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อเหล็กด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน ด้วยหลักการวิเคราะห์ความสูญเปล่า 7 ประการ โดยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping; VSM) เป็นหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ตรวจวัดแบบอัตโนมัติ(Monitoring Automatic) กระบวนการที่ปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

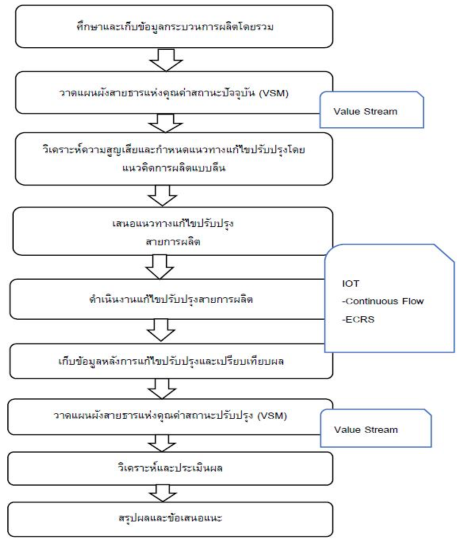
## III. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติแบบลีน กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อเหล็ก โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้




รูปที่ I. กรอบแนวคิดในการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตท่อเหล็กด้วยระบบอัตโนมัติแบบลีน

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฏีที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงกำหนดกรอบแนวคิดในการทำวิจัย ดังรูปที่ I เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (productivity Improvement) [7] ตามหลักพื้นฐานการผลิตแบบลีนโดยการวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Analysis) [8] และวิเคราะห์ความสูญเปล่ากิจกรรมต่างๆในกระบวนการผลิตท่อเหล็กจากสภาพปัจจุบันและจัดทำแผนผังสายธารแห่งคุณค่า การไหลของคุณค่าของกิจกรรมงานทั้งหมด เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของกระบวนการผลิตทั้งหมด วิเคราะห์แยกแยะกระบวนการที่สร้างคุณค่าเพิ่ม(Value Added) และกระบวนการที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม(Non-Value Added)[9] จากนั้นจะทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า เพื่อนำไปสู่การขจัดความสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการนั้นๆ โดยนำ เทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตระบบอัตโนมัติแบบลีน แล้วจัดทำแผนผังสายธารคุณค่าใหม่ เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นตามแนวคิดแบบลีน โดยใช้เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตโดยการลดความสูญเสีย ลดเวลา ลดต้นทุนตามหลักการ ECRS ซึ่งประกอบด้วยการกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่(Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) ลดความสูญเปล่า (Muda หรือ Waste) จากการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดขั้นตอนการสร้างคุณค่าเพิ่มขึ้นและกำจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มและมีการติดตามวัดประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ II

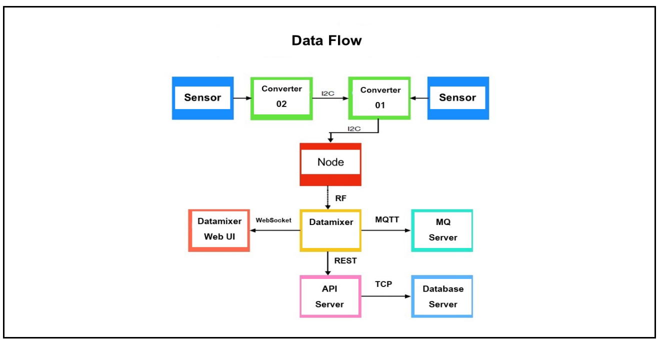



รูปที่ II.ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

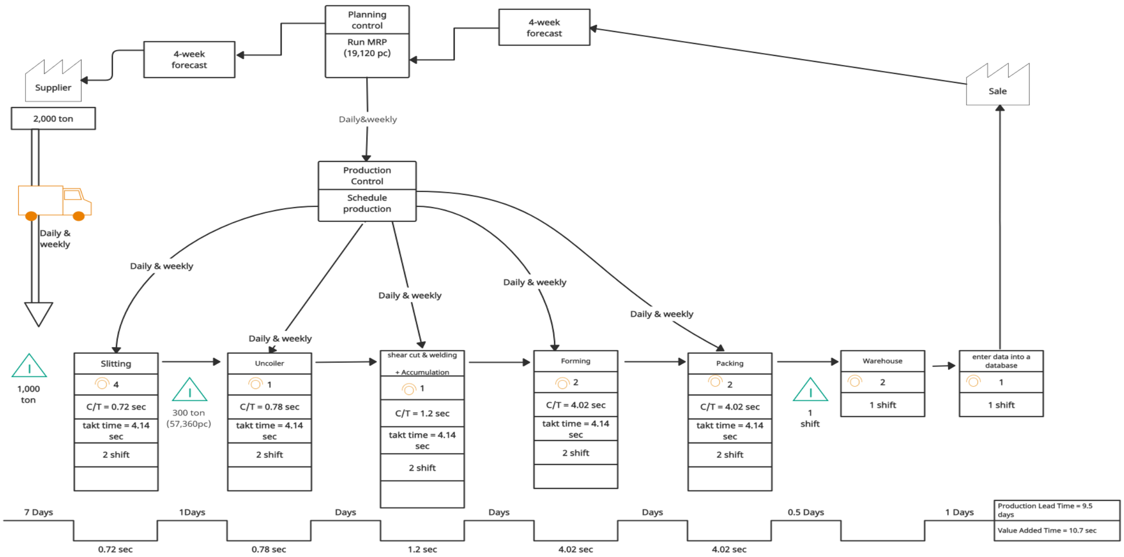
ส่วนแนวคิดการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพนั้น ผู้วิจัยมีการหาข้อมูลทางเทคนิคเปรียบเทียบ Hardware และ Software ที่มีคุณสมบัติและศักยภาพตรงกับความต้องการของกระบวนการที่จะนำไปประยุกต์ใช้ พบว่ามีผลการทดลองจากสถาบัน Vellore institute of technology ประเทศอินเดียที่มีการนำทดลองใช้ Arduino เป็นต้นแบบ (Prototype)ในการMonitoring พบว่า Arduino เป็นทางเลือกที่ดี การทำงานมีประสิทธิภาพดี ราคาถูกและไม่พบปัญหาในการใช้งาน[10] สอดคล้องกับผลการทดลองของ Bina Nusantara University Indonesia Arduino ที่อยู่ในประเทศอินโดนีเซีย[11] ผลการทดลองใช้ของทั้งสองหน่วยงานดังกล่าว เป็นการยืนยันว่า Arduino มีความเหมาะสำหรับการใช้สนับสนุนระบบ IoT และมีราคาถูกและเป็น open-source อีกทั้งภาษาคำสั่งของ Arduino จะอ้างอิงตามภาษา C/C++ สามารถศึกษาได้ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถรับค่าจาก sensor เพื่อข้อมูล ค่าพารามิเตอร์นำไปประยุกต์ใช้ Monitoring System ได้ตามวัตถุประสงค์

รูปที่ III. ผังการไหลของข้อมูลแบบอัตโนมัติ

## IV. ผลการวิจัย



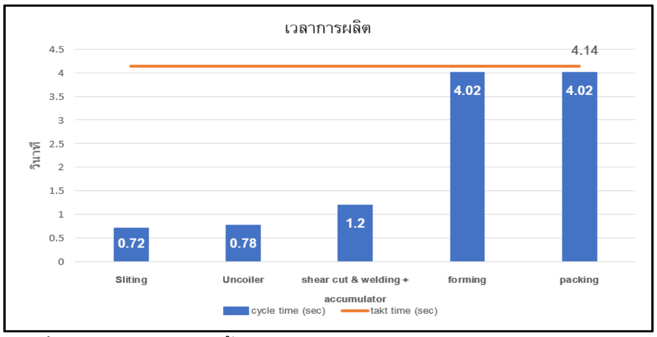

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตท่อเหล็ก โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความสูญเปล่า 7 ประการ[12]และการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) [13] ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลการทำงานในกระบวนการผลิต จากนั้นจึงนำมาเขียนเป็นแผนผังสายธารคุณค่า ดังนี้




รูปที่ IV แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตท่อเหล็ก(ก่อนปรับปรุง)

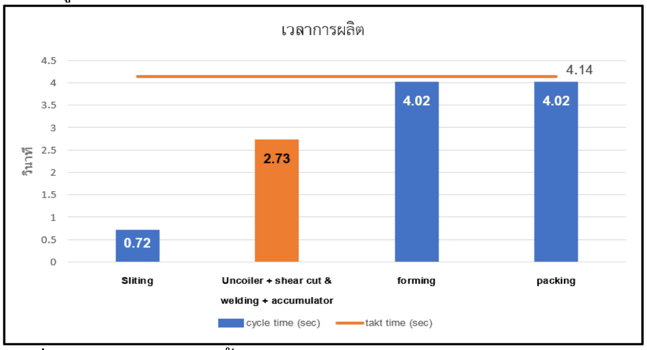
ตารางที่ I แสดงข้อมูลเวลาการผลิตในกระบวนจากแผนผังสายธารคุณค่า (ก่อนปรับปรุง)

| กิจกรรม (event) | เวลา (Time) | หน่วย (Unit) |
|---|---|---|
| Production lead time | 9.5 | วัน |
| Value add time | 10.7 | วินาที |




รูปที่ V เวลาในการผลิตชิ้นงานแต่ละStationในกระบวนการผลิตท่อเหล็ก (ก่อนปรับปรุง)

จากรูปที่ IV แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตท่อเหล็ก (ก่อนปรับปรุง) และเวลาการผลิตที่ใช้ในกระบวนการผลิตท่อเหล็กก่อนปรับปรุง ดังรูปที่ V และตารางที่ I เป็นสถานะก่อนปรับปรุง พบว่า takt time เท่ากับ 4.14 วินาที และรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 9.5 วัน ส่วนเวลาที่ชิ้นงานชิ้นแรกเริ่มผลิตจนกระทั่งผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน เท่ากับ 10.7 วินาที ผลการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่าพบว่า กระบวนการ uncoiler และ shear cut & welding + accumulator มี cycle time 0.78 วินาทีและ 1.2 วินาทีตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสูญเปล่า 7 Waste หรือ MUDA พบว่ากระบวนการ uncoiler และ shear cut & welding + accumulator มีการสูญเสียจากการรอ เนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล เพราะทั้งสองกระบวนการมี cycle time 0.78 และ 1.2 วินาที ซึ่งน้อยกว่ากระบวนผลิตหลักForming อยู่ 5 เท่า และ 3.35 เท่า จึงออกแบบปรับปรุงโดยจัดสรรปริมาณงานและแรงงานให้มีความสมดุลในสายการผลิต )Line balancing)[14] โดยจัดงานให้พนักงาน 1 คน ทำงานทั้งสองกระบวนการ ได้แก่ uncoiler และ shear cut & welding+accumulator จากการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานจริงในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว พบว่า cycle time เฉลี่ยเท่ากับ 2.73 วินาที ซึ่งต่ำกว่า takt time ทั้งนี้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้จริงและไม่มีผลกระทบต่อมาตรฐานการปฏิบัติงาน ดังแสดงรอบเวลาการผลิตแต่ละกิจกรรมในกระบวนการผลิต ในรูปที่ VI

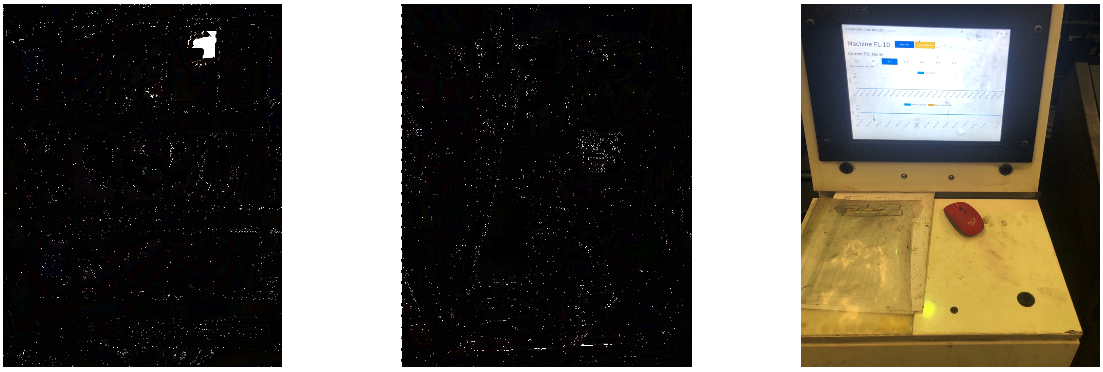



รูปที่ VI เวลาในการผลิตชิ้นงานแต่ละStationในกระบวนการผลิตท่อเหล็ก (หลังปรับปรุง)

ตารางที่ II แสดงข้อมูลเวลาการผลิตในกระบวนจากแผนผังสายธารคุณค่า (หลังปรับปรุง)

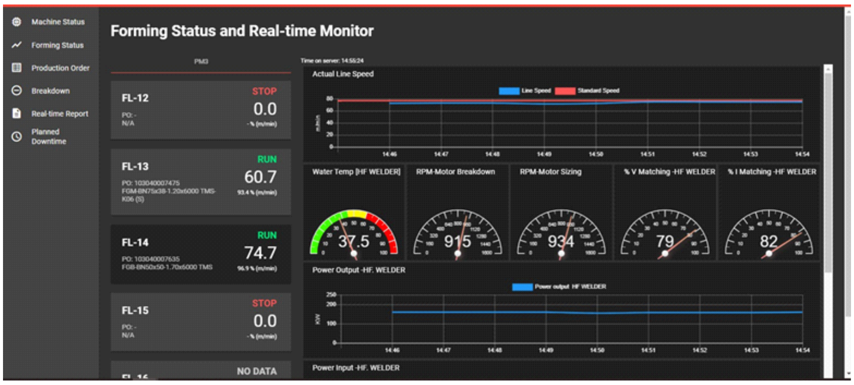
| กิจกรรม (event) | เวลา (time) | หน่วย (unit) |
|---|---|---|
| Production lead time | 8.5 | วัน |
| Value add time | 11.49 | วินาที |

จากการวิเคราะห์กระบวนการเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตท่อเหล็ก โดยการจัดสมดุลสายการผลิต(Line balancing) นอกจากนี้ยังพบว่ากิจกรรม enter data into the database แบบ Manual เพื่อนำข้อมูลเข้าระบบ SAPนั้นยังขาดประสิทธิภาพ พบปัญหาข้อมูลไม่Realtimeและขาดความถูกต้องแม่นยำ จึงมีการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อกำจัดกิจกรรม enter data into the database (manual)ที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added) ซึ่งมีการออกแบบwebsiteและติดตั้งอุปกรณ์ IoT ได้แก่ Convertor, Node, Gateway, Datamixer, and Website Performance Monitoring ดังนี้



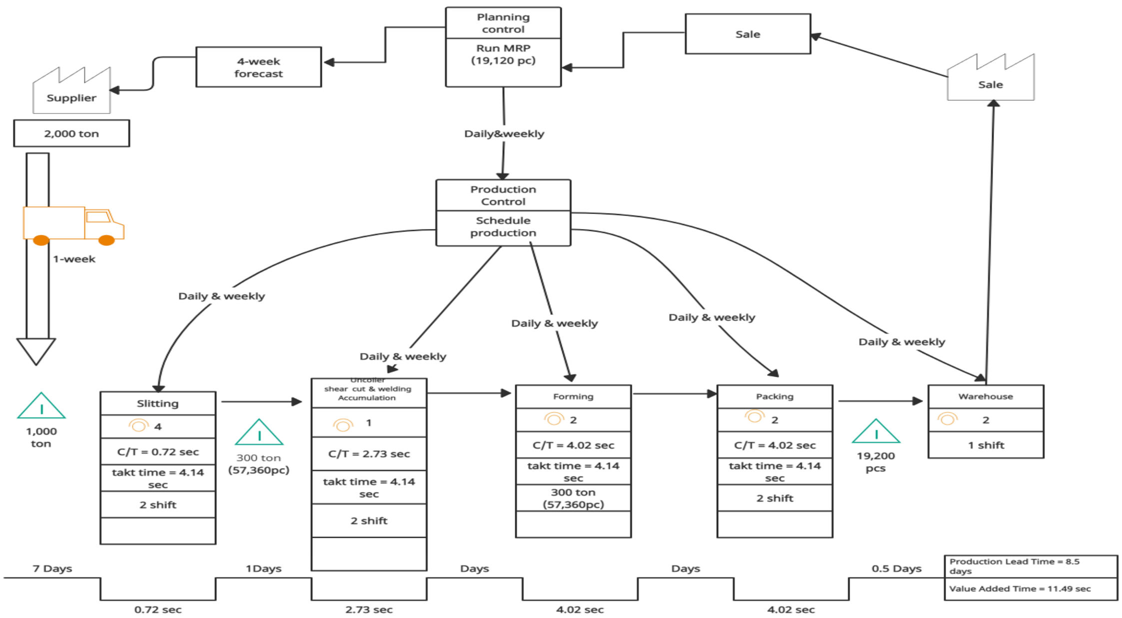
รูปที่ VII อุปกรณ์ IoT (Convertor, Node, Gateway, Datamixer)

ผลการทดลองดังแสดงตามรูปที่ VI, VII, VIII, IX และตารางที่ II พบว่า ข้อมูล




รูปที่ VIII การออกแบบและจัดทำหน้าจอแสดงผล Website Performance Monitoring

จากผลการทดลองติดตั้งอุปกรณ์ IoT ในกระบวนการผลิตท่อเหล็ก พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการข้อมูลให้มีความรวดเร็วแม่นยำ ดังแผนผังสายธารคุณค่าหลังการปรับปรุง ต่อไปนี้




รูปที่ IX แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตท่อเหล็ก(หลังปรับปรุง)

เวลาการผลิตในกระบวนการ พบว่า takt time เท่ากับ 4.14 วินาที และรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 8.5 วัน ส่วนเวลาที่ชิ้นงานชิ้นแรกเริ่มผลิตจนกระทั่งผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนเพิ่มขึ้น เท่ากับ 11.49 วินาที เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.38 และสามารถลดจำนวนพนักงาน 1 คนต่อ 1 กะการทำงาน และจากแผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการ enter data into the database ด้วยคนแบบ Manual เป็นกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแล้ว สามารถกำจัดกิจกรรมการเคลียร์ยอดการผลิต ที่พนักงานต้องหยุดเครื่องก่อนเวลาเพื่อทำการบันทึกข้อมูลการผลิต ทำให้การผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) แนวทางการปรับปรุงการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต เพื่อให้เกิดขั้นตอนกิจกรรมที่สร้างคุณค่าเพิ่มมากขึ้นและกำจัดกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าเหลือน้อยที่สุด อีกทั้งสามารถลดขั้นตอนของกระบวนการทำงาน ลดรอบเวลาการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานตามแนวคิดของลีนเพื่อกำจัดความสูญเปล่ากิจกรรมรอคอย(Waiting) ที่เกิดจากภาระงานที่ไม่สมดุล การบันทึกข้อมูล จัดทำเอกสารจำนวนมากและยังขาดประสิทธิภาพ รวมทั้งการปิดเครื่องจักรก่อนเวลาพักและเลิกงาน โดยใช้เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตโดยการลดความสูญเสีย ลดเวลา ลดต้นทุนตามหลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตจากการลดความสูญเสีย[15]ดังนี้

-การกำจัด (Eliminate) เวลาที่สูญเสียไปจากการกิจกรรมงานเคลียร์ยอดการผลิตประจำวันวันละ 4 ครั้งได้แก่ ก่อนช่วงเวลาพักและก่อนเวลาเลิกงานทั้งสองกะใช้เวลาเฉลี่ยวันละ 24 นาที ซึ่งการเคลียร์ยอดผลิตประจำวันนี้เป็นกิจกรรมในระหว่างกระบวนการผลิตที่พนักงานต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อบันทึกข้อมูลลงในเอกสาร คิดเป็นร้อยละ 2 ของเวลาทำงานทั้งหมด

-การทำให้ง่ายขึ้น (Simplify)โดยเปลี่ยนวิธีการบันทึกข้อมูลในเอกสารแบบฟอร์มด้วยมือ เป็นการนำเทคโนโลยี IoT มาบันทึกค่าพารามิเตอร์ในการผลิต ทดแทนกิจกรรมพนักงาน 2 คน ที่ต้องเดินไปจดบันทึกพารามิเตอร์ทุกๆ 30 นาที

ตารางที่ III ข้อมูลความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง (ข้อมูลเฉลี่ยตั้งแต่เดือน มิ.ย. 64-ส.ค. 64)

| กิจกรรม | เวลา (นาที) | สัดส่วน % เทียบกับเวลาที่ต้องทำงาน |
|---|---|---|
| ซ่อมเครื่องจักร | 5,883 | 17% |
| ปรับตั้งเครื่องจักร | 1,967 | 6% |
| เปลี่ยนใบเลื่อย | 1320 | 4% |
| เคลียร์ยอดผลิต | 640 | 2% |
| รอวัตถุดิบ | 350 | 1% |
| อื่นๆ | 324 | 1% |
| ประชุมทีมงาน | 240 | 1% |

ตารางที่ IV ข้อมูลความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร หลังการปรับปรุง (ข้อมูลเฉลี่ยตั้งแต่เดือน ก.ย. 64-พ.ย .64)

| กิจกรรม | เวลา (นาที) | สัดส่วน % เทียบกับเวลาที่ต้องทำงาน |
|---|---|---|
| ซ่อมเครื่องจักร | 6,950 | 20% |
| ปรับตั้งเครื่องจักร | 2,010 | 6% |
| เปลี่ยนใบเลื่อย | 1,250 | 4% |
| เคลียร์ยอดผลิต | 0 | 0% |
| รอวัตถุดิบ | 340 | 1% |
| อื่นๆ | 380 | 1% |
| ประชุมทีมงาน | 240 | 1% |

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่า สามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) โดยจะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเคลียร์ยอดผลิตก่อนปรับปรุงมีสัดส่วน 2% ของเวลาที่ต้องทำงานและลดลงเหลือศูนย์หลังการปรับปรุงแล้ว

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตแบบลีน การปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อเหล็กด้วยการวัดประสิทธิผลของเครื่องจักรโดยรวม OEE (Overall Equipment Effectiveness)[16] ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$OEE = A \times P \times Q \qquad (1)$$

โดยที่ A-Availability Rate อัตราส่วนของเวลาที่เครื่องจักรนั้นปฏิบัติงานได้จริงต่อเวลาที่มีในการผลิต (% Run)

P-Performance Rate อัตราส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้จริง ต่อจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นควรผลิตได้ตามกำลังผลิต

Q-Quality Rate อัตราส่วนของชิ้นงานดีที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ต่อจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ทั้งหมด หรือ Yield

$$\text{OEE} = \frac{\text{(จำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรผลิต) X (รอบเวลาของเครื่องจักร)}}{\text{จำนวนเวลาที่เครื่องจักรนั้นใช้ไปในการผลิตจริง}}$$

ตารางที่ V ข้อมูลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของเครื่องจักรโดยรวม เปรียบเทียบ ก่อน-หลัง การปรับปรุงกระบวนการ

| | ก่อนปรับปรุง | | | หลังปรับปรุง | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ปี2564/เดือน | มิย | กค | สค | กย | ตค | พย |
| วันทำงาน | 26 | 27 | 26 | 26 | 27 | 27 |
| เวลาที่ต้องทำงาน | 34,320 | 35,640 | 34,320 | 34,320 | 35,640 | 35,640 |
| เวลาผลิตจริง | 24,816 | 23,166 | 24,367 | 24,367 | 25,588 | 25,944 |
| เวลาที่สูญเสีย | 9,504 | 12,474 | 9,953 | 9,953 | 10,052 | 9,696 |
| Availability | 72.3% | 65.0% | 71.0% | 71.0% | 71.8% | 72.8% |
| preformance | 75.0% | 75.0% | 75.0% | 75.0% | 75.0% | 75.0% |
| yield | 95.8% | 96.2% | 95.1% | 96.5% | 96.0% | 95.7% |
| OEE | 52.0% | 46.9% | 50.6% | 51.4% | 51.7% | 52.2% |
| Ave OEE | 49.8% | | | 51.8% | | |

จากตารางที่ V จะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้ว พบว่าประสิทธิภาพการผลิตท่อเหล็กเพิ่มสูงขึ้น โดยก่อนปรับปรุงมีค่า OEE ร้อยละ 49.8 และหลังปรับปรุง มีค่า OEE ร้อยละ 51.8 เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 2

## V. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยนี้ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตตามแนวคิดลีน โดยการประยุกต์ใช้การจัดการสายธารคุณค่า (VSM) การวิเคราะห์ความสูญเปล่าและแนวทางปรับปรุงตามหลักการ ECRS รวมทั้งการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในกระบวนการผลิต

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ มีการวิเคราะห์และจัดทำแผนผังสายธารคุณค่าทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง เพื่อวิเคราะห์กระบวนการ กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) และแก้ไขปัญหาการสูญเสียจากการรอคอย (Waiting) สรุปผลการวิจัยดังนี้

*V.I.* ลด lead time จาก 9.5 วัน เหลือ 8.5 วัน คิดเป็น 10.5% และสามารถเพิ่ม value-added lead time จาก 10.7 วินาที เป็น 11.49 วินาที คิดเป็น 7.3%

*V.II.* สามารถลดต้นทุนแรงงานจากการจัดสายการผลิตให้สมดุล ส่งผลต่อการวางแผนการบริหารจัดการอัตรากำลังคนในแต่ละไลน์การผลิต จากเดิม 12 อัตรา เหลือ 10 อัตรา ลดลง 2 อัตรา

*V.III.* สามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) และนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการ เพื่อทดแทนแรงงานคน และกำจัดความสูญเปล่าจากการรอคอย (Wait) ทำให้กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) ไม่ต้องหยุดเครื่องวันละ 4 ครั้ง

*V.IV.* ลดเวลาการหยุดเครื่องจักร วันละ 24 นาที ต่อสายการผลิต คิดเป็นร้อยละ 2 ของเวลาการทำงาน

*V.V.* กำจัดกิจกรรมการจดบันทึกข้อมูล ส่งผลให้สามารถลดอัตรากำลังคน ที่ทำหน้าที่บันทึกและจัดทำรายงานข้อมูล จำนวน 1 คนในทุกสายการผลิต

*V.VI.* เพิ่มประสิทธิภาพการบันทึกและรายงานข้อมูลที่มีความถูกต้อง แม่นยำรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ด้วยการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อส่ง

ค่าพารามิเตอร์สู่ระบบ SAP ที่ผ่านการตรวจด้วย RPA (Robotic Process Automation)

*V.VII.* ผลลัพธ์การปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อเหล็กในการวิจัยครั้งนี้ สามารถเพิ่มประสิทธิผลของเครื่องจักรโดยรวม OEE (Overall Equipment Effectiveness) เพิ่มขึ้นจาก 49.8 % เป็น 51.8% คิดเป็น ร้อยละ 2

*V.VIII.* ภาพรวมผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนอัตรากำลังคน(Manpower Planning) สายการผลิตในแต่ละไลน์ จากเดิม 13 คน สามารถลดได้ 3 คน คิดเป็นแรงงานในไลน์การผลิต ลดลง ร้อยละ 23.08

## VI. ข้อเสนอแนะ

*VI.I.* ในการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดลองนำ IoT มาประยุกต์ใช้ในการ monitoring เท่านั้น ควรมีการพัฒนาต่อยอดพัฒนาการใช้ IoT ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น นำค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในการควบคุมการการดำเนินงานในระบบการผลิต

*VI.II.* พัฒนาการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล IoT เชื่อมโยงกับเครื่องจักรและใช้ EVSM เพื่อรับทราบรายงานข้อมูล ติดตามสถานะการไหลของกระบวนการ เพื่อการควบคุม บริหารจัดการกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นเวลาปัจจุบัน (Realtime)

*VI.III.* จัดทำแผนการพัฒนา Basic Lean สู่ Digital Lean และบูรณาการใช้ Digital Technology และ Data Analytic ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อพัฒนาองค์กรสู่ Smart Factory

## เอกสารอ้างอิง


[1] วิโรจน์ โรจน์วัฒนชัย, “เหล็กปี 2565 ยังโตต่อ แนะรัฐเพิ่มใช้เหล็กในประเทศช่วยฟื้นเศรษฐกิจ,” [Online]. Available: https://www.bangkokbiznews.com/business/986141. [Accessed: 2 กุมภาพันธ์ 2565].

[2] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, “ต้นทุนก่อสร้างทั้งระบบส่อพุ่ง 0.8% หลังรัฐดันเพิ่มสัดส่วนจัดซื้อจัดจ้างเหล็กผลิตในประเทศ,” [Online]. Available: https://www.prachachat.net/finance/news-531265. [Accessed: 3 ตุลาคม 2563].

[3] ขวัญใจ เตชเสนสกุล, “VUCA World โลกแห่งความผันผวน New Normal ในยุคปัจจุบัน,” [Online]. Available: https://kmc.exim.go.th/detail/20190927190855/20200115125851. [Accessed: 30 มกราคม 2565].

[4] ชนาภา ศรจิตติโยธิน, “จับตาราคาเหล็กปี 65 อุตสาหกรรมโต ดีมานด์เพิ่ม ดันราคาสูง,” [Online]. Available: com/business/970271. [Accessed: 7 พฤศจิกายน 2564].

[5] ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กไทย, “รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความต้องการใช้งานผลิตภัณฑ์เหล็กในอุตสาหกรรมต่อเนื่องของประเทศไทย,” [Online]. Available: https://iiu.isit.or.th/th/reports/In-Depth%20Research%20Report.aspx. [Accessed: 30 พฤศจิกายน 2562].

[6] คำนาย อภิปรัชญาสกุล, *การเพิ่มประสิทธิภาพในองค์กร*, กรุงเทพฯ: โฟกัส มีเดีย แอนด์ พับลิชิ่ง, 2560.

[7] L. Mulugeta, “Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company,” in the International Conference on Newer Trends and Innovation in Mechanical engineering: Materials Science, Elsevier B.V., 2020.

[8] J.M. Rohani and S.M. Zahraree, “Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of the color industry,” in Procedia Manufacturing, Elsevier B.V., pp 6-10, 2015.

[9] วทัญญู ทัศนเอี่ยม, “การเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการทำงานระหว่างแนวทางลีนและแนวทางลีน-ทีคิวเอ็มในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (อุตสาหการ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2556.

[10] K.K. Sai, S. Mukherjee, and P. Sultana H, “Low-cost IoT base air Quality Monitoring setup Using Arduino and MQ Series Sensor with the dataset Analysis,” in Procedia Computer Science, Elsevier B.V., pp. 322-327, 2019.

[11] D.A.D. Audrey, Stanley, K.S. Tabarka, A. Lazaro, and W. Budiharto, “Monitoring Mung Bean’s Growth using Arduino,” in Procedia Computer Science, Elsevier B.V., pp. 352-360, 2021.

[12] ปรียาวดี ผลเอนก, การจัดการคุณภาพ, กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558.

[13] D. Agarwal and A. Katiyar, “Value Stream Mapping: Literature Review and Implementation for an Assembly Line,” International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), vol 7, Issue 1, pp.60-66, January. 2018.

[14] ชัยวัฒน์ ศรีไชยแสง, “การปรับปรุงระบบการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (อุตสาหการ), มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.

[15] อติกานต์ ม่วงเงิน, “การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีน (ECRS+IT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานระบบตู้รับคืนหนังสืออัตโนมัติ สำนักบรรณสารพัฒนา,” งานวิจัยการพัฒนางานประจำสู่การวิจัย, สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2562.

[16] เสขสัน นาคพ่วง, ศักดิ์ชาย รักการ และ จีรวัฒน์ ปล้องใหม่, “การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร,” วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 131-147, พฤษภาคม-สิงหาคม. 2563.

# การกำหนดนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกัน สำหรับระบบที่มีหลายวัสดุคงคลังโดยอุปสงค์มีองค์ประกอบฤดูกาล

# Determination of Joint Inventory Replenishment Policy for the System having Multiple Items with Seasonal Demands

1st สุนันทา เกษมสุข
Sunanta Kasemsuk
*ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
*Industrial Engineering Department*
*Faculty of Engineering, Kasetsart University*
Bangkok / Thailand
sunanta.kss@gmail.com

2nd วิสุทธิ์ สุพิทักษ์
Wisut Supithak
*ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
*Industrial Engineering Department*
*Faculty of Engineering, Kasetsart University*
Bangkok / Thailand
fengwsst@ku.ac.th

***บทคัดย่อ*** **—งานวิจัยนี้ศึกษาการกำหนดนโยบายเติมเต็มสินค้าคงคลังหลายประเภทร่วมกันตามรอบเวลา โดยอุปสงค์ของสินค้าคงคลังแต่ละประเภทมีอิทธิพลฤดูกาล หลักการของนโยบายการเติมเต็มสินค้าคงคลังตามรอบเวลาการสั่งซื้อร่วมกันแบบประหยัดได้ถูกนำมาประยุกต์ และปรับใช้เพื่อให้สอดคล้องกับอิทธิพลฤดูกาลในอุปสงค์ สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของนโยบายที่นำเสนอ ได้มีการสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์วิธีมอนติคาร์โลขึ้น โดยตัวแบบจำลองสถานการณ์ อุปสงค์ที่มีอิทธิพลฤดูกาลในแต่ละช่วงเวลาถูกสร้างขึ้นอย่างสุ่มโดยการคูณอุปสงค์ที่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาลด้วยค่าดัชนีฤดูกาลของช่วงเวลา $L$ ถัดไป ในการจำลองสถานการณ์มีตัวแปรตอบสนองเป็นค่าใช้จ่ายแปรผันรวมของระบบ ตัวแปรตัดสินใจเป็นค่ารอบเวลาเติมเต็มสินค้าคงคลังร่วมกัน และระดับสินค้าคงคลังเผื่อ จากการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าอุปสงค์จากสถานประกอบการกรณีศึกษา ซึ่งมีองค์ประกอบฤดูกาล พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนโยบายเติมเต็มสินค้าคงคลังร่วมกันตามรอบเวลาแบบเดิม ซึ่งไม่มีการพิจารณาถึงองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ นโยบายที่นำเสนอในงานวิจัยสามารถลดต้นทุนแปรผันรวมของระบบลงได้ 11.66 เปอร์เซ็นต์ โดยมีช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ของค่าใช้จ่ายแปรผันรวมทั้งหมดของระบบจากนโยบายที่นำเสนอและนโยบายแบบเดิม คือ (408006, 408872) บาท และ (461900, 462748) บาท ตามลำดับ**

***คำสำคัญ*** **— สินค้าคงคลัง, อุปสงค์ที่มีฤดูกาล, การเติมเต็มร่วมกัน, มอนติคาร์โล**

***ABSTRACT*** **— The research study the inventory replenishment policy for the system having multiple items being replenished at the same time interval. Each item has its own demand with seasonality. The concept of economic order interval with jointed ordering policy has been applied and adjusted in order to encounter the influence of seasonality in the demand. For the performance evaluation of the proposed method, the Monte Carlo simulation model has been constructed. In the simulation model, each period seasonal demand is randomly generated by multiplying the de-seasonalized demand with the seasonal index corresponding to the next $L$ periods. With the total variable cost being treated as the response variable for the simulation model, the jointed time between orders and the safety stock level are considered as two decision variables. From the result of fishing equipment store case study, in comparison to the traditional economic order interval model with jointed ordering policy, the proposed method can reduce the total variable cost of the system by 11.66 percent. The 95% confidence intervals on the total variable cost obtained from the proposed method and traditional method are (408006, 408872) and (461900, 462748), respectively.**

***Keywords*** **— Inventory, Seasonal Demand, Joint Replenishment, Monte Carlo**

## I. บทนำ

การบริหารจัดการวัสดุคงคลังที่มีประสิทธิภาพ เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันขององค์กร การมีวัสดุคงคลังในระดับที่สูงเกินไป สามารถก่อให้เกิดต้นทุนของระบบที่สูงขึ้นจากการจัดเก็บ ขนย้าย การเสื่อมสภาพ รวมถึงเกิดค่าเสียโอกาสจากต้นทุนจม ในทำนองกลับกัน การมีระดับวัสดุคงคลังที่ต่ำเกินไป สามารถก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัสดุคงคลัง ทำให้ระบบไม่สามารถตอบสนองอุปสงค์ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ระบบเกิดค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อย้อนหลัง ค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อเผื่อ ค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียการขาย รวมถึงค่าเสียโอกาสจากการหยุดผลิต

โดยทั่วไปการกำหนดนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังมีรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปสงค์ [1] การจำแนกนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังประเภทต่างๆ ตามลักษณะอุปสงค์ถูกกล่าวถึงใน [2] งานวิจัยในระยะแรกที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังในระบบที่มีอุปสงค์เป็นอิสระต่อกันโดยอุปสงค์มีลักษณะต่อเนื่องได้ถูกศึกษาโดย [3] ซึ่งได้กล่าวถึงตัวแบบการสั่งซื้ออย่างประหยัด (Economic Order Quantity; EOQ) โดยมีลักษณะการเติมเต็มวัสดุคงคลังเมื่อถึงจุดสั่งซื้อ และมีปริมาณการเติมเต็มในแต่ละครั้งคงที่ การประยุกต์ใช้ตัวแบบดังกล่าวกับระบบที่มีเงื่อนไขต่างๆ ได้ถูกศึกษาในหลายงานวิจัย การทบทวนวรรณกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบ EOQ สามารถสืบค้นได้จาก [4] และ [5] ทั้งนี้ตัวแบบพื้นฐาน EOQ เป็นการพิจารณาการเติมเต็มวัสดุคงคลังประเภทเดียวโดยมีสมมติฐานของอุปสงค์ที่มีค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ

ระดับคงที่ ไม่มีองค์ประกอบแนวโน้ม และไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล นโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังหลายประเภทจากผู้ผลิตรายเดียวกันกรณีอุปสงค์วัสดุคงคลังแต่ละประเภทไม่มีองค์ประกอบแนวโน้ม และไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล สามารถถูกศึกษาได้จาก [2] [6] [7] และ [8] สำหรับกรณีที่ระบบมีอุปสงค์ของวัสดุคงคลังประเภทเดียวโดยอุปสงค์มีองค์ประกอบฤดูกาลสามารถถูกพิจารณาได้จากงานวิจัยของ [9]

งานวิจัยนี้ทำการศึกษานโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลา กรณีระบบมีวัสดุคงคลังหลายชนิดถูกสั่งเติมเต็มจากผู้ผลิตรายเดียวกัน อุปสงค์ของวัสดุคงคลังแต่ละชนิดมีองค์ประกอบแนวโน้ม และกรณีระบบมีการขาดแคลนวัสดุคงคลังถูกพิจารณาเป็นการสูญเสียการขาย โดยนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลาได้ถูกนำมาปรับปรุงเพื่อประยุกต์ใช้ในการหาระดับวัสดุคงคลังสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรอบเวลาเติมเต็ม เพื่อลดค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผันรวมของระบบ ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายการสั่งเติมเต็ม ค่าใช้จ่ายในการถือครอง และค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนวัสดุคงคลัง

## II. คำอธิบายสัญลักษณ์ย่อ

กำหนดให้ระบบมีวัสดุคงคลัง $n$ ประเภท ที่แตกต่างกัน ($i$ = 1, 2,…, $n$) ถูกเติมเต็มพร้อมกันทุกช่วงเวลา $T_{joint}$ อุปสงค์แต่ละประเภทมีองค์ประกอบฤดูกาล โดย 1 ฤดูกาลประกอบด้วย $N$ คาบเวลา ($p$ = 1, 2, …, $N$)

$S_{joint}$ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัสดุคงคลังร่วมกัน (บาทต่อครั้ง)
$H_i$ ต้นทุนถือครองวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$ (บาทต่อชิ้นต่อปี)
$f_i$ ค่าสัดส่วนถือครองวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$
$C_i$ ต้นทุนวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$ (บาทต่อชิ้น)
$TC$ ค่าใช้จ่ายรวมต่อปี (บาท)
$D_i$ อุปสงค์ของวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$ (ชิ้นต่อปี)
$SS_i$ ระดับวัสดุคงคลังเผื่อประเภทที่ $i$ (ชิ้น)
$L$ ช่วงเวลานำของการสั่งซื้อ (หน่วยของเวลา)
$T_j$ คาบเวลาย่อยที่พิจารณา โดยกำหนดให้ในแต่ละฤดูกาลมี ($j$ = 1, 2,…, $m$) คาบเวลาย่อยที่พิจารณา
$T^*_{joint}$ รอบเวลาการสั่งซื้อร่วมกันที่เหมาะสม (หน่วยของเวลา)
$E_{max_i}$ ระดับวัสดุคงคลังสูงสุดของวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$ (ชิ้น)
$E^p_{max_i}$ ระดับวัสดุคงคลังสูงสุดของวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$ ที่มีการปรับค่าด้วยองค์ประกอบฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาที่มีการตอบสนองอุปสงค์ (ชิ้น)
$C^p_i$ ค่าดัชนีฤดูกาลของวัสดุคงคลังประเภทที่ $i$ สำหรับคาบเวลาที่ $p$ ของฤดูกาล ($i$ = 1, 2,…, $n$ และ $p$ = 1, 2, …, $N$)

## III. การเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลากรณีอุปสงค์มีฤดูกาล

### *III.I. นโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลา*

นโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลาเป็นนโยบายที่สามารถถูกนำมาประยุกต์ใช้ สำหรับกรณีที่ระบบมีวัสดุคงคลังหลายชนิดซึ่งถูกเติมเต็มจากผู้ผลิตจากรายเดียวกัน โดยทั่วไปเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการสั่งเติมเต็ม การเติมเต็มวัสดุคงคลังในกลุ่มดังกล่าวจะถูกทำพร้อมกันตามรอบเวลาเติมเต็มที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบสำหรับกรณีระบบมีวัสดุคงคลังหลายชนิดถูกสั่งเติมเต็มพร้อมกัน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$TC(T_{joint}) = \sum_{i=1}^{n} C_i D_i + \frac{S_j}{T_{joint}} + \sum_{i=1}^{n} H_i D_i T_{joint} \quad (1)$$

รอบเวลาการเติมเต็มร่วมกันที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้โดยการหาอนุพันธ์ของค่าใช้จ่ายรวมต่อปีเทียบกับ $T_{joint}$ ดังแสดงในสมการที่ 2

$$\frac{dTC(T_{joint})}{dT_{joint}} = -\frac{S_{joint}}{T^2_{joint}} + \sum_{i=1}^{n} H_i D_i = 0$$

$$T^*_{joint} = \sqrt{\frac{2S_{joint}}{\sum_{i=1}^{n} H_i D_i}} \quad (2)$$

ทั้งนี้ระดับวัสดุคงคลังสูงสุดของวัสดุคงคลังแต่ละชนิดสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$E_{max_i} = D_i T + D_i L + SS_i \quad (3)$$

ในกรณีที่อุปสงค์ต่อคาบเวลาของระบบมีการแจกแจงแบบปกติ และช่วงเวลานำเป็นค่าคงที่ การคำนวณปริมาณสินค้าเผื่อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าประเภทที่ $i$ ($i$ = 1, …, $n$) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 4

$$SS_i = Z_\alpha \sigma_i \sqrt{L + T^*_{joint}} \quad (4)$$

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีที่ประหยัดของระบบสามารถคำนวณดังสมการที่ 5

$$TC(T^*_{joint}) = \sum_{i=1}^{n} (C_i D_i + H_i D_i T^*_{joint} + H_i SS_i) \quad (5)$$

การกำหนดนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลา จะทำการคำนวณรอบเวลาเติมเต็มร่วมกันที่เหมาะสม ($T^*_{joint}$) และระดับวัสดุคงคลังเผื่อสำหรับวัสดุคงคลังแต่ละชนิด ($SS_i$) ที่ระดับบริการลูกค้าต่อรอบที่กำหนด จากนั้นจึงทำการคำนวณระดับวัสดุคงคลังสูงสุดสำหรับวัสดุคงคลังแต่ละชนิด ($E_{max_i}$) จากสมการที่ 2 4 และ 3 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณสั่งเติมเต็มของวัสดุคงคลังแต่ละชนิดในแต่ละรอบเวลามีค่าเท่ากับผลต่างของระดับวัสดุคงคลังสูงสุดชนิดนั้นกับระดับวัสดุคงคลังในระบบที่มี

### *III.II. อิทธิพลขององค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์*

องค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์เป็นองค์ประกอบที่แสดงถึงรูปแบบการแกว่งตัวขึ้นลงของอุปสงค์ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งรูปแบบดังกล่าวจะมีการเกิดซ้ำ เมื่อครบรอบแต่ละฤดูกาล โดยทั่วไปแต่ละฤดูกาลประกอบด้วย $N$ คาบเวลา (Period) โดยค่าความเป็นฤดูกาลของอุปสงค์ในแต่ละคาบเวลาถูกแสดงด้วยดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index) เช่น กรณีที่อุปสงค์แต่ละฤดูกาลถูกจำแนกเป็น $N$ = 4 คาบเวลา โดยมีดัชนีฤดูกาลของแต่ละคาบเวลาเป็น $C_1$ = 0.6 $C_2$ = 0.9 $C_3$ = 1.0 $C_4$ = 1.5 ค่าอุปสงค์ในแต่ละคาบเวลา $d_1$ $d_2$ $d_3$ $d_4$ จะมีค่าเท่ากับ 0.6 0.9 1.0 และ 1.5 เท่าของอุปสงค์เฉลี่ยรวม ตามลำดับ

### *III.III. นโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลากรณีอุปสงค์มีฤดูกาล*

โดยทั่วไปหากไม่มีการวิเคราะห์ความเป็นฤดูกาลในอุปสงค์วัสดุคงคลังที่มีองค์ประกอบฤดูกาล อิทธิพลขององค์ประกอบฤดูกาลจะทำให้ค่าความไม่แน่นอน (หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในอุปสงค์สูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ปริมาณสินค้าเผื่อในระบบที่ถูกกำหนดมีค่าสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนรวมของระบบมีค่าสูงขึ้น

การกำหนดนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลากรณีอุปสงค์มีองค์ประกอบฤดูกาลที่ถูกนำเสนอในงานวิจัย สามารถจำแนกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ I. ทำการวิเคราะห์ดัชนีฤดูกาลในแต่ละคาบเวลา $N$ ของ

อุปสงค์วัสดุคงคลังแต่ละชนิด โดยวิธีค่าเฉลี่ยอย่างง่าย (กำหนดให้ไม่พิจารณาองค์ประกอบแนวโน้ม (Trend) ในอุปสงค์)

ขั้นตอนที่ II. ทำการถอดองค์ประกอบฤดูกาลออกจากอุปสงค์ของสินค้าแต่ละประเภท โดยการหารค่าอุปสงค์ที่มีฤดูกาลด้วยดัชนีฤดูกาลที่สอดคล้องกับคาบเวลาย่อยที่พิจารณาของอุปสงค์

ขั้นตอนที่ III. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์สินค้าที่ถอดค่าองค์ประกอบฤดูกาลแล้ว (De-seasonalized Demand) จากขั้นตอนที่ II.

ขั้นตอนที่ IV. จากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนที่ III. ทำการวิเคราะห์ค่ารอบเวลาการสั่งเติมเต็มร่วมกัน ($T^*_{joint}$) ระดับวัสดุคงคลังเผื่อของวัสดุคงคลังแต่ละประเภท ($SS_i$) และระดับวัสดุคงคลังสูงสุดของวัสดุคงคลังแต่ละประเภท ($E_{max_i}$)

ขั้นตอนที่ V. ในแต่ละคาบเวลาย่อย $T_j$ ที่มีการสั่งเติมเต็ม ทำการคำนวณระดับวัสดุคงคลังสูงสุดของวัสดุคงคลังแต่ละประเภท ซึ่งมีการปรับค่าด้วยองค์ประกอบฤดูกาลให้มีความสอดคล้องกับช่วงเวลาที่มีการตอบสนองอุปสงค์ (อุปสงค์ที่สั่งจะถูกเติมเต็มที่ $L$ คาบเวลาย่อยถัดไป) ได้ดังสมการที่ 6

$$E^{p}_{max_i} = C_{\left\lceil \frac{T_j+L}{N} \right\rceil} \times E_{max_i} \tag{6}$$

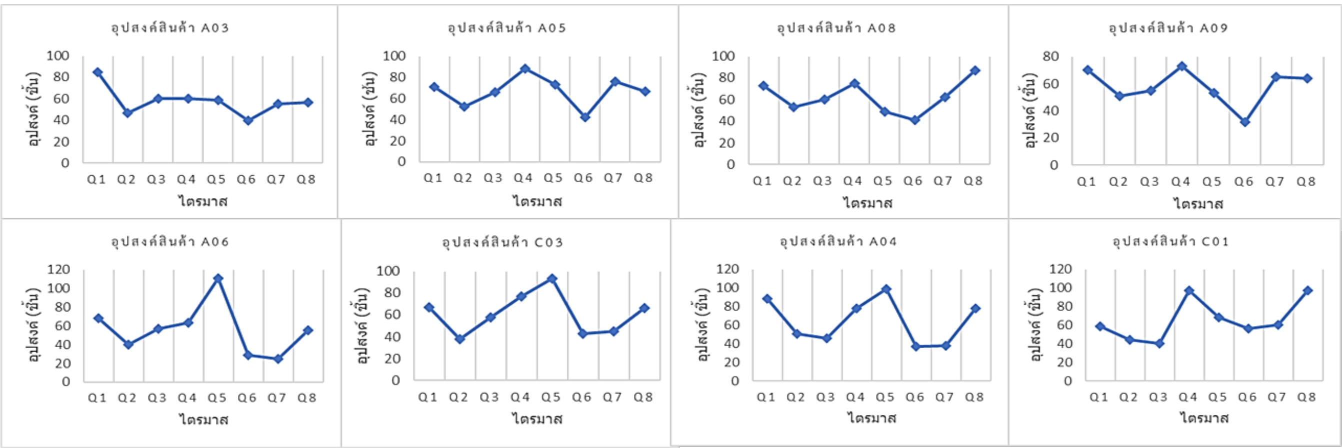
โดย $i$ = 1, 2,..., $n$; $p$ = 1, 2, ..., $N$; $j$ = 1, 2,..., $m$

ทั้งนี้ปริมาณสั่งเติมเต็มของวัสดุคงคลังแต่ละชนิดในแต่ละคาบเวลา $T_j$ ที่มีการสั่งเติมเต็มสามารถคำนวณได้จากผลต่างของ $E^{p}_{max_i}$ และปริมาณวัสดุคงคลังชนิดนั้นที่มีในระบบที่คาบเวลาที่ $T_j$

## IV. การทดสอบประสิทธิภาพนโยบายสั่งเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลา กรณีอุปสงค์มีฤดูกาล

เพื่อเป็นการวิเคราะห์ผลของนโยบายสั่งเติมเต็มวัสดุคงคลังที่นำเสนองานวิจัยได้ทำการพัฒนาตัวแบบจำลองมอนติคาร์โลเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผันรวมที่เกิดขึ้นจากนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันที่นำเสนอซึ่งมีการปรับนโยบายโดยพิจารณาองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ และนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลาแบบเดิมซึ่งไม่มีการพิจารณาองค์ประกอบฤดูกาล

ทั้งนี้เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์นำเข้าที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล งานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากสถานประกอบการที่มีการจำหน่ายสินค้าอุปกรณ์ประมง ซึ่งอุปสงค์ของสินค้ามีองค์ประกอบฤดูกาลชัดเจน จากการวิเคราะห์สินค้าหลักจำนวน 8 ประเภท ซึ่งถูกสั่งเติมเต็มจากผู้ผลิตรายเดียวกัน ได้ค่าอุปสงค์รวมรายไตรมาสในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 แสดงดังรูปที่ I




### IV.I. การวิเคราะห์ดัชนีฤดูกาลในอุปสงค์วัสดุคงคลัง

จากข้อมูลอุปสงค์ในช่วง 24 เดือนที่ผ่านมา โดยกำหนดให้ 1 ฤดูกาลประกอบด้วย 4 คาบเวลา และแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับ 3 เดือน (1 ไตรมาส) สามารถทำการวิเคราะห์ดัชนีฤดูกาลของวัสดุคงคลังแต่ละประเภทในแต่ละคาบเวลาได้ค่าดังแสดงในตารางที่ I

ตารางที่ I. ค่าดัชนีฤดูกาล

| สินค้า ($i$) | $C_i^1$ | $C_i^2$ | $C_i^3$ | $C_i^4$ | ผลรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| A03 | 1.2441 | 0.7516 | 0.9935 | 1.0108 | 4 |
| A05 | 1.0766 | 0.7028 | 1.0617 | 1.1589 | 4 |
| A08 | 0.9760 | 0.7520 | 0.9760 | 1.2960 | 4 |
| A09 | 1.0626 | 0.7171 | 1.0367 | 1.1836 | 4 |
| A06 | 1.5982 | 0.6161 | 0.7321 | 1.0536 | 4 |
| C03 | 1.3142 | 0.6653 | 0.8460 | 1.1745 | 4 |
| A04 | 1.4524 | 0.6835 | 0.6524 | 1.2117 | 4 |
| C01 | 0.9750 | 0.7678 | 0.7678 | 1.4894 | 4 |

### IV.II. การวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุคงคลัง

#### IV.II.I. ต้นทุนถือครองวัสดุคงคลัง

ต้นทุนถือครองวัสดุคงคลังถูกพิจารณาจากค่าบริหารจัดการพื้นที่จัดเก็บวัสดุคงคลังขนาด 96 ตารางเมตร ค่าภาษี ค่าประกันภัย รวมถึงต้นทุนค่าเสียโอกาส (คิดเป็นโดยประมาณร้อยละ 25 ของต้นทุนสินค้าแต่ละประเภท) ซึ่งเมื่อพิจารณารวมค่าใช้จ่ายดังกล่าวสามารถคำนวณค่าสัดส่วนถือครองวัสดุคงคลังแต่ละประเภทได้ดังตารางที่ II

ตารางที่ II. ค่าสัดส่วนถือครองรวม และค่าใช้จ่ายในการถือครอง

| สินค้า | ค่าสัดส่วนถือครองรวม | ค่าใช้จ่ายในการถือครอง (บาท/ชิ้น/ปี) |
|---|---|---|
| A03 | 0.3205 | 353.3733 |
| A05 | 0.3244 | 299.2419 |
| A08 | 0.3239 | 320.6826 |

| | | |
|---|---|---|
| A09 | 0.3251 | 336.4983 |
| A06 | 0.3230 | 343.9983 |
| C03 | 0.3244 | 299.2419 |
| A04 | 0.3208 | 269.4855 |
| C01 | 0.3326 | 239.4855 |

*IV.II.II. ต้นทุนสั่งเติมเต็มวัสดุคงคลัง*

ต้นทุนสั่งเติมเต็มวัสดุคงคลังถูกพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อแต่ละคำสั่งซื้อ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสาร ค่าเอกสารใบคำสั่งซื้อ ค่าพนักงานดำเนินการ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ทั้งนี้เมื่อรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ สามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัสดุคงคลังแต่ละครั้งได้เท่ากับ 2,585 บาทต่อคำสั่งซื้อ

*IV.II.III. ค่าใช้จ่ายจากการขาดแคลนวัสดุคงคลัง*

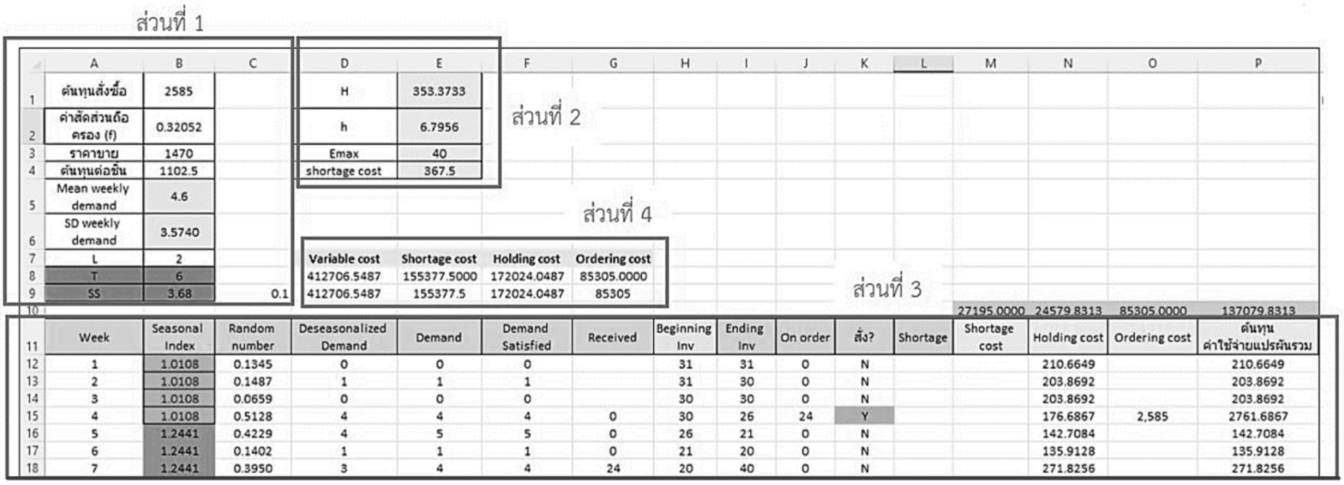
การขาดแคลนวัสดุคงคลังถูกพิจารณาเป็นการสูญเสียการขาย (Lost Sale) ซึ่งคิดเป็นการสูญเสียโอกาสในการทำกำไรร้อยละ 25 ของราคาขายสินค้า

*IV.III. การพัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล*

ในการจำลองสถานการณ์ เพื่อสร้างอุปสงค์อย่างสุ่ม จำนวน 200 สัปดาห์ อุปสงค์ของสินค้าคงคลังแต่ละชนิดได้ถูกถอดค่าความเป็นฤดูกาลออก โดยการหารด้วยค่าดัชนีฤดูกาลในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นจึงทำการสุ่มอุปสงค์ที่ไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล ก่อนปรับให้อุปสงค์มีองค์ประกอบฤดูกาลด้วยการคูณค่าดัชนีฤดูกาลเข้าไป

ตัวแบบจำลองสถานการณ์มีค่าพารามิเตอร์นำเข้า ได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ ค่าสัดส่วนถือครอง ราคาขาย ต้นทุนสินค้า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ต่อสัปดาห์ที่ถูกถอดค่าฤดูกาล ดัชนีฤดูกาลของแต่ละคาบเวลา ความยาวของช่วงเวลานำ ค่าใช้จ่ายการถือครองสินค้า ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด และค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนสินค้า มีตัวแปรตัดสินใจเป็นค่ารอบเวลาเติมเต็มสินค้าคงคลังร่วมกันและระดับร้อยละสินค้าคงคลังเผื่อ โดยมีตัวแปรตอบสนองเป็นต้นทุนแปรผันรวมของระบบ

การจำลองสถานการณ์ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแปรผันรวมของระบบที่เกิดขึ้นจากนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังที่นำเสนอซึ่งเป็นนโยบายที่มีการปรับค่าระดับวัสดุคงคลังสูงสุดในคาบเวลาที่มีการเติมเต็มโดยพิจารณาถึงองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ กับนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังแบบเดิมซึ่งไม่มีการพิจารณาถึงองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ ทั้งนี้เพื่อหาค่ารอบเวลาเติมเต็มและระดับวัสดุคงคลังเผื่อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละนโยบาย ในการจำลองสถานการณ์จึงได้มีการกำหนดค่ารอบเวลาเติมเต็มที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 11 รูปแบบ ($T_{joint}$ = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, และ 13 สัปดาห์) และระดับวัสดุคงคลังเผื่อจำนวน 7 รูปแบบ โดยคิดจากอัตราส่วนของระดับวัสดุคงคลังเผื่อต่อระดับวัสดุคงคลังสูงสุด ($SS_i/E_{max_i}$ = 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, และ 0.30) ทำให้เกิดรูปแบบที่วิเคราะห์จำนวน 11×7 = 77 รูปแบบ สำหรับแต่ละนโยบายเติมเต็ม ซึ่งในการจำลองสถานการณ์ได้มีการทำซ้ำ (Replication) จำนวน 1,000 รอบ สำหรับแต่ละรูปแบบ โดยมีการใช้ฟังก์ชันยาไซ (YASAI) [10] ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับสินค้าประเภท A03 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ II ทั้งนี้จากภาพแสดงในรูปที่ II สามารถจำแนกแบบจำลองสถานการณ์ได้เป็น 4 ส่วน ดังมีรายละเอียดอธิบายได้ ดังนี้




| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ต้นทุนสั่งซื้อ | 2585 | | H | 353.3733 |
| 2 | ค่าสัดส่วนถือครอง (f) | 0.32052 | | h | 6.7956 |
| 3 | ราคาขาย | 1470 | | Emax | 40 |
| 4 | ต้นทุนต่อชิ้น | 1102.5 | | shortage cost | 367.5 |
| 5 | Mean weekly demand | 4.6 | | | |
| 6 | SD weekly demand | 3.5740 | | | |
| 7 | L | 2 | | | |
| 8 | T | 6 | | | |
| 9 | SS | 3.68 | 0.1 | | |

| Variable cost | Shortage cost | Holding cost | Ordering cost |
|---|---|---|---|
| 412706.5487 | 155377.5000 | 172024.0487 | 85305.0000 |
| 412706.5487 | 155377.5 | 172024.0487 | 85305 |

| | Week | Seasonal Index | Random number | Deseasonalized Demand | Demand | Demand Satisfied | Received | Beginning Inv | Ending Inv | On order | สั่ง? | Shortage | Shortage cost | Holding cost | Ordering cost | ต้นทุน ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | | | | | | | | | | | | | 27195.0000 | 24579.8313 | 85305.0000 | 137079.8313 |
| 12 | 1 | 1.0108 | 0.1345 | 0 | 0 | 0 | | 31 | 31 | 0 | N | | | 210.6649 | | 210.6649 |
| 13 | 2 | 1.0108 | 0.1487 | 1 | 1 | 1 | | 31 | 30 | 0 | N | | | 203.8692 | | 203.8692 |
| 14 | 3 | 1.0108 | 0.0659 | 0 | 0 | 0 | | 30 | 30 | 0 | N | | | 203.8692 | | 203.8692 |
| 15 | 4 | 1.0108 | 0.5128 | 4 | 4 | 4 | 0 | 30 | 26 | 24 | Y | | | 176.6867 | 2,585 | 2761.6867 |
| 16 | 5 | 1.2441 | 0.4229 | 4 | 5 | 5 | 0 | 26 | 21 | 0 | N | | | 142.7084 | | 142.7084 |
| 17 | 6 | 1.2441 | 0.1402 | 1 | 1 | 1 | 0 | 21 | 20 | 0 | N | | | 135.9128 | | 135.9128 |
| 18 | 7 | 1.2441 | 0.3950 | 3 | 4 | 4 | 24 | 20 | 40 | 0 | N | | | 271.8256 | | 271.8256 |

รูปที่ II. แบบจำลองสถานการณ์การเติมเต็มสินค้าคงคลังของสินค้า A03

<u>ส่วนที่ 1</u>

ส่วนแรกของตัวแบบจำลองสถานการณ์ เป็นส่วนที่แสดงถึงค่าของตัวแปรนำเข้า (Input Parameters) ได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ ค่าสัดส่วนถือครอง ราคาขาย ต้นทุนต่อชิ้น อุปสงค์เฉลี่ยรายสัปดาห์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรายสัปดาห์ รวมถึงตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจ (Decision Variables) รอบเวลาเติมเต็มจำนวน 11 ระดับ และระดับวัสดุคงคลังเผื่อจำนวน 7 ระดับ ซึ่งทำให้เกิดรูปแบบสถานการณ์ (Strategy) ที่วิเคราะห์ทั้งสิ้น 77 รูปแบบ ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนค่าระดับของตัวแปรตัดสินใจถูกทำโดยฟังก์ชันยาไซ การตั้งค่าเซลล์ของส่วนนี้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ III

ตารางที่ III. การตั้งค่าเซลล์ส่วนที่หนึ่ง

| เซลล์ | ข้อมูล | สูตร |
|---|---|---|
| B1 | ต้นทุนสั่งซื้อต่อครั้ง | N/A (ไม่มี) |
| B2 | ค่าสัดส่วนถือครอง | N/A (ไม่มี) |
| B3 | ราคาขายสินค้าต่อชิ้น | N/A (ไม่มี) |
| B4 | ต้นทุนสินค้าต่อชิ้น | N/A (ไม่มี) |
| B5 | ค่าเฉลี่ยอุปสงค์ต่อสัปดาห์ | N/A (ไม่มี) |
| B6 | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อสัปดาห์ | N/A (ไม่มี) |
| B7 | ช่วงเวลานำ | N/A (ไม่มี) |
| B8 | กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับรอบเวลาการสั่งซื้อร่วม | =simParameter({3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13},A8,1) |
| B9 | ระดับสินค้าคงคลังเผื่อ | =ROUNDUP(B5*(B7+B8)*C9,0) |
| C9 | กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับระดับสินค้าคงคลังเผื่อ | =simParameter({0,0.05,0.1,0.15,0.2,0.25,0.3},A9,2) |

<u>ส่วนที่ 2</u>

ส่วนที่สองของตัวแบบการจำลองสถานการณ์เป็นส่วนที่แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณของพารามิเตอร์นำเข้าจากส่วนที่หนึ่ง โดยค่าที่ถูกคำนวณในส่วนที่สองประกอบด้วย ค่าสัดส่วนถือครองรวมต่อปี ค่าสัดส่วนถือครองรวมต่อสัปดาห์ ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด และค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขาดสินค้า การตั้งค่าเซลล์ของส่วนนี้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ IV

ตารางที่ IV. การตั้งค่าเซลล์ส่วนที่สอง

| เซลล์ | ข้อมูล | สูตร |
|---|---|---|
| E1 | ค่าสัดส่วนถือครองรวมต่อปี | =B2*B4 |
| E2 | ค่าสัดส่วนถือครองรวมต่อสัปดาห์ | =E1/52 |
| E3 | ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด | =ROUND(B5*B8+B5*B7+B9,0) |
| E4 | ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน (บาทต่อชิ้น) | =B3-B4 |

<u>ส่วนที่ 3</u>

ส่วนที่สามของตัวแบบจำลองสถานการณ์ เป็นการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละคาบเวลา (สัปดาห์) โดยในส่วนนี้มีการสร้างอุปสงค์วัสดุคงคลังซึ่งมีองค์ประกอบฤดูกาลอย่างสุ่ม โดยเริ่มต้นจากการสุ่มอุปสงค์ซึ่งไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล (De-seasonalized Demand) สำหรับวัสดุคงคลังแต่ละชนิดในแต่ละคาบเวลา หลังจากนั้นจึงได้ทำการคูณอุปสงค์ที่ไม่มีองค์ประกอบฤดูกาลด้วยดัชนีฤดูกาลที่มีความสำคัญกับคาบเวลานั้นเพื่อให้ได้ค่าอุปสงค์ที่มีองค์ประกอบฤดูกาล

สำหรับการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละคาบเวลาของส่วนที่สามนั้น มีสมมติฐานการเกิดอุปสงค์ที่ต้นคาบเวลา ระดับวัสดุคงคลังในระบบที่ต้นคาบเวลา (Beginning Inventory) จะถูกหักออกด้วยค่าอุปสงค์วัสดุคงคลังที่มีฤดูกาล (Seasonal Demand) ซึ่งถูกสุ่มขึ้นสำหรับคาบเวลานั้น ทำให้ได้ระดับวัสดุคงคลังคงเหลือที่ปลายคาบเวลา (Ending Inventory) โดยวัสดุคงคลังคงเหลือที่ปลายคาบเวลานี้จะถูกนำไปคำนวณค่าใช้จ่ายในการถือครองวัสดุคงคลังสำหรับคาบเวลานั้น ทั้งนี้หากคาบเวลาใดมีอุปสงค์สูงกว่าระดับวัสดุคงคลังในระบบที่ต้นคาบเวลา อุปสงค์ส่วนที่ไม่สามารถถูกตอบสนองได้จะถูกพิจารณาเป็นการสูญเสียการขาย ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการสูญเสียการขายในคาบเวลานั้น และคาบเวลาดังกล่าวจะมีระดับวัสดุคงคลังคงเหลือที่ปลายคาบเวลาเป็นศูนย์ ทั้งนี้หากคาบเวลาใดมีการสั่งเติมเต็มวัสดุคงคลัง จะเกิดมีค่าใช้จ่ายในการสั่งเติมเต็มเติมเต็มวัสดุคงคลังในคาบเวลานั้น การตั้งค่าเซลล์ของส่วนที่สาม สามารถแสดงได้ดังตารางที่ V

ตารางที่ V. การตั้งค่าเซลล์ส่วนที่สาม

| เซลล์ | ข้อมูล | สูตร |
|---|---|---|
| C12 | เลขสุ่มระหว่าง 0 กับ 1 | =AB2 |
| D12 | อุปสงค์ที่ไม่มีฤดูกาล | =AC2 |
| E12 | อุปสงค์ที่มีอิทธิพลฤดูกาล | =ROUND(D12*B12,0) |
| F12 | อุปสงค์ที่ได้ใช้จริง | =MIN(G12+H12,E12) |
| G15 | จำนวนสินค้าที่ได้รับจากผู้ขาย | =J12 |
| H12 | สินค้าคงเหลือต้นงวด | =ROUND(B5*B8+B9,0) |
| I12 | สินค้าคงเหลือปลายงวด | =G12+H12-F12 |
| J12 | จำนวนสินค้าที่ต้องสั่งซื้อ | =IF(K12="Y",ROUND(($E$3*B15),0)-I12,0) |
| K12 | ตรวจสอบว่าต้องสั่งหรือไม่ | =IF(MOD(A12+$B$7,$B$8)=0,"Y","N") |
| L12 | จำนวนสินค้าที่ขาดแคลน | =E12-F12 |
| M12 | ค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนสินค้า | =$E$4*L12 |
| N12 | ต้นทุนการถือครอง | =$E$2*I12 |
| O12 | ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ | =IF(K12="Y",$B$1,0) |
| P12 | ต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันรวม | =SUM(M12:O12) |
| M10 | ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนรวม 200 สัปดาห์ | =SUM(M12:M211) |
| N10 | ต้นทุนการถือครอง 200 สัปดาห์ | =SUM(N12:N211) |
| O10 | ค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อ 200 สัปดาห์ | =SUM(O12:O211) |
| P10 | ต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันรวม 200 สัปดาห์ | =SUM(P12:P211) |

<u>ส่วนที่ 4</u>

ส่วนที่สี่ของตัวแบบจำลองสถานการณ์เป็นส่วนที่แสดงผลลัพธ์ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์จำลอง ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า ค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า ค่าใช้จ่ายจากการขาดแคลนสินค้า โดยผลรวมของค่าใช้จ่ายที่กล่าวมาทำให้เกิดเป็นต้นทุนแปรผันรวมของสินค้า ซึ่งเป็นตัววัดประสิทธิภาพของสถานการณ์ที่ทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้ในตัวแบบจำลองสถานการณ์ ได้มีการใช้ฟังก์ชันยาไซ เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นของแต่ละสถานการณ์ที่ทำการวิเคราะห์ การตั้งค่าเซลล์ของส่วนที่สี่สามารถแสดงได้ดังตารางที่ VI

ตารางที่ VI. การตั้งค่าเซลล์ส่วนที่สี่

| เซลล์ | ข้อมูล | สูตร |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| D8 | ต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันรวมของสินค้าทุกชนิด | =P10+'A05'!P10+'A08'!P10+'A09'!P10+'A06'!P10+'C03'!P10+'A04'!P10+'C01'!P10 |
| E8 | ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนรวมของสินค้าทุกชนิด | =M10+'A05'!M10+'A08'!M10+'A09'!M10+'A06'!M10+'C03'!M10+'A04'!M10+'C01'!M10 |
| F8 | ต้นทุนการถือครองรวมของสินค้าทุกชนิด | =N10+'A05'!N10+'A08'!N10+'A09'!N10+'A06'!N10+'C03'!N10+'A04'!N10+'C01'!N10 |
| G8 | ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อรวมของสินค้าทุกชนิด | =O10+'A05'!O10+'A08'!O10+'A09'!O10+'A06'!O10+'C03'!O10+'A04'!O10+'C01'!O10 |
| D9 | กำหนดผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ในชื่อ Variable cost | =simOutput(D8,"Variable cost") |
| E9 | กำหนดผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ในชื่อ Shortage cost | =simOutput(E8,"Shortage cost") |
| F9 | กำหนดผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ในชื่อ Holding cost | =simOutput(F8,"Holding cost") |
| G9 | กำหนดผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ในชื่อ Ordering cost | =simOutput(G8,"Ordering cost") |

*IV.IV. การวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์*

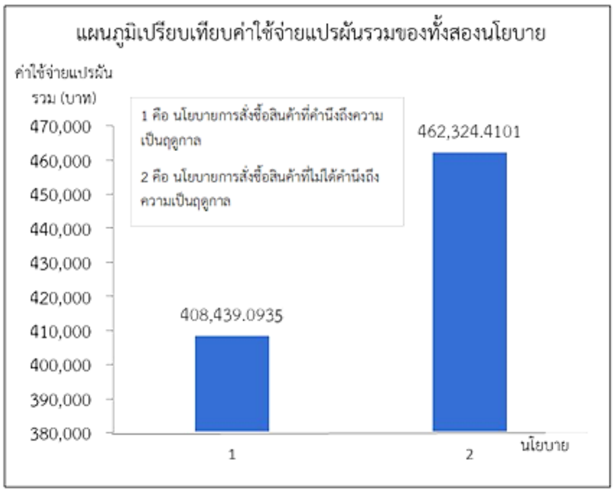
ตัวแบบการจำลองสถานการณ์มีตัวแปรตัดสินใจสองตัวแปรคือรอบเวลาเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกัน (11 ระดับ) และระดับสินค้าเผื่อ (7 ระดับ) ทำให้เกิดสถานการณ์ที่แตกต่างกัน 77 รูปแบบ มีตัววัดประสิทธิภาพคือค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผันที่เกิดขึ้น จำนวนคาบเวลา (Run Length) ที่ถูกสร้างขึ้นในตัวแบบจำลองสถานการณ์ เท่ากับ 200 คาบเวลา โดยมีการทำซ้ำ (Replication) จำนวน 1,000 รอบ ในแต่ละรูปแบบ

*IV.IV.I. การเปรียบเทียบต้นทุนแปรผันรวม*

เมื่อพิจารณานโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังตามรอบเวลาร่วมกันที่นำเสนอในงานวิจัยซึ่งมีการปรับค่าระดับวัสดุคงคลังสูงสุดในแต่ละรอบเวลาที่มีการสั่งเติมเต็มโดยพิจารณาถึงองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ พบว่า ที่รอบเวลาการสั่งซื้อร่วมกัน 12 สัปดาห์ และระดับสินค้าคงคลังเผื่อเท่ากับร้อยละ 15 ของอุปสงค์เฉลี่ยในช่วงรอบเวลาเติมเต็มรวมกับช่วงเวลานำ ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 408,439 บาท โดยมี 95 เปอร์เซ็นต์ ช่วงความเชื่อมั่นของค่าใช้จ่ายแปรผันรวมทั้งหมดของระบบ เท่ากับ (408006, 408872) บาท

สำหรับกรณีของนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังตามรอบเวลาร่วมกันแบบเดิม ซึ่งไม่มีการพิจารณาอิทธิพลขององค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์สินค้าแต่ละชนิด โดยไม่มีการปรับค่าระดับวัสดุคงคลังสูงสุดในแต่ละรอบเวลาเติมเต็ม พบว่า ที่รอบเวลาเติมเต็มร่วมกัน 12 สัปดาห์ และระดับสินค้าคงคลังเผื่อเท่ากับร้อยละ 15 ของอุปสงค์เฉลี่ยในช่วงรอบเวลาเติมเต็มรวมกับช่วงเวลานำ ทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันรวมเฉลี่ยต่ำสุด คือ 462,324 บาท โดยมี 95 เปอร์เซ็นต์ ช่วงความเชื่อมั่นของค่าใช้จ่ายแปรผันรวมของระบบ เท่ากับ (461900, 462748) บาท

จากการพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นค่าใช้จ่ายแปรผันรวมจากสองนโยบายที่กล่าวมา ซึ่งไม่ทับซ้อนกัน จึงสามารถสรุปได้ว่านโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังที่นำเสนอในงานวิจัยซึ่งมีการปรับค่าระดับวัสดุคงคลังสูงสุดในแต่ละรอบเวลาที่มีการสั่งเติมเต็มโดยพิจารณาถึงองค์ประกอบฤดูกาล ทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายแปรผันรวมที่ต่ำกว่านโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันแบบเดิมซึ่งไม่มีการพิจารณาอิทธิพลขององค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ รูปที่ III แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของต้นทุนแปรผันรวมจากนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังที่แตกต่างกัน




รูปที่ III. แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแปรผันรวมของระบบ

*IV.IV.II. การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนวัสดุคงคลัง*

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนวัสดุคงคลังระหว่างนโยบายการเติมเต็มที่นำเสนอซึ่งคำนึงถึงอิทธิพลของฤดูกาลในอุปสงค์ กับนโยบายเติมเต็มซึ่งไม่คำนึงถึงอิทธิพลของฤดูกาล พบว่านโยบายเติมเต็มที่นำเสนอมีค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนวัสดุคงคลังเท่ากับ 203,648 บาท ซึ่งต่ำกว่านโยบายแบบเดิมที่มีค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนวัสดุคงคลังเท่ากับ 302,764 บาท โดยมีช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ของค่าใช้จ่ายในการขาดแคลนวัสดุคงคลังของระบบจากนโยบายเติมเต็มที่นำเสนอและนโยบายแบบเดิม คือ (203196, 204101) บาท และ (302309, 303219) บาท ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่านโยบายเติมเต็มที่นำเสนอซึ่งคำนึงถึงอิทธิพลของฤดูกาลในอุปสงค์มีการปรับค่าของระดับวัสดุคงคลังสูงสุดซึ่งถูกใช้ในการคำนวณปริมาณเติมเต็มในแต่ละคาบเวลาที่มีการเต็มเติมให้เหมาะสมกับการรองรับอุปสงค์ที่มีฤดูกาล จึงมีปริมาณและค่าใช้จ่ายของวัสดุคงคลังขาดแคลน ต่ำกว่านโยบายเติมเต็มเดิมซึ่งไม่คำนึงถึงอิทธิพลของฤดูกาลในอุปสงค์

## V. สรุป และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนำเสนอนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังตามรอบเวลาร่วมกันกรณีระบบมีวัสดุคงคลังหลายชนิดถูกเติมเต็มจากผู้ผลิตรายเดียวกัน โดยวัสดุคงคลังแต่ละชนิดมีองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ นโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังหลายชนิดตามรอบเวลาร่วมกันถูกนำมาปรับปรุงเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้สำหรับการหาคำตอบกรณีอุปสงค์วัสดุคงคลังมีองค์ประกอบฤดูกาล โดยค่าระดับวัสดุคงคลังสูงสุดของวัสดุคงคลังแต่ละประเภทในแต่ละคาบเวลาที่มีการสั่งเติมเต็ม ถูกนำมาปรับค่าด้วยดัชนีฤดูกาลซึ่งสอดคล้องกับคาบเวลาที่มีการรับวัสดุคงคลัง เพื่อวัดประสิทธิภาพของนโยบายที่นำเสนอ ตัวแบบจำลองสถานการณ์มอนติ

คาร์โลได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยใช้ค่าพารามิเตอร์นำเข้าจากสถานประกอบการที่มีการจำหน่ายอุปกรณ์ประมง ซึ่งมีวัสดุคงคลังในระบบจำนวน 8 ประเภท ถูกเติมเต็มจากผู้ผลิตรายเดียวกัน และวัสดุคงคลังทุกประเภทมีลักษณะองค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ จากผลการจำลองสถานการณ์จำนวน 200 คาบเวลา ที่รอบทำซ้ำ 1,000 รอบ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับนโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังร่วมกันตามรอบเวลาดั้งเดิม ซึ่งไม่มีการพิจารณาอิทธิพลขององค์ประกอบฤดูกาลในอุปสงค์ นโยบายเติมเต็มวัสดุคงคลังที่นำเสนอมีค่าเฉลี่ยของต้นทุนแปรผันรวมในระบบที่ต่ำกว่า 11.66 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

โดยทั่วไประดับวัสดุคงคลังเผื่อควรถูกกำหนดจากระดับบริการลูกค้า เนื่องจากวัสดุคงคลังแต่ละประเภทมีความแปรปรวนในอุปสงค์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเพื่อลดจำนวนสถานการณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ของสองนโยบายที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงได้ทำการกำหนดวัสดุคงคลังเผื่อจากร้อยละของอุปสงค์เฉลี่ยในช่วงรอบเวลาเติมเต็มรวมกับช่วงเวลานำ ทั้งนี้เพื่อให้ได้คำตอบที่มีความเหมาะสมมากขึ้น นโยบายที่นำเสนอในงานวิจัยอาจถูกนำไปวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อหาระดับวัสดุคงคลังเผื่อที่เหมาะสมของสินค้าแต่ละประเภท โดยการกำหนดระดับบริการลูกค้าของสินค้าแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน

**เอกสารอ้างอิง**


[1] W. Supithak and M. Chatjindakul, “Inventory Replenishment Policy for Corrective Maintenance Spare Part Inventory of Multiple Machine with Different Failure Rates,” in *The Journal of King Mongkut’s University of Technology North Bangkok*, DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.07.003, 2021.

[2] W. Supithak, “Introduction to the Inventory Management,” in *Inventory Planning (Theory and Simulation)*, Chulalongkorn University Press, 2022, ch. 1, pp. 1-25.

[3] F. W. Harris, “How many parts to make at once,” *Factory: The Magazine of Management*, vol. 10, no. 2, pp. 135-136, 1913.

[4] S. Agarwal, “Economic Order Quantity Model: A Review,” *VSRD International Journal of Mechanical, Civil, Automobile and Production Engineering*, vol. 4, no. 12, pp. 233-236, 2014.

[5] A. Andriolo, D. Battani, R. W. Grubbstrom, A. Persona, and F. Sgarbossa, “A century of evolution from Harris’s basic lot size model: Survey and research agenda,” International Journal of Production Economics, vol. 155, pp. 16-38, 2014.

[6] A. Nilsson, A. Segerstedt, and E.A. van der Sluis, “New Iterative Heuristic to Solve the Joint Replenishment Problem Using a Spreadsheet Technique,” *International Journal Economic Production*, vol. 108, pp. 399-405, 2007.

[7] I. Nakunthod, “An Improvement of Joint Ordering Policy of Multiproduct Inventory Problem with Partial Joint Ordering,” *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 13, no. 10, pp. 7592-7597, 2018.

[8] S. Chopra and P. Meindl, “Managing Economies of Scale in the Supply Chain: Cycle Inventory,” in *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation, Global Edition, 2nd Edition*, Prentice Hall, 2004, ch. 10, pp. 249-295.

[9] K. K. Chen and C. T. Chang, “A Seasonal Demand Inventory Model with Variable Lead Time and Resource Constraints,” *Applied Mathematical Modelling*, vol. 31, pp. 2433–2445, 2007.

[10] J. Eckstein, *Version 3.0 User Guide, YASAI Yet Another Simulation Add-In*. Accessed: January 10, 2022. [Online]. Available: http://www.yasai.rutgers.edu/yasai-guide-30.html

# ระบบการตรวจจับความรู้สึกผ่านใบหน้าอัตโนมัติ ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

# Automatic Facial Expression Detection System Using Deep Learning

พาสุข ภัทรสุขสิโรตม์, อัดนา เซนโต๊ะ
Phasook Phattarasooksirot*, Adna Sento*
*คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย*
*Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

***บทคัดย่อ* — ในปัจจุบัน การแสดงสถานภาพทางอารมณ์ผ่านใบหน้า มีบทบาทและมีอิทธิพลอย่างมากต่อทั้งผู้ผลิต ผู้ทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์ ผู้ให้จัดจำหน่าย และผู้ให้บริการในการนำไปใช้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการและกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้จากตัวผู้บริโภค เช่น การใช้แบบประเมิณความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์หรือบริการ หรือแม้กระทั่งวิธีการสัมภาษณ์ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านั้นก็ยังไม่เพียงพอที่จะครอบคลุมผู้บริโภคทั้งหลาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอระบบการรู้จำสถานภาพทางอารมณ์ของผู้บริโภคด้วยการนำเอาอัลกอริทึมของการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้รับการดัดแปลงนี้ซึ่งได้ตั้งชื่อว่า Hybrid Residual Net โดยอัลกอริทึมที่นำเสนอนี้สามารถจำแนกความรู้สึก 7 ความรู้สึกได้แก่ ความโกรธ ความรังเกียจ ความกลัว ความเศร้า ความสุข ความตกตะลึง และความรู้สึกเป็นกลาง และเพื่อนำมาใช้งานสำหรับการพยากรณ์สถานภาพทางอารมณ์ของมนุษย์ในสภาวะแวดล้อมจริง เพื่อพิสูจน์อัลกอริทึมที่นำเสนอ ทางผู้วิจัยดำเนินการทดลองแบบจำลองดังกล่าวด้วยการฝึกสอนบนชุดข้อมูลที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล 3 ชุดข้อมูลได้แก่ FER2013, CK+ และ JAFFE จากนั้นก็ได้นำไปทดสอบกับรูปภาพตัวอย่างที่ทางผู้วิจัยทำการรวบรวมแล้วสร้างขึ้นมาจากสื่อออนไลน์ต่าง ๆ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลที่มีค่าสูงสุดถึง 82.44 เปอร์เซ็นต์ สำหรับชุดข้อมูล CK+**

***คำสำคัญ* — ขั้นตอนวิธีการรู้จำภาพ, ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้จำความรู้สึก, ขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้า, โมดูลการเรียนรู้เชิงลึก**

***ABSTRACT* — Recently, the expression of face emotion plays a huge role and has a great influence on producers, public relations officer, distributor, and service providers to apply for product and service development. For this reason, methods and processes of the facial expressions have been developed for collecting this information from consumers, such as creating a survey for customer satisfaction with a product or service, interviews. However, those methods are not enough to cover every consumer. Therefore, this research proposes a computer-based recognition of the emotion of consumers. With over the years that the Convolutional Neural Networks (CNNs) have been proved is one of the most effective methods for the classifying visual data, namely Hybrid Residual Net. The proposed algorithm can classify seven facial expressions including anger, disgust, fear, sadness, happiness, shock, and neutral. To prove the proposed algorithm for detection the emotional state of a human being in a real environment. The researcher has been tested the proposed system under pretrained model that uses the datasets including FER2013, CK+ and JAFFE with sample pictures collected from various online media. Finally, the results show that the model has an 82.44 percent predictive efficiency on the CK+ Dataset.**

**Keywords — image recognition algorithm, sensory learning algorithm, face detection algorithm, deep learning module.**

## I. บทนำ

ตลอดช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา การแสดงสถานภาพทางอารมณ์ผ่านใบหน้ามีบทบาทสำคัญอย่างมากในวงการทางธุรกิจ เนื่องจากผลตอบรับจากผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์หรือบริการหนึ่งๆ นั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อทั้งผู้ผลิตและผู้ให้บริการ ในการนำไปใช้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึกของผู้บริโภคโดยตรงทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการและกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้จากตัวผู้บริโภคเช่น การใช้แบบประเมิณความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์หรือบริการ หรือแม้กระทั่งวิธีการสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการใช้พนักงานเพื่อเข้าไปสัมภาษณ์กับผู้บริโภคโดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้วิธีการที่ได้กล่าวมานั้นจะมีประสิทธิภาพในการรวบรวมข้อมูลมากขนาดไหน ก็ยังจัดว่าเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองทั้งเวลาและทรัพยากรในการรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างมาก และนอกจากนี้ วิธีการเหล่านั้นก็ยังไม่เพียงพอที่จะครอบคลุมผู้บริโภคทุกๆ คนที่เข้ามาเลือกใช้งานผลิตภัณฑ์หรือบริการได้ ดังนั้นแล้ว ระบบการรู้จำด้วยคอมพิวเตอร์จึงได้ถูกนำมาใช้งานในการรู้จำสถานภาพทางอารมณ์ของผู้บริโภค แทนการใช้งานวิธีการที่ได้กล่าวมาในข้างต้น [1, 2, 3, 4]

ด้วยเหตุนี้โครงข่ายประสาทเทียมและการเรียนรู้เชิงลึกได้ผ่านการพิสูจน์มาแล้วว่าเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการจำแนกประเภทของข้อมูลภาพ เพราะฉะนั้นจึงได้มีแบบจำลองของอัลกอริทึมจำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อนำมาใช้สำหรับการพยากรณ์สถานภาพทางอารมณ์ด้วยใบหน้าของมนุษย์มากมายอาทิเช่น VGG Net [5] โดยโครงสร้างแบบ CNN Net นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีจำนวนกระบวนการ convolution ซ้อนกันหลายๆ ชั้น เพื่อสกัดเอาคุณลักษณะที่ละเอียดอ่อนออกมาจากรูปภาพและนำไปใช้ในการคัดแยกความรู้สึก และในงานวิจัยของ Behzad Hasani และ Mohammad H. Mahoor [6] ก็ใช้ส่วนโครงสร้าง Inception Net มาเพื่อพัฒนางานด้านการตรวจจับอารมณ์ความรู้สึดโดยอาศัยหลักการ Feature Fusion ที่เป็นผลลัพธ์จากการหลอมรวมของกระบวนการ Convolution ที่มีการใช้งานขนาดของ kernel ที่แตกต่างเข้าด้วยกัน กระบวนการ Convolution ที่ใช้ขนาด kernel ที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้ได้ผลลัพธ์จากกระบวนการที่แตกต่างกันออกไป เป็นผลทำให้คุณลักษณะเฉพาะของภาพที่ถูกสกัดออกมาจากกระบวนการ Convolution แต่ละกระบวนการนั้นมีความละเอียดที่แตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งคุณลักษณะเหล่านั้นจะถูกนำมาหลอมรวมกันเพื่อสร้างเป็นข้อมูลนำเข้าใหม่เพื่อส่งเข้าสู่กระบวนการในลำดับชั้นถัดไปในโครงข่ายประสาทเทียม

และสุดท้ายตัวอย่างจากงานวิจัยของ Huiyuan Yang, Umur Ciftci และ Lijun Yin [7] ที่ใช้โครงสร้างแบบ Residual Net มาพัฒนาต่อยอดเพื่อให้ได้อัลกอริทึมการคัดแยกที่มีประสิทธิภาพสูง โดยโครงสร้างนี้จะอาศัยหลักการ Feature Fusion หลังจากที่รูปภาพถูกนำมาผ่านกระบวนการ Convolution ไปแล้ว นั่นหมายความว่า คุณลักษณะเฉพาะที่ถูกสกัดออกมาจากกระบวนการ Convolution นั้นจะถูกนำมาหลอมรวมกับข้อมูลเดิมที่ยังไม่ได้นำมาผ่านกระบวนการ Convolution นั่นหมายความว่าในขณะที่ทำการสกัดเอาคุณลักษณะเฉพาะของรูปภาพออกมาด้วยกระบวนการ convolution คุณลักษณะบางอย่างที่สูญหายไประหว่างกระบวนการดังกล่าวนั้นจะยังคงถูกเก็บรักษาเอาไว้อยู่ด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม ในส่วนของการปรับปรุงพัฒนาอัลกอริทึมการคัดแยกอารมณ์ความรู้สึกนั้นจะต้องได้รับการพัฒนาต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำข้อดีของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Residual Net มาพัฒนาต่อยอดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ดัดแปลงให้มีความลึกของชั้นโครงสร้างที่ลดลงมา เพื่อลดความซับซ้อนของแบบจำลองให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลนำเข้า ทำให้สามารถพยากรณ์การแสดงความรู้สึกผ่านใบหน้าได้ด้วยความแม่นยำที่สูง และเพื่อพิสูจน์ความมีประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองโดยนำอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกที่นำเสนอนี้มาฝึกสอนด้วยชุดข้อมูลที่มีชื่อว่า FER2013 CK+ และ JAFFE และจากที่ได้ทำการทดสอบมีผลลัพธ์ที่ได้สามารถระบุบุคคลที่อยู่ในภาพว่ามีสีหน้าอารมณ์ความรู้สึกที่ถูกต้องสูงถึง 83.00 เปอร์เซ็นต์ และนอกเหนือจากนี้ทางผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ ผลประกฎว่ามีความถูกต้องที่อยู่ระดับเกณฑ์ที่ดีมาก

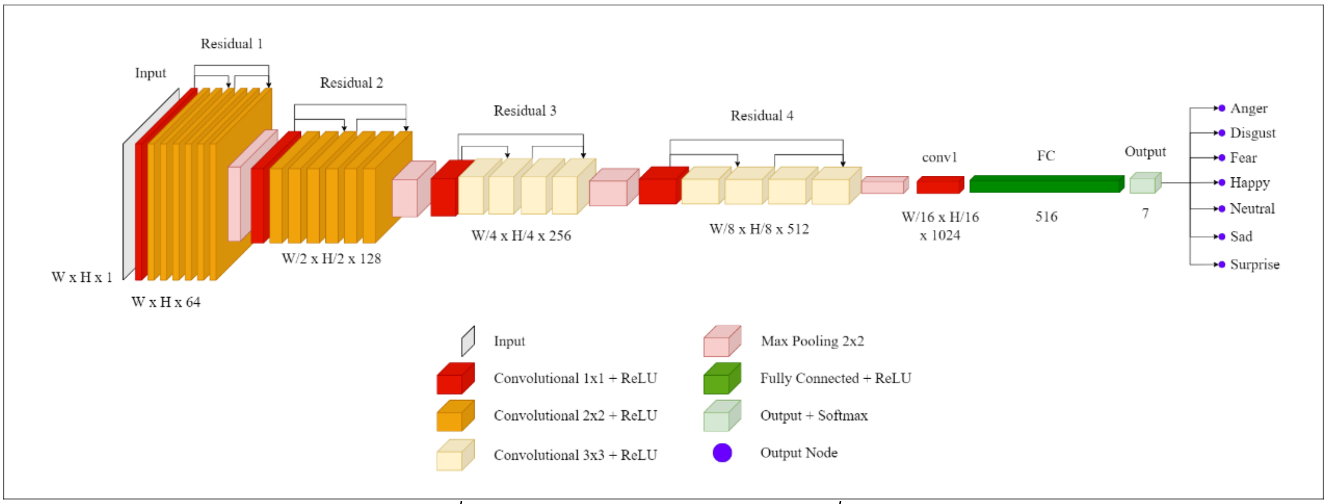
ในส่วนหัวข้อที่เหลือของงานวิจัยมีดังนี้ ส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงส่วนของทฤษฎีการรู้จำภาพที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ จากนั้น จะกล่าวถึงส่วนของการทดลองที่ได้นำอัลกอริทึมมาใช้ทดสอบเพื่อตรวจจับอารมณ์ความรู้สึกจากกลุ่มตัวอย่างในส่วนที่ 3 และบทสรุปของงานวิจัยจะถูกกล่าวถึงในส่วนสุดท้าย

## II. ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ

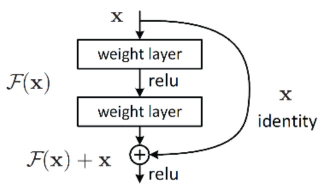
ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกโดยอาศัยหลักการของโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกซึ่งเป็นโครงข่ายที่พัฒนาต่อยอดจากโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบ Residual ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงสร้างมาตรฐานของโครงข่ายประสาทเทียม และเป็นโครงสร้างของกระบวนการ Convolution และ Pooling ที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน แต่ที่มีความสามารถในการรักษาคุณลักษณะเฉพาะของรูปภาพเดิมเอาไว้ และในขณะเดียวกันก็ยังสามารถสกัดคุณลักษณะเฉพาะอื่นๆ ของรูปภาพออกมาได้อีกด้วยดังแสดงในสมการที่ 1 และ 2

$$y = \mathcal{F}(x) + x \quad ------ (1)$$
$$\mathcal{F}(x) = \mathcal{H}(x) - x \quad ------ (2)$$

โดยที่ $\mathcal{F}(x)$ คือ ฟังก์ชันของชั้นการคำนวณ (Layer) ทั้งหมดเพื่อสกัดคุณลักษณะเฉพาะออกมาจากรูปภาพ $\mathcal{H}(x)$ คือ ชั้นการคำนวนถัดไป (Layer) ที่อยู่ในลำดับถัดไป เทียบกับชั้นการคำนวณในปัจจุบัน $x$ คือข้อมูลนำเข้าสู่ชั้นการคำนวณเพื่อสกัดคุณลักษณะเฉพาะออกมาจากรูปภาพ




*รูปที่ I. โครงสร้างสถาปัตยกรรมของอัลกอริทึมที่นำเสนอ*




รูปที่ II . ภาพโครงสร้างสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมประเภทรูปแบบ Residual

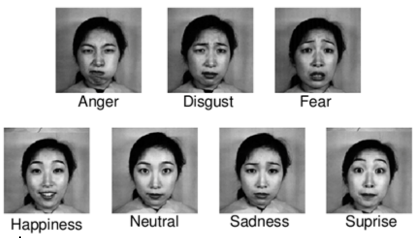
แบบจำลองที่นำเสนอนี้มีลักษณะโครงสร้างแบบจำลองเป็นรูปแบบการพัฒนาต่อยอดจากโครงสร้างแบบ Residual Net โดยที่ในขั้นตอนแรกสุด ข้อมูลนำเข้าจะถูกนำเข้าสู่ชั้น Convolution ผ่านบล็อกของ Residual ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน โดยจะส่งค่าไปยังส่วนของชั้น Fully-connect และชั้นเอาต์พุตในลำดับสุดท้าย ซึ่งก็คือชั้นซ่อนที่มีจุดการเชื่อมต่อจำนวน 7 เอาท์พุตได้แก่ ความโกรธ ความรังเกียจ ความกลัว และความเศร้า ความสุข ความตกตะลึง และความรู้สึกเป็นกลาง ซึ่งมีฟังก์ชันการกระตุ้นคือ SoftMax Function เพื่อคำนวณหาค่าการสูญเสีย (Loss) จากการฝึกสอนแบบจำลอง

นอกจากนี้ผู้วิจัยก็พิจารณาเลือกใช้ฟังก์ชันการกระตุ้นสำหรับกระบวนการนี้ คือ ฟังก์ชัน Sigmoid เนื่องจากเป็นฟังก์ชันที่ให้ผลลัพธ์ที่มีค่าขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับฟังก์ชัน ReLU และเนื่องจากปริมาณองค์ประกอบของคุณลักษณะของข้อมูลที่มีขนาดเล็กลงมาอย่างมหาศาลจากการจัดระเบียบภายในกระบวนการนี้ จึงส่งผลให้โอกาสในการเกิดปัญหา Gradient Descent มีต่ำ ผลลัพธ์เมตริกคุณลักษณะของข้อมูลที่ได้จากกระบวนการนี้ก็จะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นเวกเตอร์ของคุณลักษณะและถูกส่งเข้าไปยังชั้นซ่อนที่มีจำนวนจุดการเชื่อมต่อจำนวน 3 จุด โดยตรง ซึ่งก็คือ 3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ของแบบจำลอง PECM (ความสุข ความตกตะลึง และความรู้สึกเป็นกลาง) ซึ่งมีฟังก์ชันการกระตุ้นคือ SoftMax Function เพื่อคำนวณหาค่าการสูญเสีย (Loss) จากการฝึกสอนแบบจำลอง

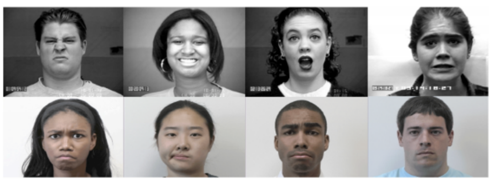
## III. การทดลอง

ในส่วนนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองแบบจำลองตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมาซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกสอน และชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบโดยเป็นชุดข้อมูลที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลได้แก่ FER2013, CK+ และ JAFFE ซึ่งมีตัวอย่างดังรูปที่ 3 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ โดยในจำนวนข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องมีการแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเพื่อนำมาใช้งานสำหรับแบบจำลองประกอบด้วย ส่วนของข้อมูลฝึกสอน (Training Data) และส่วนของข้อมูลทดสอบ (Test Data) ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้งานอัตราส่วนข้อมูลฝึกสอนต่อข้อมูลทดสอบ (Tr:Te) ด้วยอัตราส่วน 60:40, 65:35, 70:30, 75:25 และ 80:20 ตามลำดับ

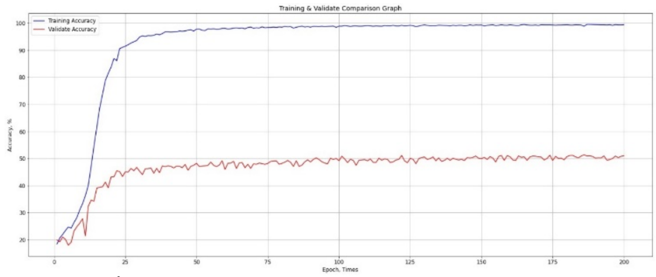
รูปที่ III ตัวอย่างข้อมูลรูปภาพจากชุดข้อมูล FER2013



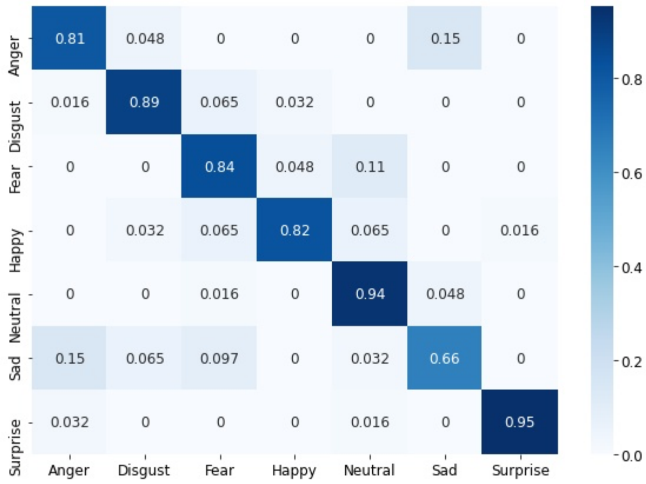

รูปที่ IV ตัวอย่างข้อมูลรูปภาพจากชุดข้อมูล JAFFE



รูปที่ V ตัวอย่างข้อมูลรูปภาพจากชุดข้อมูล CK+



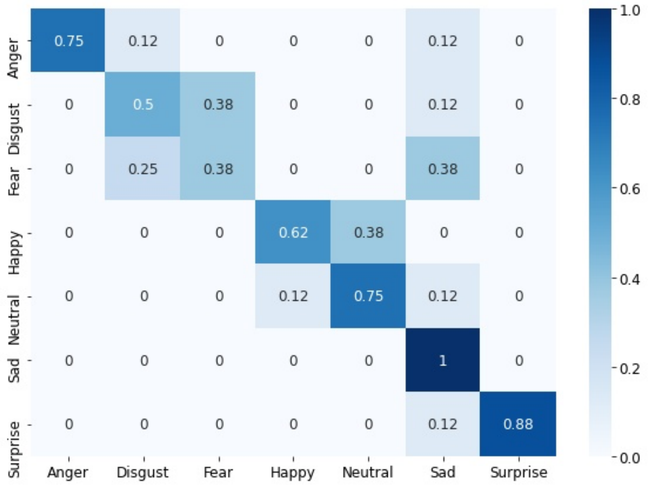

รูปที่ VI แสดงถึงค่าความถูกต้องของการฝึกสอนตามรอบ




รูปที่ VII Confusion Matrix แสดงผลการคัดแยกข้อมูลจาก CK+

ผลของการทดลองของการฝึกสอนแสดงได้ดังรูปที่ 6 และค่าความถูกต้องของการทดสอบที่คำนวณตามหลักการของ Confusion Matrix เพื่อแสดงถึงผลการคัดแยกข้อมูลภาพตัวอย่างที่เตรียมเพื่อการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 7 รูปที่ 8 และรูปที่ 9 สำหรับการทดสอบชุดข้อมูล FER2013, CK+ และ JAFFE ตามลำดับ

ความแปรปรวนจากการที่มีจำนวนรูปภาพอยู่เป็นจำนวนมากภายในข้อมูลหนึ่งก็ยังคงอยู่ ความแปรปรวนดังกล่าวส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำนายข้อมูลของแบบจำลองนี้ เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพของโมเดลที่นำเสนอผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการพยากรณ์ด้วยโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบอื่นๆ ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบ VGG, Inception, และ Residual ซึ่งผลลัพธ์ดังตารางที่ 1 ซึ่งให้ผลลัพธ์ของความถูกต้องของการทดลองเป็น 82.44 เปอร์เซ็นต์ 51.00 เปอร์เซ็นต์ และ 69.64 เปอร์เซ็นต์สำหรับชุดข้อมูล CK+ FER2013 และ JAFFE ตามลำดับ




รูปที่ VIII Confusion Matrix แสดงผลการคัดแยกข้อมูลภาพข้อมูล FER2013


รูปที่ IX Confusion Matrix แสดงผลการคัดแยกข้อมูลภาพข้อมูล FER2013

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ของการพยากรณ์อารมณ์ความรู้สึกของมนุษย์จากวิดีโอ

| ชุดข้อมูลที่ทดสอบ | โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก | ความแม่นยำบนชุดข้อมูลทดสอบ (%) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | CK+ | FER2013 | JAFFE |
| ภาพ (จากชุดข้อมูล) | โมเดล VGG | 82.03 % | 51.72 % | 30.36% |
| | โมเดล Inception | 78.80 % | 52.21 % | 60.71% |
| | โมเดล Residual | 77.88% | 54.81% | 46.43% |
| | **โมเดลที่นำเสนอ** | 82.44 % | 51.00 % | 69.64 % |

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูล CK+ เป็นชุดข้อมูลที่ให้ผลลัพธ์ของการฝึกสอนแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นชุดข้อมูลที่ประกอบไปด้วยข้อมูลรูปภาพที่มีความคมชัดมากที่สุด และมีความแปรปรวนของข้อมูลภายในรูปภาพต่ำ กล่าวคือ มีวัตถุอื่นๆ หรือสัญญาณรบกวนต่างๆ อยู่ที่ฉากหลังของรูปภาพในปริมาณน้อย และประชากรที่ถูกรวบรวมมาเพื่อสร้างเป็นชุดข้อมูล มีการแสดงอารมณ์ด้วยใบหน้าที่มีลักษณะที่ชัดเจนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับชุดข้อมูล FER2013 ที่เป็นชุดข้อมูลที่มีความคมชัดของข้อมูลรูปภาพต่ำ และยังมีสัญญาณรบกวนอยู่ภายในรูปภาพเป็นปริมาณมาก เนื่องจากเป็นข้อมูลรูปภาพที่ถูกรวบรวมมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายมากกว่าชุดข้อมูลอื่นที่ถูกนำมาใช้ในการวิจัยนี้

## IV. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกแบบผสมผสานที่ใช้ในการพยากรณ์สถานภาพทางความรู้สึกของมนุษย์ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการนำเอาแบบจำลองหรืออัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ประเภทนี้ไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมจริง เนื่องจากข้อมูลรูปภาพ หรือ วิดีทัศน์ของการแสดงสถานภาพทางความรู้สึกของมนุษย์ในสภาวะแวดล้อมจริงนั้นมีความแปรปรวน และความซับซ้อนของข้อมูลที่สูงมากกว่าข้อมูลรูปภาพที่มีอยู่ในชุดข้อมูลแต่ละรูปแบบ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองแบบจำลองดังกล่าวด้วยการฝึกสอนบนชุดข้อมูลที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ทั้ง 3 ชุดข้อมูล คือ FER2013, CK+ และ JAFFE แล้วจากนั้นจึงนำแบบจำลองดังกล่าวที่ผ่านการฝึกสอนด้วยชุดข้อมูลที่แตกต่างกันไปทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ด้วยชุดข้อมูลทั้งรูปแบบรูปภาพ สำหรับการทดสอบที่ผู้วิจัยทำการรวบรวมแล้วสร้างขึ้นมาจากสื่อออนไลน์ต่างๆ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลเฉลี่ยอยู่ที่ 67.7 เปอร์เซ็นต์

## เอกสารอ้างอิง

[1] Fasel, B., & Luettin, J. (2003). Automatic facial expression analysis: A survey. Pattern Recognition, 36(1), 259-275. https://doi.org/10.1016/s0031-3203(02)00052-3.

[2] C P, S. (2012). Automatic facial expression analysis a survey. International Journal of Computer Science & Engineering Survey, 3(6), 47-59. https://doi.org/10.5121/ijcses.2012.3604.

[3] Jyoti Kumari, R. Rajesh, K.M. Pooja, Facial Expression Recognition: A Survey, Procedia Computer Science, Volume 58, 2015, Pages 486-491, ISSN 1877-0509.

[4] Samadiani, N.; Huang, G.; Cai, B.; Luo, W.; Chi, C.-H.; Xiang, Y.; He, J. A Review on Automatic Facial Expression Recognition Systems Assisted by Multimodal Sensor Data. Sensors 2019, 19, 1863. https://doi.org/10.3390/s19081863.

[5] Yu, Z., & Zhang, C. (2015). Image based static facial expression recognition with multiple deep network learning. Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction. https://doi.org/10.1145/2818346.2830595.

[6] Hasani, B., & Mahoor, M. H. (2017). Facial expression recognition using enhanced deep 3D Convolutional neural networks. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). https://doi.org/10.1109/cvprw.2017.282.

[7] Yang, H., Ciftci, U., & Yin, L. (2018). Facial expression recognition by de-expression Residual learning. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. https://doi.org/10.1109/cvpr.2018.00231.

# การเลือกลักษณะเด่นด้วยราฟเซ็ตบนหลักการของข่าวสารที่เล็กที่สุดของบริเวณที่ไม่แน่นอน

# Rough Set Feature Selection Based on Minimal Information of Uncertainty Region


สมบัติ ฝอยทอง
*คณะวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
sombut@buu.ac.th

กัลยารัตน์ เชี่ยวชาญ
*คณะวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
kanyarat.ch@go.buu.ac.th

ภาณุพล สมัยมงคล
*คณะวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์*
*มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี*
panupon.sa@go.buu.ac.th



***บทคัดย่อ* — การเลือกลักษณะเด่น (FS) คือ การลดขนาดของมิติข้อมูลซึ่งเลือกซับเซตที่มีค่าที่สุดของคุณลักษณะดั้งเดิมของชุดข้อมูล เทคนิค FS ปัจจุบันส่วนใหญ่ตามทฤษฎีราฟเซตใช้ฟังก์ชันการพึ่งพาเพื่อประเมินคุณภาพของซับเซตของคุณลักษณะ อย่างไรก็ตามการเลือกเฉพาะข้อมูลจากบริเวณที่แน่นอนอย่างเดียวโดยละเลยข่าวสารจากบริเวณที่ไม่แน่นอนอาจทำให้สูญเสียข้อมูลที่สำคัญ งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการเลือกซับเซตของลักษณะเด่นที่ดีที่สุดบนหลักการของราฟเซ็ตและมิวชวลอินฟอเมชั่น ซึ่งพิจารณาข่าวสารในบริเวณเชิงบวกและบริเวณขอบเขต การใช้แนวคิดนี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีมีความแม่นยำในการทำนายสูงกว่าที่ได้รับโดยใช้การวัดบนหลักการของฟังก์ชันการพึ่งพา(บริเวณความแน่นอน)เพียงอย่างเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลสำคัญที่ซ่อนอยู่สามารถดึงออกมาได้โดยใช้แนวคิดนี้ ผลการทดลองได้แสดงการดำเนินการกับข้อมูลแลลไม่ต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่อง และได้เปรียบเทียบกับวิธี FS อื่นๆ ในแง่ของขนาดซับเซตและความแม่นยำในการจำแนกประเภท**



***คำสำคัญ* — การเลือกคุณลักษณะ, ราฟเซต, บริเวณไม่แน่นอน, ข่าวสารร่วมกัน, การจำแนกประเภทข้อมูล**



***ABSTRACT* —Feature Selection (FS) is a dimensionality reduction approach that selects the most valuable subset of a data set's original features. Most current FS techniques based on rough set theory use the dependency function to evaluate the quality of a feature subset. However, picking only data from a certainty region and ignoring to uncertainty region may result in the loss of the majority of important data. In this paper, we propose a concept of best features subset selecting based on rough set approximations and mutual information, which take into account information in the positive and boundary regions. The use of this concept can result in higher predictive accuracy than those obtained using the measure based on the dependency function (certainty region) alone. This demonstrates that hidden important information can be extracted by using this idea. Experimental results are illustrated for discrete and continuous and compared with other FS methods in terms of subset size and classification accuracy.**



***Keywords* — Feature Selection, Rough set, Uncertainty Region, Mutual information, Classification.**


## I. บทนำ

FS ใช้เพื่อลดจำนวนแอตทริบิวต์ ลบข้อมูลที่ไม่จำเป็น หรือมีสัญญาณรบกวน และส่งผลกระทบที่สำคัญในการประยุกต์ใช้ เช่น อัลกอริธึมการเรียนรู้ที่เร็วขึ้น ความถูกต้องในการทำนายที่สูงขึ้น และความสามารถในการเข้าใจผลลัพธ์ FS ใช้ในหลายโดเมน เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง [1] และการทำเหมืองข้อมูล [2] พร้อมกันนี้ยังใช้ในสาขาวิชาต่างๆ รวมถึงการทำเหมืองข้อความ [3] และการตรวจจับการบุกรุก [4]

มิวชวลอินฟอเมชั่นเป็นทฤษฎีที่สำคัญในการวัดข่าวสาร ที่มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนและการแปลงพิกัดจึงนิยมนำมาใช้ในงานด้าน FS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกประเภทเอกสาร [5] โดยทำ FS เพื่อลดจำนวนคำที่ไม่จำเป็น ในงานวิจัย [6] ได้มีการนำ Ant colony มาประยุกต์ใช้กับมิวชวลอินฟอเมชั่นเพื่อแก้ปัญหาค่าเหมาะสมเฉพาะที่ ของการเลือกแอตทริบิวต์

ทฤษฎีราฟเซตเสนอโดย Pawlak [7] เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการกับข้อมูลที่คลุมเครือและไม่แน่นอน วิธีราฟเซ็ตใช้หลักการพื้นฐานสองประการคือ การประมาณค่าขอบเขตล่างและขอบเขตบน ทฤษฎีราฟเซตประสบความสำเร็จในหลายสาขาวิชารวมถึง FS [8, 9], การเรียนรู้ของเครื่อง [1, 10] และการจัดหมวดหมู่ข้อความ [3, 11] ซึ่งต่างจากแนวทางอื่น ๆ เช่น ทฤษฎีฟัซซี่เซตและวิธีการทางสถิติ การวิเคราะห์ในราฟเซตไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูลหรือโดเมนความรู้ อาศัยเฉพาะความรู้ในข้อมูลเพียงอย่างเดียวซึ่งในปัจจุบันยังมีงานวิจัยด้านนี้จำนวนมาก

การจัดการกับคลาสสมมูลที่มีวัตถุมาจากคลาสที่แตกต่างกัน เป็นข้อจำกัดของทฤษฎีราฟเซต เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้ Ziarko [12] ได้เสนอราฟเซตแบบตัวแปรแม่นยำ (VPRS) และยอมให้มีบางวัตถุในชุดข้อมูลที่จำแนกไม่ถูกต้อง ใน VPRS การคำนวณบริเวณเชิงบวกและเชิงลบขึ้นอยู่กับการตั้งค่าพารามิเตอร์ ($\alpha$) ที่กำหนดระดับความไม่แน่นอนที่ยอมรับ ซึ่งสัมพันธ์กับบริเวณของราฟเซต โดย VPRS ใช้แนวคิดของการรวมเป็นส่วน

ใหญ่ที่พิจารณาสัดส่วนของวัตถุในคลาสสมมูลที่เป็นของคลาสตัดสินใจสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลที่กำหนดขึ้น

FS บนหลักการราฟเซตปัจจุบันยังเป็นที่นิยมวิจัยกัน เนื่องจากวิธีการของราฟเซตไม่ต้องใช้โดเมนของความรู้และสามารถดำเนินการวิเคราะห์ได้จากข้อมูลโดยตรง FS บนหลักการราฟเซตโดยส่วนใหญ่จะใช้ ฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน [8, 9, 13, 14] ในการวัดความดีของซับเซต ซึ่งข้อดีของการใช้ฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน คือการใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยในการเลือกซับเซตของลักษณะเด่น แต่อย่างไรก็ดีการใช้การใช้ฟังก์ชันการขึ้นต่อกันอย่างเดียวและไม่สนใจข่าวสารจากบริเวณขอบเขต อาจจะประสบปัญหาได้เมื่อนำไปใช้กับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนและแต่ละคลาสสมมูลไม่สอดคล้องกัน

งานวิจัยที่นำเสนอนี้ใช้แนวคิด VPRS และมิวชวลอินฟอเมชั่น (Mutual Information) ในการเลือกซับเซตของคุณลักษณะโดยการประเมินข้อมูลในบริเวณที่มีความแน่นอนและบริเวณที่มีความไม่แน่นอน หลักการที่นำเสนอนี้จะทนทานต่อข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวน นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีความแม่นยำในการจำแนกประเภทที่สูงกว่าโดยใช้ฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน และวิธี FS แบบคลาสสิกอื่นๆ ที่นิยมใช้กัน

ส่วนที่เหลือของงานวิจัยจัดเป็นดังนี้ คือ ส่วนที่ 2 เป็นบทสรุปของ VPRS และมิวชวลอินฟอเมชั่น ส่วนที่ 3 นำเสนอวิธีการ FS บนแนวคิดของ VPRS และมิวชวลอินฟอเมชั่น ซึ่งในส่วนนี้ยังนำเสนอซูโดโค้ดสำหรับอัลกอริทึมที่นำเสนอ โดยการทดลองกับชุดข้อมูลจาก University of California, Irvine (UCI) ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการที่นำเสนอกับแนวทางที่มีอยู่ และส่วนของการสรุปผลและหัวข้อการวิจัยที่เป็นไปได้บางส่วนจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 5

## II. ทฤษฎีพื้นฐาน

### *II.I ราฟเซตแบบตัวแปรเที่ยงตรง*

ให้ *I* = (*U*, *A*) เป็นระบบข่าวสาร *U* คือ เซตจำกัดของเอนทิตี $N = \{e_1, e_2, ..., e_N\}$ และ *A* คือ แอตทริบิวต์ที่ไม่เป็นเซตว่าง *V* คือ เซตของค่าแอตทริบิวต์ใน *A* และ *f* คือ ฟังก์ชันข่าวสาร $f: U \times A \rightarrow V$ ทุกซับเซต *B* ใดๆ ของแอตทริบิวต์ *A* สามารถนิยามความสัมพันธ์แบบสมมูล *IND(B)* บน *U* ดังนี้:

$$IND(B) = \{(e_i, e_j) \in U \times U \mid \forall b \in B, f_b(e_i) = f_b(e_j)\} \tag{1}$$

ให้ *X1* และ *X2* เป็นซับเซตที่ไม่เป็นเซตว่างของเซต *U* โดยระดับสัมพัทธ์ของการจำแนกประเภทผิดของเซต *X1* เทียบกับเซต *X2* กำหนดเป็น

$$r(X1, X2) = \begin{cases} 1 - \frac{|X1 \cap X2|}{|X1|}, & |X1| > 0 \\ 0, & |X1| = 0 \end{cases} \tag{2}$$

สังเกตว่า *r(X1, X2)* = 0 ถ้า $X1 \subseteq X2$ เท่านั้น ความสัมพันธ์โดยรวมแบบส่วนใหญ่ด้วยความผิดพลาดการจำแนกประเภทข้อมูลที่ยอมรับยอมรับได้ ($\alpha$) มีการอธิบายดังนี้:

$$X1 \subseteq_\alpha X2 \Leftrightarrow r(X1, X2) \leq \alpha, 0 \leq \alpha < 0.5 \tag{3}$$

การประมาณค่าของ *B-lower* และ *B-upper* ของ *X* เขียนได้ดังนี้

$$\underline{B}(X)_\alpha = \bigcup\{[e_i]_B \mid [e_i]_B \subseteq_\alpha X\}, \tag{4}$$

$$\overline{B}(X)_\alpha = \bigcup\{[e_i]_B \mid r([e_i]_B, X) < 1 - \alpha\} \tag{5}$$

นิยามของบริเวณเชิงบวก (Positive region), บริเวณเชิงลบ (Negative region), บริเวณเชิงขอบเขต (Boundary region), และฟังก์ชันการขึ้นต่อกันบนหลักการ VPRS กำหนดโดย

$$POS_{B\alpha}(Q) = \bigcup_{X \in U/Q} \underline{B}(X)_\alpha \tag{6}$$

$$NEG_{B\alpha}(Q) = U - \bigcup_{X \in U/Q} \overline{B}(X)_\alpha \tag{7}$$

$$BND_{B\alpha}(Q) = \bigcup_{X \in U/Q} (\overline{B}(X)_\alpha - \underline{B}(X)_\alpha) \tag{8}$$

$$\gamma_{B\alpha}(Q) = \frac{|POS_{B\alpha}(Q)|}{|U|} \tag{9}$$

หลักการ VPRS ของเซต *X* (ดังรูปที่ I.) โดยสี่เหลี่ยมเล็กๆ แสดงถึงคลาสสมมูลของ *U* ถูกชักนำโดยความสัมพันธ์แบบสมมูล *IND(B)* คลาสสมมูลที่อยู่ใน *X* พิจารณาว่าเป็นบริเวณเชิงบวกใน VPRS ตามค่าของ $\alpha$ ดังนั้นสามารถนึกภาพถึงการแลกเปลี่ยนเมล็ดของข่าวสารใน *X* ระหว่างบริเวณที่ความแน่นอนและบริเวณที่ไม่แน่นอนด้วยการควบคุมค่า $\alpha$

### *II.II ข่าวสารร่วมกันบนพาร์ติชันราฟเซตแบบตัวแปรเที่ยงตรง*

ทฤษฎีข่าวสาร [15] มีประโยชน์สำหรับการคำนวณข่าวสารของข้อมูลโดยเอนโทรปีเป็นค่าประมาณความไม่แน่นอนในตัวแปรสุ่ม มิวชวลอินฟอเมชั่นเป็นตัวชี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มสองตัว ในทฤษฎีราฟเซตความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถแยกกันได้ทำให้เกิดพาร์ติชันของ *U* การแบ่งพาร์ติชันในราฟเซตถือได้ว่าเป็นรูปแบบของความเข้าใจ ต่อไปนี้จะอธิบายหลักการในรูปแบบทฤษฎีข่าวสารบนแนวคิดทฤษฎีราฟเซต

ให้ *U/IND(B)* = $\{X_1, X_2, ..., X_n\}$ แทนพาร์ติชันที่สร้างขึ้นโดยความสัมพันธ์แบบสมมูล *IND(B)* สำหรับ $B \subseteq A$ เอนโทรปีของความเข้าใจ *B* อธิบายได้ดังนี้

$$Ent(B) = -\sum_{j=1}^{n} pr(X_j)\log(pr(X_j)) \tag{10}$$

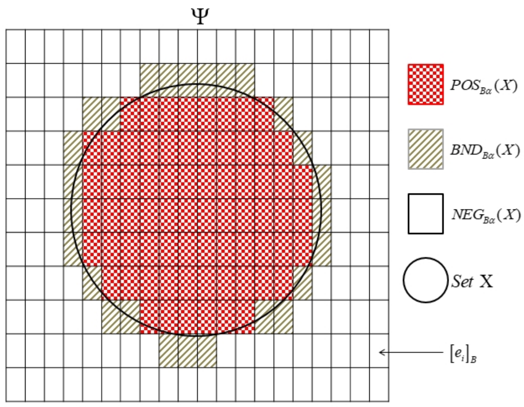
โดยที่ $pr(X_j) = \frac{|X_j|}{|U|}, 1 \leq j \leq n$

ให้ *B* และ *C* เป็นซับเซตของ *A* ให้ *U/IND(B)* = { $X_1, X_2, \ldots, X_n$ }, U/IND(C) = { $Y_1, Y_2, \ldots, Y_m$ } แทนพาร์ติชันที่ถูกชักนำโดย *IND(B)* และ *IND(C)* ตามลำดับ ดังนั้นมิวชวลอินฟอเมชั่นที่ใช้วัดปริมาณข่าวสารระหว่างความเข้าใจ B และความเข้าใจ C สามารถอธิบายเป็นดังนี้

$$I(C;B)=\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} pr(Y_j,X_i)\log\frac{pr(Y_j,X_i)}{pr(Y_j)\,pr(X_i)}, \tag{11}$$

โดยที่ $pr(Y_j,X_i)=\dfrac{|Y_j\cap X_i|}{|U|}, 1\le i\le n, 1\le j\le m$

ถ้า B และ C มีข่าวสารร่วมกันมาก (น้อย) แสดงว่ามีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด (ไม่ใกล้ชิด) ข้อดีของมิวชวลอินฟอเมชั่น คือความทนทานต่อสัญญาณรบกวนและการแปลงพิกัด




รูปที่ I. แนวคิดของการประมาณค่าเซตใน VPRS

## III. วิธีการที่นำเสนอ

ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอกฎเกณฑ์สองข้อเพื่อนำไปสู่การลดคุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุด วิธีการที่นำเสนอค้นหาคุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ข่าวสารจากการประมาณค่าขอบเขตล่างและการประมาณค่าขอบเขตบน รายละเอียดของเกณฑ์ทั้งสองจะอธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

### *III.I กฎเกณฑ์: ข่าวสารที่มากที่สุดของการประมาณค่าขอบเขตล่าง*

กฎเกณฑ์นี้พยายามเลือกคุณลักษณะที่มีข่าวสารมากที่สุด โดยพิจารณาจากการรวมข่าวสารการประมาณค่าขอบเขตล่าง กฎเกณฑ์ที่แนะนำนี้แตกต่างจากเทคนิค FS บนหลักการของราฟเซตที่ใช้โดยส่วนใหญ่

ให้ *Z* เป็นแอตทริบิวต์การตัดสินใจ และ *U* สามารถแบ่งออกเป็นคลาสแบบสมมูล *U/IND(Z)* = {$Z_1, Z_2, \ldots, Z_m$} ดังนั้นบริเวณขอบเขตของพาร์ติชัน $Z_j$ โดยเทียบกับเซตของแอตทริบิวต์ B สามารถเขียนได้ว่า

$$BND_{B\alpha}(Z)=\bigcup_{Z_j\in U/IND(Z)}(\overline{B}(Z_j)_\alpha-\underline{B}(Z_j)_\alpha) \tag{12}$$

ดังนั้นข่าวสารที่เล็กที่สุดระหว่าง Z และบริเวณขอบเขต เป็นกฎเกณฑ์ที่นำมาใช้เลือกค่า $\alpha$ ที่เหมาะสมซึ่งกำหนดโดย

$$\overline{\alpha}=\min_{0\le\alpha<0.5}\{I(Z;BND_{B\alpha}(Z))\} \tag{13}$$

โดย $\alpha$ อยู่ในช่วงของ [0.0, 0.5) และเพิ่มทีละ 0.05 ค่า $\alpha$ ที่ให้ค่ามิวชวลอินฟอเมชั่นที่น้อยที่สุดระหว่าง *Z* และบริเวณขอบเขต $BND_{B\alpha}(Z)$ จะถูกเลือกเป็นค่า $\overline{\alpha}$ จากผลการทดลองข่าวสารที่ต่ำสุดของบริเวณขอบเขตสามารถเจอได้ในช่วง [0.3, 0.45] ดังนั้นสมการ (13) จึงใช้ในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสม $\overline{\alpha}$ สำหรับซับเซตของคุณลักษณะใหม่ *B* โดยใช้สมการ (13) ค่ามิวชวลอินฟอเมชั่นที่เล็กที่สุดของบริเวณขอบเขตโดยเทียบกับ *Z* บนซับเซตของคุณลักษณะ *B* ด้วยค่า $\overline{\alpha}$ สามารถกำหนดเป็น

$$BoundInfo(B)=\min\{I(Z;BND_{B\overline{\alpha}}(Z))\} \tag{14}$$

ผลรวมข่าวสารของมิวชวลอินฟอเมชั่นระหว่างการประมาณค่าขอบเขตล่าง $\underline{B}(Z_j)_{\overline{\alpha}}$ และคลาสแบบสมมูล $Z_j$ ด้วยค่าเหมาะสม $\overline{\alpha}$ ซึ่งแทนด้วย *LowInfo*(*B*) สามารถเขียนได้เป็น

$$LowInfo(B)=\sum_{j=1}^{m} I(Z_j;\underline{B}(Z_j)_{\overline{\alpha}}) \tag{15}$$

ดังนั้นปัญหาการเลือกซับเซตของคุณลักษณะ *B* คือ การทำให้ฟังก์ชันเป้าหมาย *G(B)* มีค่าสูงสุด ซึ่งเป็นการหาค่าสูงสุดของ *LowInfo(B)* โดยที่

$$G(B)=LowInfo(B) \tag{16}$$

อัลกอริทึม MLREDUCT แสดงดังในรูปที่ II. สำหรับกระบวนการ FS นั้นอัลกอริทึมจะใช้การค้นหาแบบตระกละ ซึ่งเริ่มต้นด้วยเซตย่อย *R* ที่ว่างเปล่า การทำงานแต่ละรอบมีการคำนวณค่า *G* ของแต่ละซับเซตแล้วเพิ่ม 1 แอตทริบิวต์เงื่อนไขเข้าไปในแต่ละรอบ ในแต่ละรอบการทำนั้นแอตทริบิวต์เงื่อนไขที่ยังไม่ได้ตรวจสอบจะถูกเพิ่มไว้ที่เซ็ต *R* (บรรทัดที่ 4) ชั่วคราว หากซับเซตปัจจุบัน $R \cup \{x\}$ มีข่าวสารมากกว่า *T* จากก่อนหน้านี้ คุณลักษณะที่เพิ่มในบรรทัดที่ 5 จะเป็นส่วนหนึ่งของเซตใหม่ *T* (บรรทัดที่ 6) กระบวนการ FS จะสิ้นสุดลงเมื่อผลรวมข่าวสารของการประมาณค่าขอบเขตล่างของรีดักที่คัดเลือกปัจจุบัน (*LowInfo*(*R*)) แตกต่างจากแอตทริบิวต์เงื่อนไข (*LowInfo* (*C*)) ไม่มากกว่า $\in$ ($\in$ เป็นตัวเลขน้อย เช่น 0.0001)

### *III.II กฎเกณฑ์: การประมาณค่าขอบเขตล่างมากที่สุด-บริเวณขอบเขตน้อยที่สุด*

กฎเกณฑ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มข่าวสารบริเวณเชิงบวกให้มากที่สุด ในขณะเดียวกันบริเวณขอบเขตให้มีข่าวสารน้อยที่สุด การคำนวณเริ่มต้นด้วยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด $\overline{\alpha}$ โดยใช้สมการ (13) จากนั้น $\overline{\alpha}$ ที่เหมาะสมที่สุดจะใช้หา *BoInfo(B)* ในสมการ (14) นอกจากนี้สมการ (15) จะใช้คำนวณผลรวมข่าวสารทั้งหมดของมิวชวลอินฟอเมชั่นระหว่างการ

```
MLREDUCT(C, Z)
C: the set of all conditional attributes
Z: the set of decision attributes
(1)T ← { }, R ← { }
(2)Do
(3) ∀x∈ (C – R) Compute the optimal ᾱ by equation (13) for R∪{x}
(4)  if G(R∪{x}) > G(T)
(5)          T ← R ∪ {x}
(6)  R ← T
(7)Until |LowInfo (R) - LowInfo (C)| ≤ ε
(8)Return R
```

รูปที่ II. อัลกอริทึม MLREDUCT

ประมาณค่าขอบเขตล่างและคลาสสมมูล $Z_j$ ดังนั้นการเลือกซับเซตของคุณลักษณะ *B* คือการหาค่าสูงสุดของ *LowInfo(B)* และลดค่าของ *BoInfo(B)* ให้มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งก็คือการคำนวณฟังก์ชันของ *E(B)* โดยที่

$$E(B) = LowInfo(B) - BoInfo(B) \tag{17}$$

ถ้า *LowInfo(B) = Entropy(Z)* แล้วค่า *E(B)* มีค่าสูงสุด จะได้ว่ารีดัก *B* มีความเกี่ยวข้องสูงที่สุด ในทางกลับกันถ้า *BoInfo(B) = Entropy (Z)* แสดงว่า *B* ไม่เกี่ยวข้องกับแอตทริบิวต์การตัดสินใจ *Z* และไม่มีข่าวสารที่มีมูลค่า

```
mBMLREDUCT(C, Z)
C: the set of all conditional attributes
Z: the set of decision attributes
(1)T ← { }, R ← { }
(2)Do
(3) ∀x∈ (C – R) Compute the optimal ᾱ by equation (13) for R∪{x}
(4)  if E(R∪{x}) > E(T)
(5)          T ← R ∪ {x}
(6)  R ← T
(7)Until E(R) == Entropy(Z) OR no more attributes can be added
(8)Return R
```

รูปที่ III. อัลกอริทึม mBMLREDUCT

รูปที่ III. แสดงอัลกอริทึม mBMLREDUCT ซึ่งทำงานคล้ายกับ MLREDUCT แต่จะเลือกแอตทริบิวต์โดยใช้ค่าความแตกต่างของข่าวสารระหว่างการประมาณค่าขอบเขตล่างและบริเวณขอบเขต ตามที่อธิบายไว้ข้างต้นข่าวสารที่น้อยที่สุดของบริเวณขอบเขตสามารถพบได้โดย $\alpha$ ที่อยู่ในช่วง [0.3, 0.45] ดังนั้นแต่ละซับเซตของคุณลักษณะใหม่ *B* ค่าที่เหมาะสมของ $\alpha$ จะคำนวณจาก 0.3 ถึง 0.45 โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.05

อัลกอริทึม mBMLREDUCT ประกอบด้วยกระบวนการเลือกคุณลักษณะที่เหมือนกับอัลกอริทึม ML แต่ mBMLREDUCT ใช้ฟังก์ชันเป้าหมาย *E* เพื่อคำนวณหาค่าความดีของซับเซต นอกจากนี้การทำงานซ้ำจะเสร็จสิ้นเมื่อข่าวสารของรีดักที่ได้รับการคัดเลือกปัจจุบัน (*E(R)*) เท่ากับข่าวสารเอนโทรปีของคลาสการตัดสินใจ (*Entropy(Z)*) นอกจากนี้กระบวนการทำซ้ำสามารถสิ้นสุดได้หากแอตทริบิวต์ที่เพิ่มเข้าไปไม่ได้เพิ่มค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย *E*

## IV. การทดลองกับข้อมูลจากฐานข้อมูล UCI

ในส่วนนี้จะแสดงผลการทดลองระหว่างวิธีการที่นำเสนอและเทคนิคที่ได้รับความนิยมกับชุดข้อมูลจาก UCI Machine Learning Repository [16] (ดูตารางที่ I.) นอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นว่าซับเซตของแอตทริบิวต์ที่พิจารณาข่าวสารทั้งในการประมาณค่าขอบเขตล่างและบริเวณขอบเขตให้ข่าวสารที่มีมูลค่ามากกว่าการใช้การประมาณค่าขอบเขตล่างเพียงอย่างเดียวและดีกว่าการใช้ฟังก์ชันการขึ้นต่อกันของราฟเซต

ในงานวิจัยนี้มีการใช้ข้อมูล 16 ชุดเพื่อทดสอบเทคนิค FS ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ I. โดยประกอบด้วยแอตทริบิวต์ที่ไม่ต่อเนื่อง 9 ชุดและแอตทริบิวต์ที่เป็นตัวเลข 7 ชุด โดยข้อมูลมีขนาดตั้งแต่ 106 ถึง 3,190 แถว และแอตทริบิวต์ระหว่าง 14 ถึง 61 แอตทริบิวต์ เนื่องจากวิธีการของ FS ทั้งหมดทำงานกับค่าแอตทริบิวต์ที่ไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องทำการแบ่งพาร์ติชั่นแบบระยะเท่ากัน [17] การค้นหาของทุกวิธีจะเป็นแบบไปข้างหน้าแบบตระกละตามลำดับเพื่อสร้างซับเซตของแอตทริบิวต์ที่ดีที่สุด โดยได้เปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่ประเมินซับเซตด้วยฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน (RSAR [8] และ DMRS [9]), CNS [18] และ CFS [19]

งานวิจัยนี้จะใช้ SVM, C4.5 และ PART กับชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่แต่ละชุดการคำนวณหาค่าความแม่นยำจะใช้ 10-fold cross-validation รวมถึงได้ทดลองวัดประสิทธิภาพของซับเซตกับ C4.5 ซึ่งเป็นตัวจำแนกประเภทข้อมูลด้วยต้นไม้การตัดสินใจ, PART ซึ่งเป็นตัวจำแนกประเภทข้อมูลบนหลักการของกฎ และสุดท้าย SVM ซึ่งสร้างขึ้นจากไฮเปอร์เพลนทั่วไปเพื่อแยกคลาสของข้อมูลต่างๆ

### *IV.I เปรียบเทียบขนาดซับเซตที่เลือก*

ผลลัพธ์ขนาดของรีดักที่สร้างโดยวิธีต่างๆ แสดงในตารางที่ II. โดยแสดงขนาดของรีดักของ RSAR, DMRS, CNS, CFS, mBML และ ML จาก 16 ข้อมูลและ 6 เทคนิคจะเห็นได้ว่า CFS ได้รับขนาดซับเซตขนาดใหญ่สุดจำนวน 11 ข้อมูลในขณะที่ mBML และ ML ได้รับ 3 ข้อมูล นอกจากนี้ทั้ง CFS และ mBML ได้รับขนาดของซับเซตเฉลี่ย 10.1 และ 7.6 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ใหญ่ที่สุด 2 วิธีจาก 6 วิธี

เห็นได้ชัดว่า mBML ได้รับขนาดซับเซตเฉลี่ยใหญ่กว่า ML และวิธี ML ยังได้ขนาดของรีดักที่เล็กกว่า mBML ในเกือบทุกชุดข้อมูล เห็นได้ชัดว่าการประเมินคุณลักษณะด้วยข่าวสารสูงสุดของการประมาณค่าขอบเขตล่างสามารถเติมเต็มข่าวสารได้เร็วกว่าการรวมข่าวสารระหว่างการประมาณค่าขอบเขตล่างและบริเวณขอบเขต โดยวิธี RSAR และ DMRS เมื่อนำไปใช้กับ votes และ credit จะให้เซตว่างเนื่องจากทุกคลาสสมมูลไม่สอดคล้องกันในขั้นตอนแรกของการเลือก นอกจากนี้ DMRS ยังพบปัญหา Local maximal บนชุดข้อมูล water2 ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี RSAR และ DMRS นั้นได้รับผลกระทบอย่างมากจากข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวน

### *IV.II เปรียบเทียบความแม่นยำในการจำแนกประเภทข้อมูล*

ในส่วนนี้จะเป็นการนำซับเซตของคุณลักษณะที่สร้างขึ้นจากอัลกอริทึมต่างๆ มาทำการวัดประสิทธิภาพความแม่นยำบนตัวจำแนกประเภทข้อมูลซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดประสิทธิภาพของรีดัก ถึงแม้แต่ละวิธีจะสามารถลดจำนวนคุณลักษณะได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็ไม่มีประโยชน์อะไรหากประสิทธิภาพของตัวจำแนกประเภทข้อมูลที่ได้รับมีประสิทธิผลค่อนข้างต่ำ

จากตารางที่ III – V. เห็นได้ว่า mBML และ ML แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของความแม่นยำในการจำแนกประเภทข้อมูลอย่างน้อย 1 ข้อมูล (heart, soyb, prom, splice) สำหรับบางข้อมูลที่มีคลาสสมมูลที่สอดคล้อง

กันจำนวนน้อยโดยหนึ่งแอตทริบิวต์อาจจะนำไปสู่วัตถุที่ไม่สอดคล้องกันจำนวนมากในบริเวณของความไม่แน่นอน (เช่น credit, soyb, prom, splice, derm เป็นต้น) การยอมให้แต่ละคลาสสมมูลมีวัตถุมาจากคลาสอื่นได้นำไปสู่ความทนทานต่อสัญญาณรบกวนและข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกัน

ตารางที่ I . รายละเอียดชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

| ชุดข้อมูล | #แอตทริบิวต์ | #แถว | #คลาส | ชนิดของแอตทริบิวต์ |
|---|---|---|---|---|
| credit | 21 | 1000 | 2 | discrete |
| heart | 14 | 294 | 2 | discrete |
| vote | 17 | 300 | 2 | discrete |
| soyb | 36 | 307 | 19 | discrete |
| lymp | 19 | 148 | 4 | discrete |
| prom | 58 | 106 | 2 | discrete |
| splice | 61 | 3190 | 3 | discrete |
| derm | 35 | 358 | 6 | discrete |
| dna | 58 | 318 | 2 | discrete |
| ionos | 34 | 351 | 2 | continuous |
| wine | 14 | 178 | 3 | continuous |
| sonar | 61 | 208 | 2 | continuous |
| land | 37 | 2000 | 6 | continuous |
| wdbc | 31 | 569 | 2 | continuous |
| parks | 23 | 195 | 2 | continuous |
| water2 | 217 | 2000 | 3 | continuous |

ตารางที่ II . ขนาดของซับเซตที่เลือกด้วยวิธีการต่าง ๆ

| ชุดข้อมูล | เทคนิค FS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RSAR | DMRS | CNS | CFS | mBML | ML |
| credit | - | - | 10 | 3 | 11 | 10 |
| heart | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 | 8 |
| vote | - | - | 8 | 3 | 8 | 9 |
| soyb | 13 | 14 | 11 | 21 | 16 | 14 |
| lymp | 6 | 8 | 7 | 9 | 7 | 6 |
| prom | 4 | 4 | 4 | 6 | 5 | 5 |
| splice | 10 | 10 | 10 | 22 | 11 | 11 |
| derm | 7 | 7 | 6 | 20 | 7 | 6 |
| dna | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| ionos | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| wine | 4 | 4 | 4 | 7 | 4 | 4 |
| sonar | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 | 4 |
| lands | 12 | 12 | 13 | 22 | 14 | 13 |
| wdbc | 7 | 6 | 6 | 8 | 7 | 7 |
| parks | 4 | 4 | 5 | 7 | 5 | 5 |
| water2 | 7 | 2 | 6 | 7 | 7 | 6 |
| **Average** | **6.7** | **6.4** | **6.9** | **10.1** | **7.6** | **7.3** |

ตารางที่ III . เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ทำนายบน SVM

| ชุดข้อมูล | Un selec | RSAR | DMRS | CNS | CFS | mBML | ML |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| credit | **76** | - | - | 74.2 | 71.2 | 74.9 | 75.3 |
| heart | **80.67** | 77.21 | 77.5 | 80.61 | 79.93 | **80.67** | 80.61 |
| vote | 94.33 | - | - | 93.33 | 94.33 | **95.66** | 95.33 |
| soyb | 90.25 | 83.06 | 85.34 | 84.36 | **92.18** | 89.57 | 87.29 |
| lymp | **83.1** | 81.75 | 81.75 | 79.72 | 82.43 | **83.1** | 81.75 |
| prom | 93.27 | 85.84 | 85.84 | 85.84 | 91.5 | **94.33** | **94.33** |
| splice | 93.42 | 81.66 | 83 | 94.26 | **95.95** | 94.98 | 94.98 |
| derm | 96.94 | 81 | 83 | 75.69 | **97.76** | 87.43 | 74.86 |
| dna | **100** | 93.71 | 93.71 | 93.71 | 96.22 | 93.71 | 93.71 |
| ionos | **88.6** | 83.19 | 83.13 | 81.48 | 86.89 | 81.48 | 82.62 |
| wine | **97.75** | 93.82 | 93.82 | 93.25 | **97.75** | 95.5 | 95.51 |
| sonar | 75.95 | 76.44 | 76.44 | 72.11 | **76.44** | 74.51 | 73.56 |
| lands | **85.25** | 83.70 | 83.70 | 83.5 | 84.4 | 84.9 | 83.3 |
| wdbc | **97.72** | 95.43 | 94.90 | 96.48 | 96.3 | 96.3 | 96.31 |
| parks | 87.18 | 86.15 | 86.15 | 86.66 | 85.12 | **88.2** | **88.2** |
| water2 | **86.38** | 79.65 | 75.81 | 78.31 | 80.8 | 80.4 | 79.27 |
| **Avg.** | **89.18** | **84.47** | **84.58** | **84.59** | **88.08** | **87.22** | **86.06** |
| **#Max. Acc.** | **9** | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 2 |

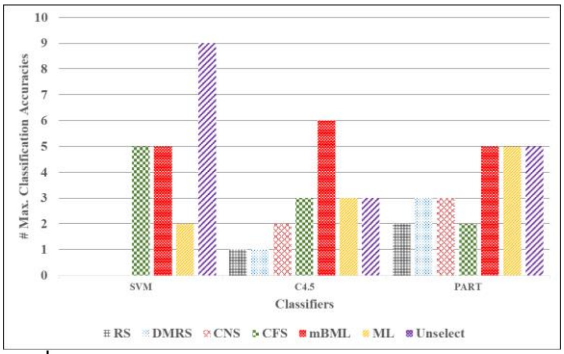
ตารางที่ IV . เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ทำนายบน C4.5

| ชุดข้อมูล | Un selec | RSAR | DMRS | CNS | CFS | mBML | ML |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| credit | 71.1 | - | - | 72.2 | 71.2 | 73 | **73.4** |
| heart | 78.31 | **81.97** | **81.97** | 79.25 | 78.91 | 80.25 | 79.25 |
| vote | 93.67 | - | - | 93.66 | 94 | **94.5** | 93.66 |
| soyb | 83.37 | 81.75 | 83.38 | 80.45 | 82.08 | **86.64** | 84.03 |
| lymp | 76.29 | 73.64 | 75.35 | 74.32 | **78.37** | 74.64 | 73.64 |
| prom | 80.82 | 84.9 | 84.9 | 84.9 | 83.01 | **84.96** | 83.96 |
| splice | 94.36 | 81.91 | 82.35 | 93.82 | **94.48** | **94.48** | **94.48** |
| derm | **93.29** | 69.83 | 71.3 | 72.06 | 93.01 | 82.4 | 67.61 |
| dna | 83.96 | 83.64 | 83.64 | 83.64 | **84.59** | 84.27 | 84.27 |
| ionos | **91.46** | 89.74 | 89.45 | 90.31 | 90.88 | 91.31 | 90.31 |
| wine | 93.86 | 89.88 | 89.88 | **96.62** | 94.38 | 96.06 | 96.07 |
| sonar | 71.17 | 70.67 | 70.67 | 75 | 71.63 | **75.48** | **75.48** |
| lands | 84.05 | **85.75** | **85.75** | 81.3 | 83.25 | 83.7 | 81.7 |
| wdbc | 93.33 | 95.25 | 92.72 | **94.2** | 93.32 | 93.97 | 92.97 |
| parks | 79.97 | 87.69 | 87.69 | 88.2 | 83.07 | **88.6** | **88.6** |
| water2 | **83.1** | 81.95 | 75.43 | 80.23 | 82.34 | 81.95 | 81.96 |
| **Avg.** | **84.51** | **82.76** | **82.46** | **83.76** | **84.91** | **85.39** | **83.84** |
| **#Max. Acc.** | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | **6** | 4 |

ตารางที่ V . เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ทำนายบน PART

| ชุดข้อมูล | Un selec | RSAR | DMRS | CNS | CFS | mBML | ML |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| credit | 71.2 | - | - | **74.1** | 71.3 | 72 | 72.4 |
| heart | 78.23 | 80.61 | **81.97** | 80.95 | 79.93 | 80.95 | 80.95 |
| vote | 92.67 | - | - | 93.33 | **94.33** | 94 | **94.33** |
| soyb | **90.54** | 78.5 | 78.5 | 76.22 | 87.95 | 85.66 | 82.08 |
| lymp | **81.76** | 77.7 | 77.02 | 76.35 | 75.67 | 77.02 | 77.7 |
| prom | 84.82 | **93.39** | **93.39** | **93.39** | 84.9 | **93.39** | **93.39** |
| splice | 92.51 | 81.84 | 81.92 | 93.13 | 93.38 | **93.79** | **93.79** |
| derm | 95.25 | 73.46 | 75.58 | 63.4 | **95.53** | 77.93 | 60.33 |
| dna | **91.45** | 85.84 | 85.84 | 85.84 | 87.1 | 85.84 | 85.84 |
| ionos | **91.75** | 86.60 | 87.74 | 88.88 | 90.88 | 88.88 | 89.46 |
| wine | 93.27 | 90.44 | 90.44 | **94.38** | 92.69 | **94.38** | **94.38** |
| sonar | **80.31** | 75.00 | 75.00 | 77.4 | 75.96 | 77.88 | 76.44 |
| lands | 83.6 | 84.20 | 84.20 | 83.55 | 83.25 | **85.2** | 83.05 |
| wdbc | 93.32 | 94.20 | 93.84 | 94.2 | 94.55 | **94.8** | 94.38 |
| parks | 81.5 | **86.66** | **86.66** | 85.64 | 81.53 | 86.15 | 86.15 |
| water2 | 80.98 | 81.38 | 75.23 | 78.88 | 82.14 | 80.99 | **82.73** |
| **Avg.** | **86.45** | **83.56** | **83.38** | **83.73** | **85.69** | **85.55** | **84.21** |
| **#Max. Acc.** | **5** | 2 | 3 | 3 | 2 | **5** | **5** |

แน่นอนว่าวิธีการ ML สามารถจัดการกับสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า RSAR และ DMRS ดังนั้นจากค่าความแม่นยำของการจำแนกประเภทข้อมูลแสดงให้เห็นชัดเจนว่า mBML และ ML สามารถเลือกซับเซตที่เป็นข่าวสารที่มีประโยชน์ได้มากกว่าวิธี RSAR และ DMRS ในขณะที่ในแง่ของประสิทธิภาพการจำแนกประเภทข้อมูลของ SVM ทั้ง mBML และ CFS มีความแม่นยำในการทำนายสูงสุดใน 5 ข้อมูลดังที่แสดงในตารางที่ III. อย่างไรก็ตาม unselect (แอตทริบิวต์ทั้งหมดของข้อมูล) จะให้การจำแนกประเภทข้อมูลมีความแม่นยำสูงสุดใน 9 ข้อมูล ซึ่งเป็นจำนวนสูงสุดสำหรับทุกวิธี ในขณะเดียวกัน RSAR, DMRS และ CNS นั้นไม่สามารถได้รับการทำนายที่ดีที่สุดในทุกข้อมูล จากตารางที่ IV. ประสิทธิภาพของ mBML ได้รับความแม่นยำการทำนายมากที่สุด 6 ตัวอย่าง ในขณะที่ C4.5 ได้รับความแม่นยำการทำนายที่ดีที่สุดด้วยจำนวนมากที่สุด ในตารางที่ V. แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการจำแนกประเภทข้อมูลของ PARTซึ่ง mBML, ML และ unselect สามารถบรรลุผลในประสิทธิภาพการทำนายที่ดีที่สุดใน 5 ตัวอย่าง




รูปที่ VI. จำนวนความถูกต้องสูงสุดบนตัวจำแนกประเภทข้อมูล

จากรูปที่ VI. เห็นได้ถึงประสิทธิภาพของ mBML ด้วยจำนวนความแม่นยำสูงสุดกับ C4.5 ในขณะที่ mBML, ML และ unselect ได้จำนวนเท่ากันบน PART นอกจากนี้การลดขนาดมิติโดยเฉลี่ยใน mBML และ ML สูงกว่า CFS และ unselect ดังที่แสดงในตารางที่ II. อย่างไรก็ตามวิธีการ mBML และ ML ซึ่งพิจารณาข่าวสารทั้งในส่วนของบริเวณที่แน่นอน (การประมาณค่าขอบเขตล่าง) และบริเวณที่ไม่แน่นอน (บริเวณขอบเขตขอบเขต) สามารถจัดการกับสัญญาณรบกวนในข้อมูลและความไม่สอดคล้องกันได้ดีกว่าทั้ง RSAR และ DMRS เมื่อดูจากผลการทดลอง

## V. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้แนวคิดของ VPRS และมิวชวลอินฟอเมชั่นมาใช้ในการจัดการสัญญาณรบกวนและความไม่สอดคล้องกันโดย การใช้พารามิเตอร์เพื่อควบคุมสัญญาณรบกวนและความไม่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ VPRS และมิวชวลอินฟอเมชั่น สามารถปรับปรุงการคำนวณข่าวสารของแต่ละคลาสสมมูลในสเปซของแอตทริบิวต์ได้ดี ถึงแม้ว่าการประเมินซับเซตโดยใช้ข่าวสารที่รวบรวมมาจากการประมาณค่าขอบเขตล่างเพียงอย่างเดียวจะได้รับซับเซตที่มีขนาดเล็ก แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะสกัดซับเซตที่มีมูลค่าอย่างมากได้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถจัดการกับข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ

ถึงแม้ว่าผลรวมของความแตกต่างของข่าวสารที่ได้จากการประมาณค่าขอบเขตล่างและบริเวณขอบเขตจะได้รับซับเซตที่มีขนาดใหญ่กว่าโดยใช้การประมาณค่าขอบเขตล่างเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามขนาดซับเซตที่ใหญ่กว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีทั้งในด้านขนาดซับเซตและความแม่นยำการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี wrapper เพื่อสร้างซับเซตที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามซับเซตที่รับการคัดเลือกได้รับข่าวสารที่ไม่เพียงพอสำหรับอัลกอริธึมการเรียนรู้ จึงเป็นเรื่องที่ยากที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของวิธี wrapper กับขนาดซับเซตของแอตทริบิวต์ที่เล็ก

## เอกสารอ้างอิง

[1] M. Toğaçar, B. Ergen, and Z. Cömert, “Classification of white blood cells using deep features obtained from Convolutional Neural Network models based on the combination of feature selection methods,” Applied Soft Computing, vol 97, 106810, 2020.

[2] B. H. Nguyen, B. Xue, and M. Zhang, “A survey on swarm intelligence approaches to feature selection in data mining,” Swarm and Evolutionary Computation, vol. 54, 100663, 2020.

[3] J. Meng, H. Lin, Y. Yu, “A two-stage feature selection method for text categorization, “ Computers & Mathematics with Applications, vol. 62, no. 7, pp. 2793-2800, 2011.

[4] M. S. Pervez and D. M. Farid, "Feature selection and intrusion classification in NSL-KDD cup 99 dataset employing SVMs," The 8th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA 2014), 2014, pp. 1-6.

[5] I. Sel, A. Karci and D. Hanbay, "Feature Selection for Text Classification Using Mutual Information," 2019 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP), 2019, pp. 1-4.

[6] M. Hatami, P. Mehrmohammadi and P. Moradi, "A Multi-Label Feature Selection Based on Mutual Information and Ant Colony Optimization," 2020 28th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), 2020, pp. 1-6.

[7] Z. Pawlak, “Rough sets,” Int. J. Inf. Comput. Sci., vol.11, pp.314-356, 1982.

[8] R. Jensen and Q. Shen, “Semantics-preserving dimensionality reduction: rough and fuzzy-rough-based approaches,” IEEE Trans. Knowledge and Data Eng., vol.16, no.12, pp.1457–1471, 2004.

[9] N. M. Parthal´ain, R. Jensen, and Q. Shen, “A distance measure approach to exploring the rough set boundary region for attribute reduction,” IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol.22, no.3, 2010.

[10] L. Lei, W. Chen, B. Wu, C. Chen, and W. Liu, “A building energy consumption prediction model based on rough set theory and deep learning algorithms,” Energy and Buildings, vol.240, 110886, 2021.

[11] R. Cekik and A. K. Uysal, “A novel filter feature selection method using rough set for short text data,” Expert Systems with Applications, vol.160, 113691, 2020.

[12] W. Ziarko, “Variable precision rough set model,” J. Comput. Syst. Sci., vol.46, no.1, pp.44–54, 1993.

[13] N. Yadav and N. Chatterjee, "A novel approach for feature selection using Rough Sets," 2017 International Conference on Computer, Communications and Electronics (Comptelix), 2017, pp. 195-199.

[14] J. Zhao, C. Zhang and F. Yao, "Efficient Selection of Visual Features in Automatic Image Retrieval," 2020 12th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2020, pp. 361-365.

[15] T. M. Cover and J. A. Thomas, Elements of information theory, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006.

[16] D. Dua and C. Graff, UCI Machine Learning Repository, 2019, [online] Available: http://archive.ics.uci.edu/ml.

[17] N. Kwak and C. H. Choi, “Input feature selection for classification problems,” IEEE Trans. Neural Networks, vol.13 no.1, pp.143–159, 2002.

[18] H. Liu and M. Dash, “Consistency-based search in feature selection,” Artificial Intelligence, vol.151, no.1-2, pp.155-176, 2003.

[19] M. A. Hall, “Correlation-based feature selection for discrete and numeric class machine learning,” in Proc. 17th Int. Conf. Mach. Learn., pp.359-366, 2000.

# การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนทำธุรกิจสำหรับการใช้เครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา

ดุจดาว ศรีสำราญ*[1] รชตะ รุ่งตระกูลชัย[2]

*[1*]สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[2]สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

***บทคัดย่อ***

จากการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนทำธุรกิจสำหรับการใช้เครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา จะเน้นกลุ่มลูกค้าที่เป็น กลุ่มโรงพยาบาล เนื่องจาก ผู้แข่งขันในกลุ่มธุรกิจเดียวกันมีจำนวนมากและเน้นกลุ่มลูกค้า Home use เป็นหลัก ซึ่งมีการแข่งขันราคาสูง แต่ในกลุ่มโรงพยาบาลยังไม่มีคู่แข่งขัน เนื่องด้วย กลุ่มธุรกิจโรงพยาบาล การตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์หรือตัดสินใจซื้อจะยากกว่าและ base on คุณภาพที่มีมาตรฐานรับรองนอกจากตัวผลิตภัณฑ์น้ำยาแล้วยังมีผลิตผลิตภัณฑ์ของตัวเครื่องพ่นอบฆ่าเชื้อ ซึ่งธุรกิจนี้บริษัทได้นำเทคโนโลยีมาพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้หลักการการทำปราศจากเชื้อเช่นเดียวกับกลุ่มเครื่องมือแพทย์ทำให้แนวทางการทำตลาดจะแตกต่างจากกลุ่ม Home use ตลอดถึงการลงทุนศึกษาในรูปแบบการให้บริการพ่นอบฆ่าเชื้อ โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในบริษัทในการขยายการให้บริการโดยใช้กลยุทธ์เชิงรุก (Intensive Growth Strategy) เน้นการพัฒนาproduct innovation & development โดยเทคโนโลยีและนวัตกรรมของเครื่องพ่นอบฆ่าเชื้อ AirsonSTA มีการทำวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการรองรับและยากต่อการเลียนแบบ รวมถึงบุคคลากรที่ให้บริการที่มีความเฉพาะทางและเชี่ยวชาญซึ่งเป็นข้อดีที่สร้างความแตกต่างจากคู่แข่ง ทำให้ธุรกิจนี้มีความได้เปรียบและสร้างความยั่งยืนได้นานด้วยตัวผลิตภัณฑ์เองที่สามารถปรับเข้าไปใช้ในกลุ่มครัวเรือนได้ในอนาคต หรือที่เรียกกันว่า Home use new normal

จากการศึกษาการจัดตั้งงบประมาณสำหรับบริการใหม่ โดยใช้งบประมาณที่ 1,114,000บาท ซึ่งคิดค่าบริการเป็นลูกบาศก์เมตรละ 8 บาทโดยอัตรากำไรขั้นต้นที่ 45.83% โดยจุดคุ้มทุนพื้นที่การพ่นอบบริการฆ่าเชื้อ ที่จำนวน 16,620.75 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน NPV >0 ยอมรับการลงทุน IRR 145% Pay Back 1.21 ปี Profitability Index (cash flow) >1และความสามารถการทำกำไรต่อหัวของพนักงาน เทียบรายproduct Human Capital Return on Investment (HCROI) ที่ 3.55เท่า

***คำสำคัญ*** : AirSON STA nano plasma technology, ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์, ความคุ้มค่า, แผนธุรกิจ

# Study of The Investment for Using the AirSON STA Spraying Machine with Nano Plasma Technology

Duddao Srisamran*[1] Rachata Rungtrakulchai[2]

[1*]Thai-NiChi Institute of Technology, Bangkok, Thailand
[2] Thai-NiChi Institute of Technology, Bangkok, Thailand

*Abstract*

The objective of this research is to study the cost-effectiveness of business investment in AirSON STA, the Nano plasma technology sprayer. Many competitors in this business are mainly focus to the home user, which results to high completion and price wars. Therefore, this research focuses on the Hospital users, which there is no competitors. Compare to home user, the hospital user's purchasing decision are more difficult and based on quality which must have the standard certified.

Not only Chemical solution product, there are also the sterilizer sprayers. For this business, the company has applied technology to develop products using the same sterilization principles as the medical device, making the marketing approach which different from the home users. This study also determines the investment of sterilizer spray service by using the resources which available in the company to expand the service. Using the aggressive strategy (Intensive Growth Strategy) which focusing on product innovation & development of AirsonSTA sterilizers, the technology and innovation are difficult to imitate and need the trained person to operated, that make our advantages in the service and differentiate from the competitors. This business creates sustainability and the product itself that can be adapted for use in households in the future, which also known as home use new normal

The result of this research reveals that the setup budget for new services, using a budget of 1,114,000 baht, which is charged at 8 baht per cubic meter, with a gross profit margin of 45.83%, with break-even point for the spray drying service area of 16,620.75 cubic meters per month, NPV >0, investment accepted IRR 145 % Pay Back 1.21 years Profitability Index (cash flow) >1, and the per capita profitability of employees, compare to product Human Capital Return on Investment (HCROI) at 3.55 times

***Keywords***: AirSON STA nano plasma technology, Hydrogen peroxide, Investment

1) บทนำ

ปี 2563 โรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 หรือโควิด-19 (COVID-19) เริ่มระบาดตั้งแต่เดือนธันวาคม 2562 เป็นต้นมา โควิด-19 มีการแพร่ระบาดทั่วโลก ทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สังคม และเศรษฐกิจของประชากร เมื่อต้นเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 มีการระบาดใหญ่ (pandemic) ซึ่งเป็นการติดเชื้อทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ตามประกาศขององค์การอนามัยโลก เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2563 (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2563ก) เชื้อไวรัสโควิด-19 ส่งผลก่อให้เกิดโรคต่างๆ เกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจ เป็นโรคติดต่ออันตรายที่มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วและอันตรายต่อชีวิตมนุษย์

ปัจจุบันทางรัฐบาลและหน่วยงานต่างๆ ทำการนำเสนอและชี้แจงรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการในการป้องกันเชื้อไวรัสโควิด-19 ซึ่งอุปกรณ์ในการป้องกันที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เช่น หน้ากากอนามัยชนิดต่างๆ ใช้เพื่อป้องกันการกระเด็นของละอองฝอยจากเสมหะที่เกิดจากการไอและจาม เป็นต้น และเกิดปัญหาการขาดแคลนหน้ากากอนามัยเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการคิดค้นนวัตกรรมและอุปกรณ์ในการป้องกันเชื้อไวรัสขึ้นมาใหม่ เช่น น้ำยาฆ่าเชื้อไวรัสไร้แอลกฮอล์ ภายใต้เทคโนโลยี i-Sol+ Tech ที่สามารถกำจัดเชื้อไวรัสชนิดต่างๆ รวมถึงเชื้อไวรัสโควิด-19 ได้ถึง 99% และออกฤทธิ์นานถึง 24 ชั่วโมง ซึ่งนานกว่าแอลกอฮอล์ที่ออกฤทธิ์ได้ไม่เกิน 1 นาที (กรุงเทพธุรกิจ, 2563) เป็นต้น

ธุรกิจทางด้านสาธารณสุขมีการนำนวัตกรรมเครื่องมือและอุปกรณ์มาพัฒนาให้มีคุณภาพ และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อไวรัสโควิด-19 ใช้ในการปฏิบัติงานในโรงพยาบาล อุตสาหกรรม และผู้ประกอบการอื่นๆ โดยปัญหาเกี่ยวกับการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโควิด-19 ในสิ่งแวดล้อมทางด้านอากาศ จากคนสู่คน รวมถึงจากสถานที่สาธารณะ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื้อไวรัสโควิด-19 สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น ที่จับลูกบิดประตูในที่ต่างๆสาธารณะ โต๊ะและเก้าอี้ทั้งสถานที่ทำงาน รวมถึงการไปใช้บริการทั้งร้านอาหารและที่อื่น เป็นต้น ซึ่งเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความสะอาดในการมาใช้บริการในสถานที่นั้นๆ ซึ่งทำให้ทางสถานที่ต่างๆ เกิดความกังวลเกี่ยวกับเชื้อไวรัสโควิด-19 ที่หลงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อม

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้เขียนสนใจศึกษาเรื่อง การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนทำธุรกิจสำหรับการใช้เครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา สำหรับการป้องกัน ยับยั้ง และฆ่าเชื้อไวรัสโควิด-19 ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเครื่อง AirSON STA โดยทำการพ่นสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อไวรัสโควิด-19 เพื่อให้สารเคมีที่ใช้มีฤทธิ์ไปยับยั้งเชื้อไวรัสโควิด-19 และสามารถฆ่าเชื้อตั้งแต่เชื้อไวรัสไปจนถึงสปอร์ต่างๆ ของเชื้อทั้งที่อยู่ในอากาศและสิ่งแวดล้อมคือ บนพื้นผิวสัมผัสต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล รวมทั้งคุ้มค่าต่อการใช้บริการ และเหมาะสมต่อกำลังผู้ใช้บริการ

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อที่จะได้เห็นทิศทางเชิงกลยุทธ์ของธุรกิจ

2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำธุรกิจ

3. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเครื่อง AirSON STA มาใช้ในโรงพยาบาล

4. เพื่อศึกษาแผนธุรกิจเครื่อง AirSON STA ระบบนาโนพลาสมาในการพ่นอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียและไวรัสต่างๆ ที่ตกค้างในอากาศ สิ่งแวดล้อม และพื้นที่ผิวสัมผัส

3) วิธีดำเนินการวิจัย

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

3.1.1) กลุ่มลูกค้าโรงพยาบาล กลุ่มธุรกิจโรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

เครื่อง AirSON STA จะมีการนำเทคโนโลยีนาโนพลาสมามาใช้กับตัวเครื่องนี้ ซึ่งเป็นเครื่องพ่นฆ่าเชื้ออัตโนมัติ ซึ่งสารเคมีคือสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 6% สามารถฆ่าสปอร์ของ Geobacillus stearothermophilus ด้วยระบบนาโนพลาสมา และชุดทดสอบ Biological Indicator

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

feasibility study analysis

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

3.4.1) ทฤษฎีแรงกดดัน 5 ประการ (Five forces model)

การวิเคราะห์ภัยคุกคามของสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภายนอก โดยพิจารณาจากกลุ่มอิทธิพล 5 กลุ่ม (ไมเคิล อี พอร์ตเตอร์ และเจม ซี คอลลินส์, 2556, หน้า 86-87). คือ ภัยคุกคามจากการเข้าสู่อุตสาหกรรมของคู่แข่งรายใหม่, ความรุนแรงของการแข่งขันระหว่างบริษัทที่อยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกัน, อำนาจต่อรองของผู้ซื้อ, อำนาจการต่อรองของผู้ขายปัจจัยการผลิต และภัยคุกคามจากผลิตภัณฑ์ทดแทน

3.4.2) การวิเคราะห์ปัจจัยภายใน VRIO Analysis

การวิเคราะห์จากสภาพแวดล้อมภายในองค์กร ที่ครอบคลุมด้านการเงิน (Finance) บุคลากร (Human-Resource) วัตถุดิบ (Material) และองค์ความรู้ต่างๆ (Knowledge)

3.4.3) การวิเคราะห์ SWOT

SWOT คือ การวิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และข้อจำกัดของธุรกิจ โดยการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมภายในของกิจการ คือ การวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อน และการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมภายนอกของกิจการ คือ การวิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัด และนำมาวิเคราะห์สร้างกลยุทธ์โดยใช้ TOWS Matrix

3.4.4) แผนการเงิน

โครงสร้างทางการเงิน โดยการตั้งงบประมาณทางการงานเงิน ในกลุ่มเปิดให้บริการผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังสมการ

$$\text{การคิดอัตรากำไรขั้นต้น} = \left(\frac{\text{ขายสุทธิ} - \text{ต้นทุนขาย}}{\text{ขายสุทธิ}}\right) x\ 100 \quad (1)$$

จากสมการ (1) การคิดอัตรากำไรขั้นต้น จาก

ต้นทุนขายคือ ราคาขายต่อหน่วย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

ขายสุทธิคือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

แผนการประเมินต้นทุน และค่าใช้จ่ายคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break event point) ของสินค้าที่ธุรกิจต้องสร้างและยอดขายต่อเดือนเพื่อให้มีรายได้เท่าทุน ดังสมการ

$$\text{การคิดจุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่รวม}}{\text{กำไรส่วนเกิน}} \quad (2)$$

จากสมการ (2) ซึ่งการคิดจุดคุ้มทุนจาก

ต้นทุนคงที่รวมต่อเดือนคือ ค่าเสื่อมรวมกับเงินเดือน (บาท)

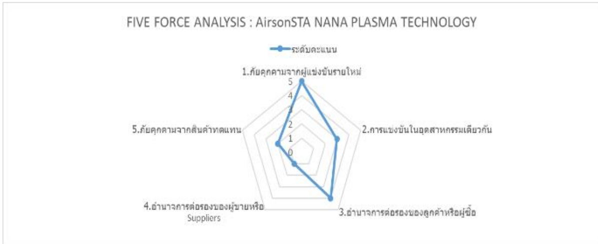
กำไรส่วนเกินคือ ราคาขายต่อเดือน – ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

4) ผลการวิจัย

จากการวิจัยมีผลการวิจัยดังนี้

*4.1) ทฤษฎีแรงกดดัน 5 ประการ (Five forces model)*

การประเมินความรุนแรงในการทำธุรกิจพ่นอบฆ่าเชื้อด้วยเครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา แสดงดังรูปที่ 1




รูปที่ 1 : Five Force Analysis scoring

จากรูปที่ 1 ผลการวิจัยการวิเคราะห์หลักสำคัญ 5 ประการ พบว่า สรุปการวิเคราะห์ปัจจัย 5 ด้านที่ส่งผลต่อการแข่งขันในอุตสาหกรรมพ่นอบฆ่าเชื้อด้วยเครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา

1.ภัยคุกคามจากผู้แข่งขันรายใหม่ (Threat of New Entrants) ภัยคุกคามจากคู่แข่งรายใหม่เสี่ยงปานกลาง เนื่องจากธุรกิจมีเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนและการให้บริการที่มีมาตรฐานสูงรวมถึงเงินลงทุนในการพัฒนาระบบสูงทำให้คู่แข่งใหม่ยากต่อการเข้ามาในอุตสาหกรรม

2.การแข่งขันกันภายในอุตสาหกรรมเดียวกัน (Industry rivalry) มีการแข่งขันในอุตสาหกรรมเดียวกันมีโอกาสเข้ามาสูงเนื่องจากมีความต้องการทางตลาดสูงและอยู่ในช่วงสถานการณ์โรคระบาด แต่เนื่องจากมีคู่แข่งในอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยหรือเทียบเท่าเครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา ส่งผลให้ภัยคุกคามจากเทคโนโลยีเดียวกันค่อนข้างต่ำ

3.อำนาจต่อรองผู้ซื้อ (Bargaining Power of Customers) อำนาจต่อรองของลูกค้าสูงเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีใหม่เนื่องจากผู้บริโภคสามารถเลือกใช้บริการที่อื่นที่มีบริการพ่นฆ่าเชื้อเหมือนเราได้แต่แตกต่างกันที่วิธีการฆ่าเชื้อและความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเครื่องพ่น AirSON STA ด้วย

เทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา เป็นเทคโนโลยีใหม่ต้องใช้การสื่อสารในการอธิบายให้กลุ่มผู้บริโภคให้มีความเข้าใจในตัวผลิตภัณฑ์ซึ่งจะช่วยลดการต่อรองของผู้ซื้อได้

4.อำนาจต่อรองของซัพพลายเออร์ (Bargaining Power of Suppliers) อำนาจต่อรองของซัพพลายเออร์ต่ำเนื่องจากบริษัทเป็นผู้ผลิตเครื่องจักรเองรวมถึงการหาแหล่งวัตถุดิบในการทำการผลิตเอง

5.ภัยคุกคามจากสินค้าทดแทน (Threat of Substitute Products or Services) ภัยคุกคามจากสินค้าต่ำจากการทดแทนเนื่องจาก ธุรกิจนี้ยังมีคู่แข่งเข้ามาในตลาดในโรงพยาบาลเพียง 1 รายที่ใช้น้ำยากลุ่มเดียวกันแต่เทคโนโลยีการใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน

*4.2) การวิเคราะห์ปัจจัยภายใน VRIO Analysis*

การวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการทำธุรกิจ ทำการปรับปรุงทรัพยากรด้านต่างๆ ภายในองค์กรให้เหมาะสมดังตารางที่ 2

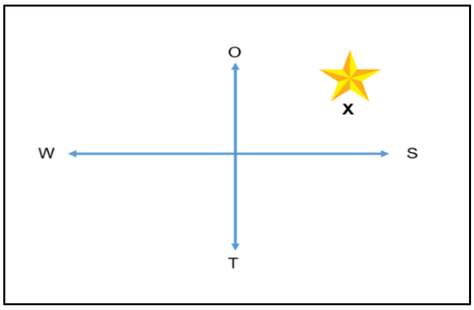
ตารางที่ 2 : VRIO Analysis

| ทรัพยากร | คุณค่า (V) | หายาก (R) | เลียนแบบยาก (I) | การจัดการในองค์กร (O) |
|---|---|---|---|---|
| เทคโนโลยีและนวัตกรรม | ใช่ | ใช่ | ใช่ | ใช่ |
| บุคลากร | ใช่ | ไม่ | ใช่ | ใช่ |
| เครือข่ายและคู่ค้าธุรกิจ | ใช่ | ไม่ | ใช่ | ไม่ |
| วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ | ใช่ | ใช่ | ใช่ | ใช่ |
| การบริหาร supply chain | ใช่ | ไม่ | ใช่ | ใช่ |

จากตารางที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีและนวัตกรรมของเครื่องพ่นอบฆ่าเชื้อ AirsonSTA มีการทำวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการรองรับและยากต่อการเลียนแบบ รวมถึงบุคคลกรที่ให้บริการที่มีความเฉพาะทางและเชี่ยวชาญซึ่งเป็นข้อดีที่สร้างความแตกต่างจากคู่แข่ง

*4.3) การวิเคราะห์ SWOT*

การทำโดยใช้ TOWS Matrix เป็นการนำมาวิเคราะห์และนำไปปรับกลยุทธ์ในการทำธุรกิจพ่นอบฆ่าเชื้อด้วยเครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา โดยธุรกิจ อยู่ในตำแหน่ง Star โดยธุรกิจนี้ เป็นธุรกิจที่มีอัตราการเติบโตและมีส่วนแบ่งของตลาดสูง เป็นธุรกิจที่โดดเด่น (Build Market Share) แสดงดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 TOWS Matrix ธุรกิจเครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา

*4.4) แผนการเงิน*

จากการวิจัยพบกว่า ค่าใช้จ่ายที่องค์กรได้ลงทุนไปในเรื่องเงินเดือนและสวัสดิการของพนักงานนั้น ก่อให้เกิดกำไรต่อองค์กรเท่าไรและจะทำให้ผู้บริหารสามารถมีข้อมูลในการตัดสินใจในเรื่องการลงทุนในเรื่องทรัพยากรมนุษย์ที่เหมาะสม

5) สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยสรุปได้ว่า ธุรกิจบริการความสะอาด เริ่มเป็นที่นิยมในช่วงวิกฤตไวรัสโควิด-19 รวมถึงวิถี New Normal ที่ประชาชนและผู้ใช้บริการในสถานที่ต่างๆ ใส่ใจและคำนึงถึงความสะอาดและปลอดภัยของสถานที่ให้บริการเป็นหลัก ซึ่งเป็นจุดขายที่สำคัญของธุรกิจบริการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโดยเฉพาะในกลุ่มลูกค้าโรงพยาบาล กลุ่มธุรกิจโรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในการวิจัยนี้โดยเป็นธุรกิจบริการสามารถ โดยการนำระบบเทคโนโลยีการใช้เครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา มาใช้และดำเนินการได้ โดยใช้กลยุทธ์เชิงรุก (Intensive Growth Strategy) ซึ่งเน้นการพัฒนาทางด้าน product innovation & development และโครงสร้างของการจัดทำงบประมาณที่การคิดราคาขายจากต้นทุนเทียบกับเป้าหมาของบริษัทที่กำไรขั้นต้น >40% ซึ่ง

นำมาคำนวณ feasibility study ดังนั้นผลจากการศึกษา NPV >0 ยอมรับการลงทุน IRR 278% Pay Back 0.73 ปี Profitability Index (cash flow) >1 ธุรกิจประเภทนี้มีการเติบโตของรายได้อย่างต่อเนื่อง

6) ข้อเสนอแนะ

1. กิจกรรมที่ส่งเสริมการขายและการสร้างความยั่งยืนให้กับตัวสินค้าให้ผู้ใช้เกิดการใช้อย่างต่อเนื่องในชีวิตประจำวัน โดยใช้การสร้างการรับรู้คุณค่า หรือ Perceptual factors เช่น ระบบสมาชิกรายปี ในการได้รับสิทธิประโยชน์ต่างๆ เพิ่มเติมพิเศษ, การซื้อเหมารวมแพคเกจรายปี นำเสนอราคาที่ถูกลงกว่าการซื้อแบบรายครั้ง, ออกบูธร่วมกับ mobile lab เป็นต้น

2. เพิ่มช่องทางในการจองการบริการใช้งาน

3. การเพิ่มกลุ่มลูกค้าเพิ่มเติม สามารถเข้าใช้งานได้ทั่วถึงกับบริการของกลุ่มลูกค้าต่างๆ เช่น Household เป็นต้น

4. 2. เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนไปทุกๆครั้งที่มีเหตุการณ์แพร่ระบาดของโรคติดต่อและมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านส่งเสริมสุขภาพทุกๆ 1 ปี

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาแผนธุรกิจการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนทำธุรกิจสำหรับการใช้เครื่องพ่น AirSON STA ด้วยเทคโนโลยีแบบนาโนพลาสมา เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รชตะ รุ่งตระกูลชัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความรู้ และให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาค้นคว้า ได้อธิบายขั้นตอนและวิธีการจัดทำตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์และขอขอบคุณห้องสมุดสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านการค้นคว้าเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆทำให้การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้สมบูรณ์มากขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

REFERENCES

กรมควบคุมโรค. กระทรวงสาธารณสุข. (2563ก). คู่มือการป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 สำหรับประชาชน. (กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย).

กรุงเทพธุรกิจออนไลน์. (2563). นวัตกรรมหน้ากากอนามัยผลิตจากวัสดุผ้าสะท้อนน้ำ. กรุงเทพธุรกิจ, สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2564, จาก https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/870235.

วิเชียร วิทยอุดม. (2549). การบริหารทรัพยากรมนุษย์ ฉบับแนวใหม่. (กรุงเทพฯ: บริษัท ธีระฟิล์ม และไซเท็กซ์ จำกัด, 2549), หน้า 1.

Kotler, P. Marketing Management. 11th ed. Singapore: Prentice-Hall., 2003.

Philips Kotler & Armstrong. Principles of Marketing. Pearson Education, 2001.

Porter, M. E. (1990). Competitive advantage. Free Press: New York.

TerraBKK.com - https://www.terrabkk.com/articles/1971

# สมรรถนะของบุคลากรฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ชลบุรี

นางสาว ดรุวรรณ ปัญญา*[1] ผศ.ดร.บุญญดา นาสมบูรณ์[2]

*[1*]หลักสูตร บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[2]หลักสูตร บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น, สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล :pa.daruwan_st@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างพนักงานฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการในบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ชลบุรี จำนวน 500 คน โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และการวิเคราะห์สมการโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์เส้นทาง ผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานตามรูป 2 พบว่า มีความตรงเชิงโครงสร้างในระดับดีสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี GFI = 0.952 AGFI = 0.916 ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 ค่าดัชนี RMR = 0.012 และ RMSEA = 0.082 มีค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.807 และสามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ได้ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทั้งนี้ องค์กรควรวางแผนการเพิ่มทักษะพนักงานทั้งทักษะด้านภาษาอังกฤษ ทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลทำงานด้านเอกสาร และทักษะการทำงานเป็นทีมให้กับบุคลากรฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการ เพื่อให้ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานสูงขึ้น สามารถปรับตัวทันกับการเปลี่ยนเข้าสู่ยุคยานยนต์ไฟฟ้าที่มีการนำเครื่องจักรอัตโนมัติซึ่งมีโปรแกรมการสั่งงานเป็นภาษาอังกฤษเข้ามาใช้มากยิ่งขึ้น

***คำสำคัญ***: สมรรถนะ ประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน บุคลากรฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการ

# Competency of production operator affecting working efficiency on Japanese automobile manufacturers in Amata city Chonburi industrial estate

Daruwan Panya[1]*Boonyada Nasomboon[2]

[1*]*Faculty of Master of Business Administration, Thai Nichi-Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2]*Faculty of Master of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

*pa.daruwan_st@tni.ac.th

*Abstract*

The purpose of this research was to study competency affecting working efficiency.The questionnaire was used as a tool to collected data from 500 production operators working in Japanese automobile manufacturers in Amata city Chonburi industrial estate by using stratiified random sampling method. Statistics used for data analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation, confirmatory factors analysis and structural equation modeling using path analysis. The research found the constructed model competency affecting working efficiency showed well fitted with the empirical data as follow : GFI = 0.952 AGFI = 0.916 close to 1 RMR = 0.012 and RMSEA = 0.082. The standardized regression weight was 0.807, and 65% of the correlation value were statistically significant at 0.01 level. Therefore, company should increase operator skills including English language skill, digital technology skill for document work and teamwork skill for production operator in order to increase working efficiency and can adapt to the transition towards electric vehicle era which more automated machines are used with more English language command programs.

***Keywords***: Competency, Working Efficiency, Production Operator

## 1) บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญในระดับต้นๆ ของประเทศไทยและมีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งในด้านการส่งออก การจ้างงาน การสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาเทคโนโลยี ตลอดจนการพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุนอื่น ๆ (Kanchanapraphas. 2020) ขณะที่ประเทศไทยพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศ ในอีกด้านหนึ่งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ กำลังเผชิญกับวิกฤติการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมอันเป็นผลจากใช้ทรัพยากรเพื่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจดังกล่าว (ผู้จัดการออนไลน์. 2563 : ออนไลน์) นโยบายลดการใช้รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปไปสู่การใช้รถยนต์ไฟฟ้าจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 (PPTVHD36. 2564 : ออนไลน์)

สำหรับประเทศไทย ยานยนต์ไฟฟ้าถือเป็นอุตสาหกรรมยานยนต์แห่งอนาคตที่เป็น 1 ใน 5 อุตสาหกรรมเดิมที่มีศักยภาพ (First S-Curve) ที่จะกลายเป็นอนาคตที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยในระยะต่อไป โดยรัฐบาลไทยมีนโยบายสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยสู่อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า โดยมุ่งพัฒนาให้ “EEC” มีระบบนิเวศที่เหมาะสมและเอื้ออำนวยต่อภาคการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าทั้งในเชิงนโยบายสิทธิประโยชน์ที่เอื้อต่อการลงทุนและโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัลอย่างเครือข่าย 5G (กรมยุโรป กระทรวงการต่างประเทศ. 2564 : ออนไลน์)

นโยบายการพัฒนาโครงการระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัดได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง โดยหนึ่งในนิคมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวคือ นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ชลบุรี เนื่องจากตั้งอยู่บนโครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกซึ่งเป็นฐานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่สำคัญของเอเชีย กลุ่มโรงงานส่วนใหญ่จึงเป็นผู้ผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ และเป็นนิคมอุตสาหกรรมที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐของไทยและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังมีแผนยกระดับสาธารณูปโภคโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น และเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเทคโนโลยีจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในภาคอุตสาหกรรมผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดต้นทุน เพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันให้พร้อมในทุกด้าน (บริษัท อมตะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน). 2564 : ออนไลน์)

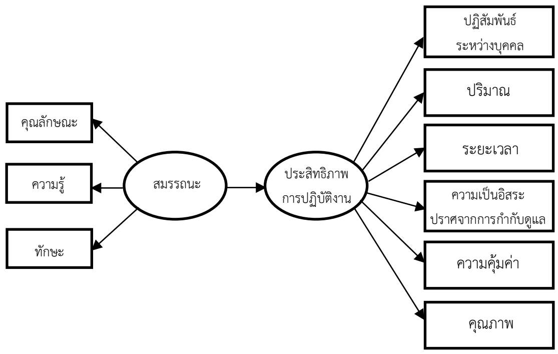
อย่างไรก็ดี ในด้านตลาดแรงงาน การผลิตรถยนต์ไฟฟ้าจะมีผลกระทบด้านลบ กล่าวคือ จะมีแนวโน้มใช้แรงงานเข้มข้นน้อยลงและมีทักษะสูงขึ้น ส่งผลให้แรงงานบางส่วนถูกทดแทนโดยเฉพาะแรงงานระดับปฏิบัติการ โดยผลกระทบต่อแรงงานสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ 1) แรงงานซับคอนแทรคหรือแรงงานสัญญาจ้าง เป็นแรงงานที่จะได้รับผลกระทบจากการเลิกจ้างก่อนแรงงานประจำ 2) แรงงานที่ไม่สามารถปรับตัวได้ ส่วนใหญ่จะเป็นแรงงานที่มีอายุมากตั้งแต่ 45 ปีขึ้นไปและการศึกษาน้อย จึงมีข้อจำกัดในการพัฒนาหรือเรียนรู้ทักษะการทำงานใหม่ๆ 3) แรงงานที่สามารถปรับตัวได้ กลุ่มนี้อยู่ในวัยทำงานอายุไม่เกิน 45 ปี 4) แรงงานใหม่ ต้องได้รับการศึกษาที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ตามแนวโน้มที่บริษัทต่างๆ จ้างแรงงานระดับปฏิบัติการ (จบ ม.3 หรือต่ำกว่า) ลดลงและจ้างช่างเทคนิคและวิศวกรมากขึ้น (Kulkokarn. 2019)

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะยังคงเป็นหนึ่งในผู้ผลิตยานยนต์ชั้นนำของโลก แต่ประเทศไทยยังต้องเผชิญกับคู่แข่งในภูมิภาคที่ต่างกำลังมุ่งพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ของตนเอง ดังนั้นผู้ผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ของไทย จึงต้องหาวิธีเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับตนเอง (ไทยรัฐ. 2562 : ออนไลน์) โดยการเข้าสู่เทคโนโลยีสมัยใหม่ทั้งด้านการออกแบบและผลิต การลดต้นทุน การเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการผลิต (สำนักศูนย์วิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2562 : ออนไลน์) จึงส่งผลให้การพัฒนาทักษะการทำงาน เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับตัว โดยยึดหลักที่ว่ามนุษย์จะมีจุดแข็ง มีศักยภาพที่เหนือกว่าเครื่องจักร นั่นคือ มนุษย์จะมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แก้ไขปัญหาที่สลับซับซ้อนได้มากกว่า สามารถตัดสินใจได้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถที่จะเรียนรู้และอยู่ร่วมกับเทคโนโลยีใหม่ๆ ผนวกความรู้ ทักษะที่มีความชำนาญให้เข้ากับเทคโนโลยีใหม่ๆได้ รวมทั้งสามารถมองเห็นสิ่งที่เทคโนโลยียังขาดหรือทำไม่ได้ เพื่อให้สามารถพัฒนาทักษะของตนเองในเรื่องดังกล่าวได้ รวมถึงเรื่องของความฉลาดทางอารมณ์ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการเข้าใจต่อผู้อื่น การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับบุคคลรอบด้าน ความมีน้ำใจ (Champunot et al. 2021)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาสมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางให้องค์กรพัฒนาและเสริมสร้างขีดความสามารถของแรงงานฝ่ายผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ให้ทันต่อยุคการเปลี่ยนผ่านสู่ยานยนต์ไฟฟ้าและเสริมกำลังสำคัญในการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทยต่อไป

## 2) วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน




รูปที่ 1 : กรอบแนวความคิดในการวิจัย

โดยมีสมมุติฐาน สมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

*2.1) แนวคิดและทฤษฎี*

*2.1.1) ด้านสมรรถนะ* การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของ McClelland (1973) Nuchleap et al (2019) สรุปนิยามได้ดังนี้ 1) ความรู้ หมายถึง ความรู้ในขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานตามคู่มือการทำงาน การแก้ไขความผิดปกติด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์และด้านเครื่องจักรอุปกรณ์ รวมถึงความรู้ในการลดความสูญเปล่าด้วยวิธีการกำจัดออก 2) ทักษะ หมายถึง การมีทักษะการทำงานมากกว่า 1 อย่าง ทักษะด้านภาษาอังกฤษ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการทำงานด้านเอกสารและสามารถทำงานแบบเป็นทีม และ 3) คุณลักษณะส่วนบุคคล หมายถึง จิตสำนึกด้านความปลอดภัยในการทำงาน จิตสำนึกในการทำงานเสร็จตามกำหนดเวลา มีความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมงานและมีการพัฒนาตนเองอยู่เสมอ เพื่อให้ปฏิบัติงานได้ประสบผลสำเร็จ เป็นที่น่าพอใจแก่องค์กร

*2.1.2) ด้านประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน* การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของ Bernardin and Russell (2001) สรุปนิยามได้ดังนี้ 1) คุณภาพ หมายถึง ระดับของคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ อาทิ ผลิตภัณฑ์ บริการ กระบวนการที่สอดคล้องตามความต้องการและความคาดหวังหรือข้อกำหนดของมาตรฐาน 2) ปริมาณ หมายถึง ระดับของปริมาณงานตามความคาดหวังของหน่วยงาน โดยผลงานต้องได้ปริมาณที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้ในแผนงานหรือเป้าหมายที่บริษัทวางไว้ 3) ระยะเวลา หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานตามปริมาณงานที่กำหนดให้แล้วเสร็จทันเวลาตามแผนที่กำหนด 4) ความคุ้มค่า หมายถึง การประเมินในเชิงปริมาณที่ใช้การวัดผลลัพธ์ของการผลิตเทียบกับค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้า 5) ความเป็นอิสระปราศจากการกำกับดูแลหมายถึง การที่พนักงานมีระเบียบวินัย รับผิดชอบต่องาน และปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องโดยที่ไม่ต้องรับคำสั่งจากหัวหน้างาน และ 6) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล หมายถึง การแสดงออกของแต่ละบุคคลที่มีความสัมพันธ์ต่อกันในลักษณะการช่วยเหลือเกื้อกูล ร่วมมือกัน ตลอดจนสามารถปฏิบัติงานร่วมกันได้อย่างมีความสุข

## 3) วิธีดำเนินการวิจัย

*3.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ บุคลากรฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการ บริษัทสัญชาติญี่ปุ่นที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ชลบุรี ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ โดยคัดเลือกรายชื่อบริษัทจากหนังสือ Amata Directory 2019-2020 จากจำนวนโรงงานทั้งหมดในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ชลบุรี ติดต่อผู้จัดการฝ่ายทรัพยากรมนุษย์เพื่อประสานงานขอความกรุณาเข้าเก็บแบบสอบถาม ได้รับจำนวนโรงงานที่พร้อมให้ความร่วมมือ จำนวนทั้งสิ้น 5 บริษัท ประกอบด้วย บริษัท A 130 ตัวอย่าง บริษัท B 100 ตัวอย่าง บริษัท C 100 ตัวอย่าง บริษัท D จำนวน 100 ตัวอย่าง และบริษัท E 70 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 500 ตัวอย่าง

*3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล*

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามประกอบด้วยชุดคำถาม 3 ส่วน ส่วนที่1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม: เพศ อายุ ระดับการศึกษา สภาพการจ้างงาน ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานกับองค์กร รายได้เฉลี่ยต่อเดือนและหน่วยงานที่สังกัด ส่วนที่ 2 ถึงส่วนที่ 3 เป็นคำถามแบบแบบสอบถามมาตรส่วนวัดประเมินค่า 5 ระดับ โดยส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับสมรรถนะ ประกอบด้วย 2.1 ความรู้ 2.2 ทักษะ 2.3 คุณลักษณะ ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย 3.1 คุณภาพ

3.2 ปริมาณ 3.3 ระยะเวลา 3.4 ความคุ้มค่า 3.5 ความเป็นอิสระปราศจากการกำกับดูแล 3.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 และนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน นำไปหาค่าความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach มีค่าระหว่าง 0.72-0.93 จึงถือว่านำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างได้ (Kline. 2011 : 70)

*3.3) วิธีการเก็บข้อมูล*

ผู้วิจัยมีการเก็บแบบสอบถามโดยใช้แบบสอบถามกระดาษ ใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2564 โดยได้รับแบบสอบถามครบถ้วนจากฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ของบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ชลบุรี จำนวน 5 บริษัท

*3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล*

ผู้วิจัยประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Standard Authorized User Initial Fixed Term License Version 28 License Code: d0504c6885 a13683f985 โดยใช้อีเมลสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นในการดาวน์โหลดและทำการคำนวณทางสถิติ ดังนี้

*3.4.1 สถิติเชิงพรรณนา* : ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลผลและจัดอันดับโดยใช้สูตรคำนวณช่วงห่าง (Srisaard. 2002 : 82) โดย 4.21–5.00 ระดับมากที่สุด และ 1.00-1.80 ระดับน้อยที่สุด

*3.4.2* การตรวจสอบข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์ความปกติพหุตัวแปรของข้อมูลโดยการหาค่าสุดโต่งหรือค่าผิดปกติพหุตัวแปร โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุด้วยสถิติทดสอบ Mahalanobis's Distance การตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าการกระจายที่สมมาตรและค่าความสูงของการกระจาย การตรวจสอบความเป็นเอกภาพของการกระจาย การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปร เป็นการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (Hair; et al. 2010 : 79-94; Kline. 2011 : 66-72) เพื่อวิเคราะห์เส้นทาง

*3.4.3 สถิติเชิงอนุมาน* : เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน โดยสถิติที่ใช้คือ การวิเคราะห์สมการโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Amos Authorized User Initial Fixed Term License Version 28 License Code : e8454ce631821710d3e5 โดยใช้อีเมลสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นในการดาวน์โหลด

## 4) ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 500 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ 55.20% เป็นเพศชาย 51.60% มีอายุ 25-34 ปี และรองลงมา 27.80% มีอายุ 35-44 ปี การศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่6 26.00% และรองลงมาเป็นระดับการศึกษาปริญญาตรี 24.80% ส่วนใหญ่เป็นพนักงานประจำ 86.40% มีระยะเวลาที่ปฏิบัติงานกับองค์กร 1-5 ปี 35.20% และรองลงมา 31.80% มีระยะเวลาที่ปฏิบัติงานกับองค์กร 6-10 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,001–20,000 บาท 39.20% และรองลงมา 33.00 % มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนไม่เกิน 15,000 บาท

ตารางที่ 1 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับสมรรถนะ

| **สมรรถนะ (COMP)** | $\bar{X}$ | **S.D.** | **แปลผล** |
|---|---|---|---|
| ด้านคุณลักษณะ (ATTR) | 4.39 | 0.619 | มากที่สุด |
| ด้านความรู้ (KNOW) | 3.94 | 0.757 | มาก |
| ด้านทักษะ (SKIL) | 3.77 | 0.844 | มาก |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **4.03** | **0.740** | **มาก** |

ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ ทักษะและคุณลักษณะแสดงในตารางที่ 1 สมรรถนะโดยรวมอยู่ในระดับมากโดยมีระดับความคิดเห็นด้านคุณลักษณะสูงสุด (4.39) และมีระดับความคิดเห็นด้านทักษะต่ำสุด (3.77)

ตารางที่ 2 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

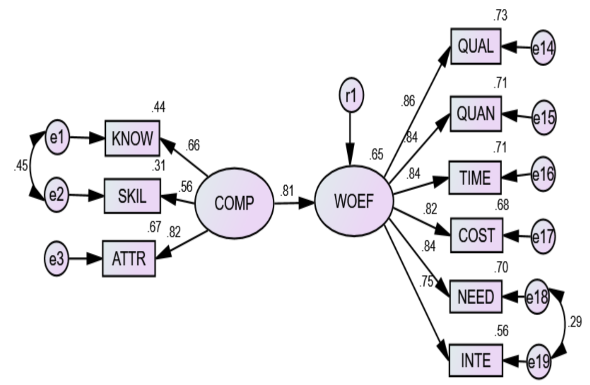
| **ประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน (WOEF)** | $\bar{X}$ | **S.D.** | **แปลผล** |
|---|---|---|---|
| ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (INTE) | 4.33 | 0.633 | มากที่สุด |
| ด้านปริมาณ (QUAN) | 4.30 | 0.608 | มากที่สุด |
| ด้านระยะเวลา (TIME) | 4.27 | 0.628 | มากที่สุด |
| ด้านความเป็นอิสระปราศจากการกำกับดูแล (NEED) | 4.25 | 0.631 | มากที่สุด |
| ด้านความคุ้มค่า (COST) | 4.24 | 0.646 | มากที่สุด |
| ด้านคุณภาพ (QUAL) | 4.24 | 0.658 | มากที่สุด |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **4.27** | **0.634** | **มากที่สุด** |

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพ ปริมาณ ระยะเวลา ความคุ้มค่า ความเป็นอิสระปราศจากการกำกับดูแล และปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลแสดงในตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีระดับความคิดเห็นด้านปฏิสัมพันธ์สูงสุด (4.33) และมีระดับความคิดเห็นด้านคุณภาพต่ำสุด (4.24)

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐานด้วยสมการโครงสร้าง

| ตัวแปร | | | ค่าน้ำหนัก | S.E. | C.R. | *P* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| WOEF | <--- | COMP | 0.807 | 0.052 | 17.091 | *** |

หมายเหตุ: *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01




$\chi^2 = 112.317$, $df = 26$, $p = 0.000$, CFI = 0.971, GFI = 0.952, AGFI= 0.916, RMR = 0.012, RMSEA = 0.082

รูปที่ 2 : ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

ส่วนที่ 3 การทดสอบสมมุติฐานสมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยทำการตรวจสอบค่าผิดปกติหลายตัวแปร (Multivariate Outlier) ด้วยค่า Mahalanobis Distance ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าผิดปกติ 3 ค่าคือ 0.00001 , 0.00026 , 0.00096 จึงทำการตัดข้อมูลออก วิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลแบบปกติของตัวแปรสังเกตได้ พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ พิจารณาจากค่าความเบ้ (Skewness) มีค่าอยู่ระหว่าง -0.492 ถึง -0.031 และค่าความโด่ง (Kurtosis) > 10 มีค่าระหว่าง -0.619 ถึง -0.069 ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าแปรปรวนร่วมของตัวแปรแฝง พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.733 และทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่าโมเดลการวัดสมรรถนะ ตัวแปรสังเกตได้ด้านคุณลักษณะ มีค่าน้ำหนักปัจจัยมากที่สุดคือ 0.82 รองลงมาคือด้านความรู้ = 0.60 และด้านทักษะ = 0.56 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดี มีความตรงเชิงโครงสร้างในระดับดีสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี GFI = 0.995 และ AGFI = 0.968 ค่าดัชนี RMR = 0.026 และ RMSEA =0.078 และพบว่าโมเดลการวัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ตัวแปรสังเกตได้ด้านระยะเวลา มีค่าน้ำหนักปัจจัยสูงที่สุดคือ 0.86 รองลงมาคือ ด้านความเป็นอิสระปราศจากการกำกับดูแล = 0.84 ด้านความคุ้มค่า = 0.83 ด้านคุณภาพ = 0.82 ด้านปริมาณ = 0.81 และด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล = 0.73 มีความตรงเชิงโครงสร้างในระดับดีสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี GFI = 0.984 และ AGFI = 0.952 ค่าดัชนี RMR = 0.005 และ RMSEA = 0.072 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกับโมเดลเชิงประจักษ์ของโมเดลสมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานตามรูป 2 พบว่า มีความตรงเชิงโครงสร้างในระดับดีสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี GFI = 0.952 AGFI = 0.916 ค่าดัชนี RMR = 0.012 และ RMSEA =0.082 และจากการทดสอบสมมุติฐานตามตารางที่ 3 พบว่าสมรรถนะมีอิทธิพลทางตรงต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน มีค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.807 และสามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ได้ร้อยละ 65 ที่ระดับนัยสำคัญ .01

## 5) สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยด้านคุณลักษณะ ด้านทักษะ และด้านความรู้ เนื่องจากองค์กรญี่ปุ่นมีการสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัย การทำงานให้เสร็จตามกำหนดเวลา และสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน ทำให้คุณลักษณะของพนักงานในองค์กรญี่ปุ่นมีจิตสำนึกของความรับผิดชอบต่อการทำงานสูง นอกจากนั้น องค์กรญี่ปุ่นให้พนักงานมีทักษะในการทำงานได้มากกว่า 1 อย่าง สามาถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทำงานด้านเอกสารที่เกี่ยวกับการผลิต และมีทักษะการพูด อ่าน เขียนภาษาอังกฤษที่เกี่ยวข้องกับงานของตนเนื่องจากพนักงานต้องทำงานกับเครื่องจักร พนักงานต้องมีความรู้ในการลดความสูญเปล่าด้วยวิธีการกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออก อันเป็นการช่วยเพิ่มผลิตภาพให้กับองค์กร การพัฒนาตนเองให้สามารถทำงานได้มากกว่า 1 อย่าง ทั้งด้านทักษะการทำงานภายในส่วนงานผลิตและทักษะการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานด้านเอกสาร ยังช่วยให้องค์กร

สามารถบริหารจัดการจำนวนคนในสายการผลิตได้อย่างยืดหยุ่น สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐพร ฉายประเสริฐ (2561) ศึกษาสมรรถนะของผู้จัดการทรัพยากรมนุษย์สัมพันธ์กับประสิทธิภาพและผลการปฏิบัติงานของบุคลากร พบว่า สมรรถนะของผู้จัดการทรัพยากรมนุษย์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน และสอดคล้องกับการศึกษาของ อิดา อายู โอคา มาตินี; ไอ เคทุต ราห์ยูดะ; เดอซัค เคทุต ซินตาซีห์; ปูตู ซาโรเยนี เปียรติ นี (Ida Ayu Oka Martini; I Ketut Rahyuda; Desak Ketut Sintaasih; Putu Saroyeni Piartrini. 2018) ที่ ศึกษาอิทธิพลของสมรรถนะที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงาน พบว่า สมรรถนะมีอิทธิผลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการทำงาน

### 6) ข้อเสนอแนะ

สมรรถนะด้านความรู้ พบว่า พนักงานยังมีความรู้ในระดับมาก โดยเฉพาะความรู้ด้านการลดความสูญเปล่าด้วยวิธีการตัดหรือกำจัดขั้นตอนการทำงานและการแก้ไขความผิดปกติของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ดังนั้น องค์กรต้องวางแผนพัฒนาอบรมให้พนักงานมีความรู้เพิ่มมากขึ้น

สมรรถนะด้านทักษะ พบว่า พนักงานยังมีความรู้ในระดับปานกลาง โดยฉพาะทักษะด้านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และทักษะด้านการพูด การอ่าน การเขียนภาษาอังกฤษที่เกี่ยวข้องกับงาน ดังนั้น เพื่อให้สามารถปรับตัวทันกับการเปลี่ยนเข้าสู่ยุคยานยนต์ไฟฟ้าที่มีการนำเครื่องจักรอัตโนมัติซึ่งมีโปรแกรมการสั่งงานเป็นภาษาอังกฤษเข้ามาใช้มากยิ่งขึ้น องค์กรต้องวางแผนการฝึกอบรมให้แก่พนักงานฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการเพื่อให้พนักงานมีทักษะด้านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และภาษาอังกฤษเพิ่มมากขึ้น

ด้านตัวแปรสมรรถนะที่ศึกษาในครั้งนี้ เป็นการพัฒนาตัวแปรด้านความรู้ ทักษะ คุณลักษณะสำหรับพนักงานฝ่ายผลิตระดับปฏิบัติการเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ควรพิจารณาศึกษาความรู้ ทักษะ คุณลักษณะของพนักงานในตำแหน่งงานอื่นๆ เช่น บุคลากรในระดับหัวหน้างาน อาทิ Team Leader, Supervisor ของฝ่ายผลิตที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน โดยก่อนเข้าเก็บข้อมูลเชิงปริมาณควรพิจารณาการสัมภาษณ์ผู้บริหาร หรือผู้จัดการฝ่ายบุคคลในการค้นหาตัวแปรในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

-Arphon Puvitayaphan. (2006). *Competency dictionary* (3rded.), (In Thai). Bangkok : TQP Company Limited.

-อาภรณ์ ภู่วิทยพันธุ์. (2549). *พจนานุกรมสมรรถนะ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : บริษัท ทีคิวพี จำกัด.

-Hair; et al. (2010). *Multivariate Data Analysis* (7thed.), New Jersey : Pearson Prentice Hall.

-Ida Ayu Oka Martini; et al. (2018). The Influence of competency on employee performance through organizational commitment dimension. *IOSR Journals of Business and Management*. 20(2) : 29-37

-Kanlaya Vanichbuncha. (2019). *Structural equation modeling (SEM) analysis using AMOS* (4thed.), (In Thai). Bangkok: Samlada partnership limited.

-กัลยา วานิชย์บัญชา. (2562). *การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ด้วย AMOS* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

-Kiriya Kulkokarn. (2019). *Impact of transition to electrical vehicles on workers in automotive parts manufacturing.* (In Thai). (Research project report, Friedrich ebert stiftung). Retrieved from http://www.library.fes.de/pdf-files/bueros/thailand/15860.pdf

-กิริยา กุลกลการ. (2562). *ผลกระทบของการเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ไฟฟ้าต่อแรงงานในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์*. (รายงานโครงการการศึกษา, มูลนิธิฟรีดิค เอแบร์ท. สืบค้นจาก http://www.library.fes.de/pdf-files/bueros/thailand/15860.pdf

-Kline. (2011). Principles and practice of structural equation Modeling. (3rd ed), New York: The Guilford Press.

-Nattaporn Chaiprasoet. (2018). The competencies of human resource managers related to work efficiency and performance of manufacture industrial employees Pathumthani province. *Journal of Suvarnabhumi institue of Technology*, (In Thai), (4), 271-284

-ณัฐพร ฉายประเสริฐ. (2561). สมรรถนะของผู้จัดการทรัพยากรมนุษย์สัมพันธ์กับประสิทธิภาพและผลการปฏิบัติงานของบุคลากรโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตจังหวัดปทุมธานี. *วารสารวิชาการสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ*, (4), 271-284

-Nutthawee Nuchleap; Suphansa Chuatrakul; and Sunee Wattanakomol. (2019). Competency development of the employees in the automotive industry. *Journal of humanities and social sciences Rajapruk university,* (In Thai), 5(1), 187-200.

-ณัฏฐวีร์ นุชเหลือบ; สุพรรษา ฉั่วตระกูล ; และ สุนีย์ วรรธนโกมล. (2562). การพัฒนาขีดความสามารถของบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์*, 5(1), 187-200.

# ส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภค ในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น สำหรับผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

กนกพร ขจรบุญ[1] ธันยมัย ฐิโณทัย โคซากะ[2]

*[1]บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*
*[2]บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

ka.kanokporn_st@tni.ac.th[1] , thunyamai@tni.ac.th[2]

**_บทคัดย่อ_**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น การวิจัยเป็นเชิงปริมาณ โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่เคยใช้ซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จำนวน 400 คน และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วย Binary Logistic Regression เพื่อสร้างแบบจำลองและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อใช้ประมาณหรือพยากรณ์ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

ผลการศึกษาพบว่า ส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ทั้ง 8 ด้าน (ผลิตภัณฑ์, ราคา, ช่องทางการจัดจำหน่าย, การส่งเสริมการขาย, การสร้างประสบการณ์, การแลกเปลี่ยนคุณค่า, การรับรู้ทุกช่องทาง ,และความภักดีในแบรนด์) มีเพียง 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านราคา ด้านการสร้างประสบการณ์ และด้านความภักดีในแบรนด์ ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น และปัจจัยทางด้านประชากรศาสตร์ ด้านอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ที่แตกต่างกันของผู้บริโภค ส่งผลให้มีเกิดความคิดเห็นต่อส่วนประสมทางการตลาดของเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น แตกต่างกัน

**_คำสำคัญ_** : อุปสงค์ในการซื้อ , เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น , ส่วนประสมทางการตลาด 4P , ส่วนประสมทางการตลาด 4E , ความภักดีในแบรนด์

# The 4P's & 4E's of Marketing Mix That Affect Imported Japanese Cosmetics Purchasing Demand of Consumers In Bangkok Metropolitan Area

Kanokporn Kachonboon[1] Thunyamai Thinotai Kosaka[2]

[1] *Japanese Business Administration, Faculty of business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

[2] *Japanese Business Administration, Faculty of business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

ka.kanokporn_st@tni.ac.th[1] , thunyamai@tni.ac.th[2]

***Abstract***

The objectives of this study were to examine the factors of 4P's & 4E's of marketing mix that affect Japanese cosmetics purchasing demand. A quantitative method will be used in this study by using online questionnaires to ask questions to the target group of 400 consumers who have ever used imported Japanese cosmetics and currently live in Bangkok metropolitan area. The data will be examined by using Binary Logistic Regression technique to predict the relationship between predictors and a predicted variable affecting imported Japanese cosmetics purchasing demand.

The results showed that, from 8 factors of the marketing mix (product, price, place, promotion, experience, exchange, everywhere, and evangelism), there are 3 factors (price, experience, and evangelism) that affect imported Japanese cosmetics purchasing demand. And the difference (age, education, occupation, and salary) between the group of target consumers affects the difference in opinion on marketing mix (4Ps & 4Es) of Japanese cosmetics.

***Keywords***: purchasing demand , Japanese cosmetics , marketing mix (4Ps) , marketing mix (4Es) , evangelism

## 1) บทนำ

ในปี พ.ศ. 2562 ตลาดความงามโลกมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นที่ 5.5% โดยภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกเป็นภูมิภาคที่มีการเติบโตรวดเร็วที่สุด มีสัดส่วนอยู่ที่ 32% ของตลาดโลก และประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในตลาดของภูมิภาคนี้ที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว (Euromonitor. 2019)

ในช่วงปีที่ผ่านมา ภาพรวมตลาดเครื่องสำอางในไทยมีการเจริญเติบโตและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แม้จะต้องเผชิญกับโควิด-19 แต่โดยรวมยังมีการเติบโต 6%-7% สวนทางกับตลาดเครื่องสำอางโลกที่กำลังซบเซา สืบเนื่องมาจากคนไทยในปัจจุบันให้ความสนใจใส่ใจเกี่ยวกับเรื่องความงาม และการดูแลตัวเองมากขึ้น ส่งผลให้ตลาดความงามในประเทศไทยกลายเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักจากคู่ค้าทั่วโลกที่จะเข้ามาร่วมลงทุน (ฐานเศรษฐกิจ. 2563)

รวมไปถึงคู่ค้าประเทศญี่ปุ่นที่ในปี พ.ศ. 2562 ได้มีการนำเครื่องสำอางเข้ามาขายในไทยมูลค่ารวมกว่า 6,089 ล้านบาท และมีอัตราการขยายตัวของมูลค่านำเข้าสูงสุด ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 คิดเป็น 15.59% (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2563)

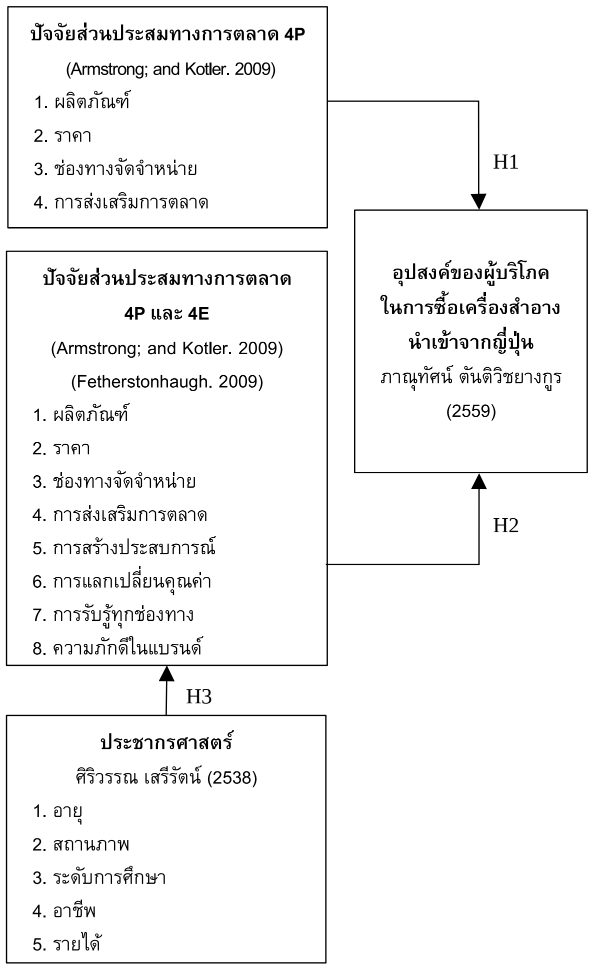
อย่างไรก็ตาม ในช่วงปี พ.ศ. 2563 ธุรกิจเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นกลับมียอดขายลดลง มูลค่าการนำเข้าเครื่องสำอางก็ลดลงด้วยเช่นกัน สวนทางกลับยอดขายของเครื่องสำอางนำเข้าจากประเทศอื่นๆ ที่ยังคงทำรายได้ในช่วงปีที่ผ่านมา แม้กระทั่งบริษัทรายใหญ่อย่างชิเซโด้ และโรห์โต้-เมนโทลาทั่ม ก็ยังไม่สามารถทำกำไรให้บริษัทได้ในช่วงปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมา (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. 2564)

ด้วยเหตุนี้ ผู้ทำการวิจัยจึงต้องการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น โดยทำการศึกษาปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E และปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ เพื่อค้นหาว่าปัจจัยใดที่จะส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดอุปสงค์ต่อการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น และสาเหตุใดที่ทำให้อุปสงค์ที่มีต่อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นลดลง เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่ทำธุรกิจนำเข้าเครื่องสำอางญี่ปุ่นในไทยในการค้นหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหา นำข้อมูลไปต่อยอด สร้างกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

## *2) วัตถุประสงค์*

1.) เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4P ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น
2.) เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น
3.) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ที่ส่งผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E

## *3) กรอบแนวคิดในการวิจัย*




รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## *4) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

### *4.1) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับประชากรศาสตร์*

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2538) ได้กล่าวไว้ว่า ลักษณะด้านประชากรศาสตร์ ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน องค์ประกอบเหล่านี้เป็นลักษณะที่สำคัญที่จะช่วยในการกำหนดกลุ่มตลาดเป้าหมาย

*4.2) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค*

คอทเลอร์ และอาร์มสตรอง (2009) ได้อธิบายถึงการเกิดพฤติกรรมของผู้บริโภค โดยแสดงถึงเหตุจูงใจที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อ โดยมีจุดเริ่มต้นจากการเกิดสิ่งกระตุ้น (Stimulus) ที่ผ่านเข้ามาในความรู้สึกนึกคิด (Buyer's Black Box) ที่เปรียบเสมือนกล่องดำที่ผู้ผลิตไม่สามารถคาดคะเนได้ เมื่อผู้บริโภครับรู้ต่อสิ่งกระตุ้นและเกิดความต้องการแล้วจึงจะเกิดการซื้อหรือการตอบสนอง (Response) ขึ้น

*4.3) ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด*

โสภิตา รัตนสมโชค (2558) ได้กล่าวไว้ว่า ส่วนประสมการตลาด หมายถึง ตัวแปรทางการตลาดที่ควบคุมได้ ซึ่งบริษัทใช้ร่วมกันเพื่อสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยเครื่องมือก้านผลิตภัณฑ์ (Product) ด้านราคา (Price) ด้านช่องทางจัดจำหน่าย (Place) และด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion)

*4.4) ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาดแบบใหม่ 4E*

เฟเธอร์สสโตเย้า (2009) ได้เสนอแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดแบบใหม่ (New Marketing Mix) ซึ่งเป็นแนวคิดที่พัฒนามาจากส่วน ประสมทางการตลาด (4P) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือสำหรับทำการตลาดเพื่อให้ตอบสนองต่อโลกปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วย การสร้างประสบการณ์ (Experience) การแลกเปลี่ยนคุณค่า (Exchange) การรับรู้ทุกช่องทาง (Everyplace) และความภักดีในแบนรด์ (Evangelism)

*4.5) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความถดถอยด้วยวิธี Binary Logistic*

กัลยา วาณิชย์บัญชา (2561) ได้กล่าวว่า Binary Logistic จะใช้เมื่อตัวแปรตาม Y เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวสมการความถดถอยโลจิสติกส์นั้น เมื่อ Y มีได้เพียง 2 ค่าจะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y ไม่ได้อยู่ในรูปเชิงเส้น แต่จะอยู่ในรูป Logistic Response Function

$$\text{P (เกิดเหตุการณ์)} = \frac{e^{b_0+b_1x}}{1+e^{b_0+b_1x}}$$

โดยที่ 0<P(X) <1

P (เกิดเหตุการณ์) = P (event) = P (เหตุการณ์ที่สนใจ)

P (No Event) = P (ไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ)

จากสมการ สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\text{P (เกิดเหตุการณ์)} = \frac{e^{z}}{1+e^{z}}$$

โดยที่ $Z = \beta 0 + \beta 1X1 + \beta 2X2 + \ldots + \beta nXn$

*4.6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

พัชจริยา พรหมแก้ว (2562) ได้ทำการศึกษา ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดกับการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอาง ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ภัคจิรา วชิรศรีสุนทรา (2562) ได้ทำการศึกษากลยุทธ์การตลาดและปัจจัยของการเลือกใช้เครื่องสำอางของญี่ปุ่นประเภทเมคอัพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและพฤติกรรมในการเลือกใช้เครื่องสำอางประเภทเมคอัพของญี่ปุ่น ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า คุณภาพของสินค้ามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อมากที่สุด ข้อมูลปัจจัยด้านราคาพบว่า เรื่องราคาเหมาะสมกับคุณภาพมีอิทธิพลมากที่สุด ข้อมูลปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายพบว่า แหล่งจำหน่ายสินค้าที่น่าเชื่อถือมีอิทธิพลมากที่สุด และข้อมูลปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดพบว่า การจัดโปรโมชั่นลดราคาสินค้าส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด

วารุณี เตชะคุณารักษ์ (2562) ได้ทำการศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการซื้อเครื่องสำอางออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดและปัญหาอุปสรรคที่มีผลต่อการซื้อเครื่องสำอางออนไลน์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการซื้อเครื่องสำอางออนไลน์มากที่สุดคือ ด้านผลิตภัณฑ์ และปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ส่วนปัญหาและอุปสรรคใน

การซื้อเครื่องสำอางออนไลน์ ที่พบมากที่สุด คือ การจัดส่งสินค้าล่าช้า และสินค้าที่ได้รับไม่เหมือนในรูปโฆษณา ค่าเฉลี่ย 2.48

*5) วิธีดำเนินการวิจัย*

การดำเนินการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ มีรูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบ ถาม เพื่อศึกษาถึงส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

*5.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ประชากรทั้งชายและหญิง ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล จำนวน 10,258,311 คน โดยอ้างอิงจากสถิติจำนวนประชากรปี พ.ศ. 2563 ของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผู้ที่เคยใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน โดยอาศัยอาศัยสูตรของ ยามาเน่ (Yamane. 1973 : 727) ในการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

*5.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย*

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการสร้างแบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยแบ่งข้อคำถามออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำถามคัดกรอง

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับการใช้ 4P ในการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับการใช้ 4E ในการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

ส่วนที่ 5 แบบสอบถามเกี่ยวกับอุปสงค์ของผู้บริโภค

ส่วนที่ 6 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

*5.3) วิธีการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย*

แบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้มีการทดสอบคุณภาพของแบบสอบถามก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริง ดังนี้

1. การตรวจสอบความตรง (Validity)

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอ ต่อผู้เชี่ยวชาญ (Subject Matter Specialists) จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบถามความชัดเจนของการใช้ภาษาและทำการทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้อง (IC or IOC) โดยข้อคำถามแต่ละข้อต้องมีค่า IOC เท่ากับหรือมากกว่า 0.60 จึงจะถือว่าข้อคำถามนั้นใช้ได้ ซึ่งแบบสอบถามของงานวิจัยนี้มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา เท่ากับ 0.98 และไม่มีข้อคำถามใดที่มีคะแนนน้อยกว่า 0.60

2. การตรวจความเชื่อมั่น (Reliability)

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้ (Try-Out) กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน และได้นำเอาผลของการตอบแบบสอบถามมาตรวจค่าหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach. 1990 : 204) หากคำถามข้อใดมีค่า Alpha $\geq$ 0.7 ถือว่าคำถามข้อนั้นมีความเชื่อมั่นสูง สามารถใช้ได้ ซึ่งจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาพบว่า ค่าความสอดคล้องภายในมีค่า = 0.70 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

*5.4) วิธีการเก็บข้อมูล*

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ จากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ที่เคยใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น และอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยสร้างแบบสอบถามออนไลน์ผ่านทาง Google Documents และส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่างผ่านช่องทางออนไลน์ต่างๆ จำนวน 400 ชุด

*5.5) การวิเคราะห์ข้อมูล*

การศึกษาครั้งนี้ ใช้สถิติเชิงพรรณนา อธิบายโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS ประมวลผลข้อมูล และใช้ Microsoft Excel จัดทำตารางทางสถิติเพื่อนำเสนอและสรุปผลการวิจัย และใช้การวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) ศึกษาประชากรศาสตร์ ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น โดยใช้ Binary Logistic Regression

รูปแบบสมการการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์

$$\text{Prob(Event)} = \frac{1}{1+\bar{e}(\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\ldots+\beta_px_p)}$$

เมื่อ $\beta_i$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ (i = 1,2,3,...p)

$X_i$ = ค่าของตัวแปรอิสระ (i = 1,2,3,...p)

e = ค่าคงที่ที่มาจาก Natural Log ซึ่งมีค่าประมาณ 2.71828

*6) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล*

*6.1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม*

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามครั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 305 คน คิดเป็นร้อยละ 76.25 มีอายุระหว่าง 20-29 ปี จำนวน 273 คน คิดเป็นร้อยละ 68.25 มีสถานภาพโสด จำนวน 359 คน คิดเป็นร้อยละ 89.75 จบการศึกษา หรือกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 306 คน คิดเป็นร้อยละ 76.50 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 204 คน คิดเป็นร้อยละ 51.00 และมีช่วงรายได้อยู่ที่ 10,000 -20,000 บาท จำนวน 131 คน คิดเป็นร้อยละ 32.75

*6.2) ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น*

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามครั้งนี้ ส่วนใหญ่ใช้เครื่องสำอางญี่ปุ่นยี่ห้อ Biore จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 11.50 นิยมใช้เครื่องสำอางญี่ปุ่นประเภทครีม/เซรั่ม/โลชั่น/ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า จำนวน 196 คน คิดเป็นร้อยละ 49.00 มักจะซื้อเครื่องสำอางญี่ปุ่นในโอกาสที่เครื่องสำอางที่ใช้อยู่หมด จำนวน 166 คน คิดเป็นร้อยละ 41.50 ความถี่ในการซื้อเครื่อง 5 ครั้ง/เดือนขึ้นไป จำนวน 197 คน คิดเป็นร้อยละ 49.25 มีค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อครั้งในการซื้ออยู่ที่ 500-1,000 บาท จำนวน 183 คน คิดเป็นร้อยละ 45.75 และนิยมซื้อเครื่องสำอางญี่ปุ่นผ่านทางร้านค้าประเภทสุขภาพและความงาม (เช่น Boots, Watsons, Matsumoto Kiyoshi เป็นต้น) จำนวน 164 คน คิดเป็นร้อยละ 41.00 โดยมีผู้มีส่วนตัดสินใจหรือข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเป็นตนเอง จำนวน 142 คน คิดเป็นร้อยละ 35.50

*6.3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ในการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น*

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากที่สุด 5 อันดับแรก โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ในแง่ของผลิตภัณฑ์คุณภาพดี ปลอดภัย (ค่าเฉลี่ย 4.67 เห็นด้วยมากที่สุด) รองลงมา ด้านการสร้างประสบการณ์ในแง่ของภาพลักษณ์ของแบรนด์ดี น่าสนับสนุน (ค่าเฉลี่ย 4.55 เห็นด้วยมากที่สุด) ด้านผลิตภัณฑ์ ในแง่ตราสินค้ามีความน่าเชื่อถือ (ค่าเฉลี่ย 4.50 เห็นด้วยมากที่สุด) ด้านราคา ในแง่ของราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพ (ค่าเฉลี่ย 4.49 เห็นด้วยมากที่สุด) และด้านช่องทางจัดจำหน่าย ในแง่ของหาซื้อผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และสะดวก (ค่าเฉลี่ย 4.48 เห็นด้วยมากที่สุด)

*6.4) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอุปสงค์ของผู้บริโภค*

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามครั้งนี้ ส่วนใหญ่ยังใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นอยู่ในปัจจุบัน จำนวน 370 คน คิดเป็นร้อยละ 92.50 และรองลงมา ปัจจุบันไม่ได้ใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นแล้ว จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 7.50

ส่วนใหญ่มีความประสงค์จะใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นอยู่ในอนาคต จำนวน 373 คน คิดเป็นร้อยละ 93.25 และรองลงมา ไม่มีความประสงค์จะใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นในอนาคต จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 6.75

*7) ผลการทดสอบสมมติฐาน*

ก่อนการทดสอบสมมุติฐาน ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของตัวแปร ดังนี้

1. การทดสอบความปกติของข้อมูล (Normality)

สามารถวัดได้จากค่าสถิติ Skewness (การกระจายที่สมมาตร) และค่า Kurtosis (ความสูงของการกระจาย) ซึ่งช่วงค่าตัวเลข -10.0 ถึง + 10.0 จะแสดงถึงการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (พูลพงศ์ สุขสว่าง. 2556) จากผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลตัวแปรส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E รวมทั้งสิ้น 8 ตัวแปร พบว่ามีค่า SK อยู่ระหว่าง -1.500 ถึง -0.850 และมีค่า KU อยู่ระหว่าง -1.325 ถึง 3.926 แสดงว่าข้อมูลของตัวแปรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงไม่เบ้และไม่โด่งจนผิดปกติ

2. การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Correlation)

ในการวิเคราะห์การถดถอย ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยกำหนดเกณฑ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรต้องไม่เกิน 0.9 จึงจะถือได้ว่าตัวแปรนั้นไม่มีความ สัมพันธ์กันเอง (Multicollinearity) (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2561 : 93) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E จำนวน 8 ตัวแปร ไม่มีความสัมพันธ์กันเองเกินกว่า 0.9 ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหา Multicollinearity

นอกจากนี้ ตัวแปรตามอุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น จำนวน 1 ตัวแปร มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรอิสระทั้ง 8 ตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 โดยมีค่า r อยู่ระหว่าง 0.436 ถึง 1 ซึ่งก็คือ ตัวแปรแต่ละคู่มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (Hinkle. 1998 : 118) ตัวแปรเหล่านี้จึงสามารถนำไปใช้ทดสอบสมมติฐานในขั้นต่อไปได้

*7.1) ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ 1 ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น*

กระทำโดยวิธี Binary Logistics Regression ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล SPSS โดยใช้คำสั่ง Enter ใส่ตัวแปรเรียงลำดับตามกรอบแนวคิดสำหรับการวิจัย ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 1 แบบจำลองปัจจัยส่วนประสบทางการตลาด 4P ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

| Variables in the Equation | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | S.E. | Wald | df | Sig. | Exp (B) |
| Step 1[a] | Q1 | .149 | .456 | .107 | 1 | .743 | 1.161 |
| | Q2 | -.831 | .519 | 2.561 | 1 | .110 | .436 |
| | Q3 | .683 | .408 | 2.799 | 1 | .094 | 1.980 |
| | Q4 | .097 | .316 | .094 | 1 | .759 | 1.102 |
| | Con-stant | 2.189 | 1.452 | 2.273 | 1 | .132 | 8.927 |

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 1 ในการวิเคราะห์ เลือกตัวแปรอิสระเพื่อเข้าพัฒนาแบบจำลองด้วยวิธี Enter จำนวน 4 ตัวแปรดังนี้

Q1 = ด้านผลิตภัณฑ์

Q2 = ด้านราคา

Q3 = ด้านช่องทางจัดจำหน่าย

Q4 = ด้านการส่งเสริมการตลาด

ตัวแปรตาม = ความประสงค์จะซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

1 = มีความประสงค์จะซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

0 = ไม่มีความประสงค์จะซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลอง พบว่า ส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์, ด้านราคา, ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย, ด้านการส่งเสริมการขาย ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงไม่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์และวิเคราะห์ต่อได้

*7.2) ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ 2 ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น*

กระทำโดยวิธี Binary Logistics Regression ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล SPSS โดยใช้คำสั่ง Enter ใส่ตัวแปรเรียงลำดับตามกรอบแนวคิดสำหรับการวิจัย ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 แบบจำลองปัจจัยส่วนประสบทางการตลาด 4P และ 4E ที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

| Variables in the Equation | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | S.E. | Wald | df | Sig. | Exp (B) |
| Step 1[a] | Q1 | -.014 | .487 | .001 | 1 | .976 | .986 |
| | Q2 | -1.148 | .566 | 4.113 | 1 | *.043 | .317 |
| | Q3 | .777 | .499 | 2.423 | 1 | .120 | 2.176 |
| | Q4 | .166 | .375 | .195 | 1 | .659 | 1.180 |
| | Q5 | -1.208 | .534 | 5.111 | 1 | *.024 | .299 |
| | Q6 | -.091 | .492 | .034 | 1 | .853 | .913 |
| | Q7 | .570 | .435 | 1.713 | 1 | .191 | 1.767 |
| | Q8 | 1.119 | .407 | 7.555 | 1 | **.006 | 3.062 |
| | Con-stant | 2.193 | 1.538 | 2.034 | 1 | .154 | 8.964 |

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 ในการวิเคราะห์ เลือกตัวแปรอิสระเพื่อเข้าพัฒนาแบบจำลองด้วยวิธี Enter จำนวน 8 ตัวแปรดังนี้

Q1 = ด้านผลิตภัณฑ์

Q2 = ด้านราคา

Q3 = ด้านช่องทางจัดจำหน่าย

Q4 = ด้านการส่งเสริมการตลาด

Q5 = ด้านการสร้างประสบการณ์

Q6 = ด้านการแลกเปลี่ยนคุณค่า

Q7 = ด้านการรับรู้ทุกช่องทาง

Q8 = ด้านความภักดีในแบรนด์

ตัวแปรตาม = ความประสงค์จะซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

1 = มีความประสงค์จะซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

0 = ไม่มีความประสงค์จะซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น

ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลอง พบว่า มีเพียงตัวแปร 3 ตัวคือ ตัวแปรด้านราคา(Q2) ด้านการสร้างประสบการณ์(Q5) และด้านความภักดีในแบรนด์(Q8) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (Exp(B)) = 0.317, 0.299, 3.062 ตามลำดับ) แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล นั้นคือ ถ้าผู้บริโภคมีความเห็นต่อเครื่องสำอางนำเข้าญี่ปุ่นในด้านความภักดีในแบรนด์เพิ่มขึ้น 1 คะแนน ก็มีโอกาสที่อุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นเพิ่มขึ้น 0.317, 0.299, 3.062 เท่า ตามลำดับ

*7.3) ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ 3 ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ส่งผลต่อปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E แตกต่างกัน*

ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยข้อมูลเชิงกลุ่มของตัวแปรมากกว่า 2 ตัวเลือก (One-way Analysis of Variance) สำหรับตัวแปรที่มีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ในกรณีที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการตรวจ สอบความแตกต่างเป็นรายคู่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้วิธีของ LSD เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง สำหรับตัวแปรที่มีความแปรปรวนแตกต่างกัน จะใช้ Welch-Test การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยข้อมูลเชิงกลุ่ม และในกรณีที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการตรวจสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้วิธีของ Dunnett’s T3 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง จากผลการวิจัยพบว่า

*7.3.1) สมมติฐานการวิจัยที่ 3.1 อายุแตกต่างกันส่งผลต่อส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่แตกต่างกัน*

จากผลการทดสอบพบว่า อายุแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับราคา ช่องทางจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด การสร้างประสบการณ์ การแลกเปลี่ยนคุณค่า และการรับรู้ทุกช่องทาง ไม่แตกต่างกัน

อายุแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความภักดีต่อแบรนด์ แตกต่างกัน

*7.3.2) สมมติฐานการวิจัยที่ 3.2 ระดับการศึกษาแตกต่างกันส่งผลต่อส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่แตกต่างกัน*

จากผลการทดสอบพบว่า สถานภาพแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด การสร้างประสบการณ์ การแลกเปลี่ยนคุณค่า การรับรู้ทุกช่องทาง และความภักดีต่อแบรนด์ ไม่แตกต่างกัน

*7.3.3) สมมติฐานการวิจัยที่ 3.3 สถานภาพแตกต่างกันส่งผลต่อส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่แตกต่างกัน*

จากผลการทดสอบพบว่า ระดับการศึกษาแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางจัดจำหน่ายการส่งเสริมการตลาด การสร้างประสบการณ์ การแลก เปลี่ยนคุณค่า และความภักดีต่อแบรนด์ ไม่แตกต่างกัน

ระดับการศึกษาแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ทุกช่องทาง แตกต่างกัน

*7.3.4) สมมติฐานการวิจัยที่ 3.4 อาชีพแตกต่างกันส่งผลต่อส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่แตกต่างกัน*

จากผลการทดสอบ พบว่า อาชีพแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางจัดจำหน่าย การสร้างประสบการณ์ และการรับรู้ทุกช่องทาง ไม่แตกต่างกัน

อาชีพแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการส่งเสริมการตลาด การแลกเปลี่ยนคุณค่า และความภักดีต่อแบรนด์ แตกต่างกัน

*7.3.5) สมมติฐานการวิจัยที่ 3.5 รายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกันส่งผลต่อส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E ที่แตกต่างกัน*

จากผลการทดสอบ พบว่า รายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด การสร้างประสบการณ์ การรับรู้ทุกช่องทาง และความภักดีต่อแบรนด์ ไม่แตกต่างกัน

รายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือน แตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนคุณค่า แตกต่างกัน

*8) สรุปและอภิปรายผล*

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น พบว่า

1.) ส่วนประสมทางการตลาด 4P ไม่ส่งผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น เนื่องจาก การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยไม่ได้เจาะจงแบรนด์เครื่องสำอางที่จะใช้ในการวิจัย ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเลือกแบรนด์ได้ตามที่ชอบ ดังนั้น เมื่อให้พิจารณาเฉพาะปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P ซึ่งเน้นที่ตัวสินค้า ผู้บริโภคก็จะใช้ความชอบและรสนิยมส่วนตัวที่มีต่อแบรนด์หรือผลิตภัณฑ์นั้นๆเป็นหลักในการเลือกซื้อ ดังนั้น ส่วนประสมทางการตลาด 4P จึงไม่ส่งผลโดยตรงต่ออุปสงค์ของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยของสมมติฐานข้อนี้ ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชจริยา พรหมแก้ว (2562) ที่พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

2.) ส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E มีอยู่ 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรด้านราคา ด้านการสร้างประสบการณ์ และความภักดีในแบรนด์ ที่ส่งผลโดยตรงต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคในการซื้อเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น เนื่องจาก เครื่องสำอางเป็นกลุ่มสินค้าที่มีความหลากหลายสูง ผู้บริโภคมีตัวเลือกในการตัดสินใจซื้ออยู่มาก ดังนั้น การที่จะทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ตัวเดิมมาใช้ซ้ำนั้น ถือเป็นเรื่องที่ทำได้อยาก อย่างไรก็ตาม ท่ามกลางส่วนประสมทางการตลาดที่คล้ายคลึงกัน เมื่อพิจารณาทั้งในด้านของส่วนประสมทางการตลาดทั้ง 4P และ 4E หากสามารถสร้างราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ และสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้บริโภคผ่านคุณค่า และการบริการ จนทำให้ผู้บริโภคมีความภักดีในแบรนด์ขึ้นได้นั้น ผู้บริโภคก็จะเกิดความเชื่อมั่นในแบรนด์ แล้วกลายมาเป็นสาวกของแบรนด์ เกิดอุปสงค์ในการซื้อมาใช้ซ้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฟเธอร์สสโตเย้า (Fetherstonhaugh. 2009) ที่ว่า การสร้างความภักดีในแบรนด์ เป็นการทำให้ผู้บริโภคเกิดความหลงใหลเลื่อมใสและศรัทธา จนเกิดความมุ่งมั่น หรืออุดมการณ์ในการซื้อสินค้ามาใช้

3.) ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ส่งผลต่อปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด 4P และ 4E

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านอายุที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความคิดเห็นต่อส่วนประสมทางการตลาดของเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นด้านความภักดีต่อแบรนด์ แตกต่างกัน ดังนั้นในการทำการตลาดโดยใช้ส่วนประสมทางการตลาดด้านภักดีต่อแบรนด์ จำเป็นจะต้องทำการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในกลุ่มนี้ เพื่อให้สามารถสร้างความภักดีในแบรนด์ให้เกิดขึ้นกับกลุ่มผู้บริโภคในแต่ละช่วงอายุได้

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านสถานภาพที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้เกิดความคิดเห็นต่อส่วนประสมทางการตลาดของเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ไม่ว่าผู้บริโภคจะมีสถานภาพโสด สมรส หรือม้าย ก็มีความคิดเห็นไม่แตกต่างกัน

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความคิดเห็นต่อส่วนประสมทางการตลาดของเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นด้านการรับรู้ทุกช่องทาง แตกต่างกัน ดังนั้นในการทำการตลาดโดยใช้ส่วนประสมทางการตลาดด้านการรับรู้ทุกช่องทาง จำเป็นจะต้องทำการศึกษาว่าช่องทางไหนที่จะสามารถเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคในแต่ละระดับการศึกษาได้มากที่สุด เช่น การใช้สื่อออนไลน์ หรือการโฆษณาทางโทรทัศน์ เพื่อให้ผู้บริโภค

สามารถสื่อสารกับแบรนด์ได้อย่างสะดวกที่สุด

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านอาชีพที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความคิดเห็นต่อส่วนประสมทางการตลาดของเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นด้านการส่งเสริมการตลาด การแลกเปลี่ยนคุณค่า และความภักดีต่อแบรนด์ แตกต่างกัน ดังนั้นในการทำการตลาดโดยใช้ส่วนประสมทางการตลาด 3 ด้านนี้ จำเป็นจะต้องทำการศึกษาว่าการส่งเสริมการตลาดแบบใดจะเหมาะกับกลุ่มผู้บริโภคในแต่ละอาชีพมากที่สุด และจะทำเช่นไรให้ผู้บริโภครู้ถึงคุณค่าของแบรนด์และสิ่งที่แบรนด์ต้องการจะเสนอ รวมถึงทำเช่นไรให้ลูกค้าในแต่ละกลุ่มอาชีพมีความภักดีต่อแบรนด์ และกลายมาเป็นสาวกของแบรนด์ได้ในที่สุด

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านรายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความคิดเห็นต่อส่วนประสมทางการตลาดของเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นด้านการแลกเปลี่ยนคุณค่า แตกต่างกัน ดังนั้นในการทำการตลาดโดยใช้ส่วนประสมทางการตลาดด้านการแลกเปลี่ยนคุณค่า จำเป็นจะต้องทำการศึกษาว่ากลุ่มผู้บริโภคในแต่ละช่วงรายได้มีความเห็นต่อ

เรื่องคุณค่า และความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์ต่างๆอย่างไร การสื่อสารอย่างไร ถึงจะทำให้ผู้บริโภครู้สึกถึงคุณค่าของแบรนด์และผลิตภัณฑ์ของแบรนด์ได้มากที่สุด

9) ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยข้างต้นพบว่า มีกลุ่มตัวอย่างกว่า 7% ที่เคยใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น แต่ปัจจุบันไม่ได้ใช้ต่อแล้ว และมีกลุ่มตัวอย่างอีกประมาณ 7% เช่นกัน ที่ไม่มีความประสงค์จะใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นต่อไปในอนาคต ซึ่งทั้ง 2 ประเด็นนี้ ถือเป็นประเด็นสำคัญสำหรับผู้ที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นที่จะต้องทำการศึกษาว่า จะทำเช่นไรให้กลุ่มตัวอย่างเหล่านี้กลับมาใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่น และจะทำเช่นไรที่จะรักษากลุ่มผู้บริโภคที่ยังใช้งานอยู่ในปัจจุบันเอาไว้ให้ได้ ซึ่งเบื้องต้น ทางผู้วิจัยได้สอบถามถึงความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับสาเหตุที่ผู้บริโภคกลุ่มนี้ไม่ประสงค์จะใช้เครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นไว้แล้ว ดังแสดงใน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอุปสงค์ของผู้บริโภค แต่เนื่องจากเป็นการเก็บแบบสอบถามออนไลน์ จึงเก็บข้อมูลได้อย่างจำกัด และไม่สามารถสอบถามเพิ่มเติมในเชิงลึกได้ ดังนั้น ในการทำวิจัยครั้งต่อไป หากสามารถทำการศึกษาเกี่ยวกับประเด็นเหล่านี้เพิ่มเติม โดยเพิ่มการสัมภาษณ์กลุ่มผู้บริโภคเชิงลึก ก็จะทำให้คำตอบที่ต้องการ และจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับเครื่องสำอางนำเข้าจากญี่ปุ่นเป็นอย่างมากในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้มาให้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอกราบขอบพระคุณ ดร.ธันยมัย ฐิโณทัย โคซากะ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาคอยให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์มาโดยตลอด ผู้วิจัยตระหนักถึงความกรุณา ความตั้งใจและทุ่มเทของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงอยากขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์รังสรรค์ เลิศในสัตย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญาดา นาสมบูรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ อุดมธนวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิ สุขเจริญ และนายกิติภัฏ ฐิโณทัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์และในการตอบแบบสอบถามทุกท่าน ท่านเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้งานสารนิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณทุกแหล่งข้อมูลที่ทำให้สารนิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่มอบวิชาความรู้ ตลอดจนประสบการณ์อันมีค่า และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัว ญาติ และมิตรสหาย ที่ให้การสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอด กำลังใจของทุกท่านเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ได้เสร็จสมบูรณ์

หากมีข้อบกพร่องหรือความผิดพลาดในส่วนใดเกิดขึ้นในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

REFERENCES

Armstrong & Kotler. (2009). *Marketing: An introduction* (9th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Department of Business Development. (2021). *DataWarehouse,* (In Thai). Retrieved from https://datawarehouse.dbd.go.th

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. (2564). *ข้อมูลนิติบุคคล.* สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2564, จาก https://datawarehouse.dbd.go.th

Department of Provincial Administration Registration. (2020). *Population Statistics,* (In Thai). Retrieved from https://stat.bora.dopa.go.th

สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2563). *สถิติจำนวนประชากร.* สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564, จาก https://stat.bora.dopa.go.th

Fetherstonhaugh. (2009). *The 4Ps Are Out, The 4Es Are In. Ogilvy & Mather.* Retrieved from http://www.ogilvy.com

Kanlaya Vanichbuncha. (2018). *Multivariate Analysis Using SPSS for Windows* (11th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2561). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for*

*Windows.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Pakjira Wachirasrisuntra. (2019). Marketing strategies and factors of the choose of Japanese cosmetics (make-up). (In Thai). (Thesis, Silpakorn University).

ภัคจิรา วชิรศรีสุนทรา. (2562). กลยุทธ์การตลาดและปัจจัยในการเลือกใช้เครื่องสำอางประเภทเมคอัพของญี่ปุ่น. (สารนิพนธ์, มหาวิทยาลัยศิลปากร).

Patchariya Promkaew. (2019). *Marketing Mix Factors Related To The Students Decision For Cosmetics Buying At Nakhon Si Thammarat University*. (In Thai). (Thesis, Nakhon Si Thammarat University).

พัชจริยา พรหมแก้ว. (2562). *ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องสำอางของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*. (วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช).

Siriwan Serirat. (1995). *Consumer Behavior*, (In Thai). Bangkok: Thai Wattanapanich.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2538). *พฤติกรรมผู้บริโภค*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

Suphat Sukamonson. (2001). The difference between qualitative and quantitative research. *Pasaa Paritat Journal,* (In Thai), 1(19): 18-31.

สุพัฒน์ สุกมลสันต์.  (2544). ความแตกต่างระหว่างงานวิจันเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ. *วารสาร ภาษาปริทัศน์.* 1(19): 18-3

Warunee Techakunarak. (2019). The Study of Marketing Mix Factors that affecting in Online Cosmetics Buying. A Case Study of Amphoe Muang, Ubon Ratchathani. (In Thai). (Master's Thesis, Ratchathani University).

วารุณี เตชะคุณารักษ์. (2562). การศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการซื้อเครื่องสำอางออนไลน์ กรณีศึกษา อำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี. (วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยราชธานี).

# ส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ณัฐกานต์ วิเศษภักดีวงศ์[1*] และ ภิญรดา แก้วเขียว[2]

*[1]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ ประเทศไทย*
*[2]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ ประเทศไทย*

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : vi.natthakarn_st@tni.ac.th

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 2) เพื่อศึกษาส่วนประสมทางการตลาดเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 3) เพื่อศึกษาส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยสำรวจจากการสุ่มตัวอย่างในประเทศไทยจำนวน 304 คน โดยใช้วิธีการเก็บแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน และวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณตามวิธี Stepwise ซึ่งสามารถสรุปผลวิจัยได้ดังนี้ 1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ตัดสินใจซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ส่วนใหญ่มีอายุ 21-40 ปี วุฒิการศึกษาปริญญาตรี รายได้ 20,001-30,000 บาท ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท จำนวนสมาชิกในครอบครัว 4-5 คน และอาศัยอยู่ในกรุงเทพ 2) ด้านพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ใช้ค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำจิ้มสุกี้ในแต่ละครั้ง 101-200 บาท ช่องทางการซื้อซุปเปอร์เซ็นเตอร์ (เช่น โลตัส, บิ๊กซี) และนิยมซื้อยี่ห้อพันท้ายนรสิงห์ 3) ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้านช่องทางการจำหน่าย (Place) มากที่สุด รองลงมา คือ ด้านราคา (Price) ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) และด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) ตามลำดับ 4) ผลการทดสอบสมมติฐานปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลพบว่าปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านราคามีผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้มากที่สุด รองลงมา คือ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย

***คำสำคัญ*** : ส่วนประสมทางการตลาด เจตนาซื้อ เครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้

# MARKETING MIX THAT AFFECTING CONSUMER'S PURCHASE INTENTION OF SUKI SAUCE IN BANGKOK AND METROPOLITAN AREAS

Natthakarn Visespakdeevongse[1*] Pinrada Kaewkhiew[2]

[1]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand.*

[2]*Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand.*

Corresponding Author. E-mail address: vi.natthakarn_st@tni.ac.th

***Abstract***

The objectives of this research were the following: 1) to study the customer's behaviors of purchasing suki sauce in Bangkok and metropolitan areas. 2) to study the marketing mix of purchasing suki sauce in Bangkok and metropolitan areas. And 3) to study the perception of marketing mix that affecting consumer's purchase intention of suki sauce in Bangkok and metropolitan areas. The survey was conducted on a random sample of 304 people in Bangkok and metropolitan areas by using the questionnaire collection method. The statistics used in this research consisted of descriptive statistics such as frequency, percentage, mean, standard deviation, and inferential statistics, as well as analyzing multiple regression equations by stepwise method. The research results can be summarized as follows: (1) Personal factors: respondents who decided to buy suki sauce most of them are 21-40 years old, have a bachelor's degree, an income of 20,001-30,000 baht, work as employees of the company, and have a total of 4-5 family member living in Bangkok. (2) The behavior of the respondents' purchasing decision to buy suki sauce Most of them use the cost of buying suki sauce each time 101-200 baht, buying channels at super centers (e.g., Lotus, Big C), and prefer to buy brand Pantainorasing. (3) The respondents pay attention to the marketing mix factor in term of place the most, followed by Price, Product, and Promotion, respectively. (4) The results of the hypothesis testing of marketing mix factors influencing the purchasing intention of suki sauce by consumers in Bangkok and metropolitan areas found that the marketing mix factors in term of price and place affects the purchasing intention of the seasoning mix.

***Keywords***: Marketing Mix, Purchase Intention, Suki Sauce

## 1) บทนำ

เครื่องปรุงรสเป็นหนึ่งในสินค้าเด่นของไทย โดยการส่งออกในช่วง 2 เดือนแรกของปี 2563 ไทยครองเป็นอันดับ 3 ของโลก มูลค่า 135.5 ล้านเหรียญสหรัฐ ส่วนปี 2562 มีมูลค่าการส่ง 790 ล้านเหรียญสหรัฐ (กรุงเทพธุรกิจ, 2563)

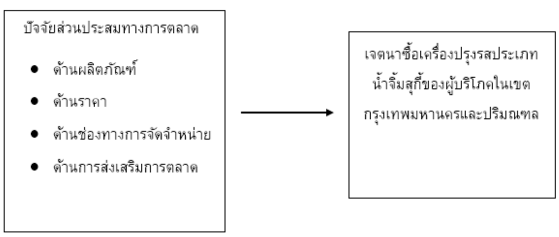
Marketeer (2564) ตลาดซอสและเครื่องปรุงรสปี 2563 มีมูลค่า 47,977 ล้านบาท โดยคนไทยบริโภคเฉลี่ย 5.8 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ปัจจุบันไทยเป็นผู้ส่งออกซอสและเครื่องปรุงรสเป็นอันดับที่ 4 ของโลก ใน 2 เดือนแรกของปี 2564 ไทยส่งออกเครื่องปรุงรสออกสู่ตลาดโลกมูลค่า 140.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ขยายตัวร้อยละ 3.6 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่ศึกษาส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลว่ามีเรื่องใดบ้างที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบธุรกิจเครื่องปรุงรสนำไปปรับใช้ในการทำการตลาดและวางแผนกลยุทธ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อสามารถนำไปสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขั้นเพิ่มศักยภาพให้แก่ผู้ประกอบการต่อไป

## 2) วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
2. เพื่อศึกษาส่วนประสมทางการตลาดเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
3. เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

กรอบแนวคิดการวิจัย




รูปที่ 1: กรอบแนวคิดการวิจัย

## 3) การทบทวนวรรณกรรม

### 3.1) พฤติกรรมผู้บริโภค

พฤติกรรมผู้บริโภค หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกในการค้นหา การเลือกซื้อ การใช้ การประเมิน การกำจัดทิ้งของสินค้าหรือบริการต่างๆของผู้บริโภค Kotler and Armstrong (2021) ได้กล่าวว่า ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการซื้อที่ซับซ้อน องค์กรควรมีการการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคเพื่อศึกษาพฤติกรรมเกี่ยวกับการซื้อ ซึ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคมีคำถาม 6W 1H มาช่วยวิเคราะห์และหาคำตอบ 7 ประการ ได้แก่ ใครคือกลุ่มเป้าหมาย (Who?) นักการตลาดต้องสำรวจว่าใครมีแนวโน้มเป็นลูกค้า มีลักษณะอย่างไร ซึ่งกลุ่มคนเหล่านี้จะเป็นกลุ่มเป้าหมายที่แท้จริงของธุรกิจ ผู้บริโภคซื้ออะไร (What?) เพื่อให้ทราบความต้องการที่ลูกค้าต้องการจากสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ทำไมจึงซื้อ (Why?) พิจารณาเหตุผลในการซื้อสินค้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ ใครมีส่วนร่วมในการซื้อ (Who Participate?) อาจมีบุคคลอื่นมีส่วนร่วมหรือมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อจึงต้องพิจารณาว่ากลุ่มอ้างอิงใดที่เข้าถึงผู้ซื้อและผู้ใช้บ้าง ซื้อเมื่อไร (When?) พิจารณาถึงโอกาสในการซื้อสินค้าของผู้ซื้อเพื่อวางแผนการผลิต การส่งเสริมการตลาด ซื้อที่ไหน (Where?) เพื่อให้ทราบถึงสถานที่ที่ลูกค้าซื้อ เพื่อวางแผนการจัดจำหน่ายให้เหมาะสม และซื้ออย่างไร (How?) เพื่อให้ทราบว่าลูกค้ามีขั้นตอนในการซื้ออย่างไร ตั้งแต่การรับรู้ปัญหา หาข้อมูล ประเมินทางเลือก ตัดสินใจซื้อ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ธุรกิจสามารถนำไปวางแผนการส่งเสริมทางการตลาดที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายมากที่สุด

### 3.2) ส่วนประสมทางการตลาด

Kotler and Armstrong (2016) ได้กล่าวไว้ว่า ส่วนประสมทางการตลาดเป็นเครื่องมือทางการตลาดที่นำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ได้ ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง สิ่งที่นำเสนอขายโดยธุรกิจ เพื่อสนองความต้องการให้ลูกค้า ซึ่งผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย สินค้า บริการความคิด สถานที่ องค์กรหรือบุคคล ซึ่งผลิตภัณฑ์ต้องมีอรรถประโยชน์ มีมูลค่าในสายตาของลูกค้า จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ขายได้ การกำหนดกลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย ความ

แตกต่างของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และกลยุทธ์เกี่ยวกับส่วนประสมผลิตภัณฑ์ และสายผลิตภัณฑ์

2. ราคา หมายถึง สิ่งที่ต้องจ่ายเพื่อที่จะได้มา ซึ่งจ่ายเงินหรือสิ่งอื่นที่จำเป็นต้องใช้ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์และบริการ

3. ช่องทางการจัดจำหน่าย หมายถึง ช่องทางสถานที่หรือกิจกรรม ใช้ย้ายสินค้าและบริการจากองค์กรไปสู่ตลาด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ช่องทางการจัดจำหน่าย หมายถึง เส้นทางที่ผลิตภัณฑ์จะถูกเปลี่ยนมือไปสู่ตลาด ช่องทางการจำหน่ายประกอบด้วย ผู้ผลิต คนกลาง ผู้บริโภค และการกระจายสินค้า หมายถึง กิจกรรมการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคหรือผู้ใช้ในอุตสาหกรรม ประกอบด้วย การขนส่ง การเก็บรักษา คลังสินค้า และการบริการสินค้าคงเหลือ

4. การส่งเสริมการตลาด เป็นการสื่อสารระหว่างผู้ขายกับผู้ซื้อเพื่อสร้างทัศนคติและพฤติกรรมการซื้อ มีเครื่องมือ ได้แก่ การโฆษณา การขายโดยพนักงานขาย และการส่งเสริมการขาย

3.3) การตัดสินใจและเจตนาซื้อ

การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเกิดขึ้นเป็นกระบวนการ โดยผู้บริโภคจะหาข้อมูลเพื่อประเมินทางเลือก ทำให้กระบวนการตัดสินใจมีความซับซ้อน Kotler and Armstrong (2021) ผู้บริโภคมีการตัดสินใจต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นความตั้งใจที่ผู้บริโภคจะซื้อสินค้า หรือ จะเป็นปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด เช่น ซื้อเพราะราคาตรงตามที่คาดหวัง สินค้ามีประโยชน์ ก็อาจทำให้เปลี่ยนความตั้งใจที่จะซื้อได้ ดังนั้นเพื่อวัดเจตนาซื้อให้เหมาะสมกับบริบทของการวิจัยในครั้งนี้ จึงควรศึกษาแนวโน้มที่จะซื้อ และความตั้งใจที่จะซื้อเพื่อให้ทราบถึงเจตนาซื้อ

3.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุพัตรา ลิขิตวานิช (2561) ได้ทำการศึกษาเรื่องการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ผลวิจัยพบว่า ต้องการเพิ่มรสชาติ มีการซื้อผลิตภัณฑ์จากซุปเปอร์มาร์เก็ต/ห้างสรรพสินค้า ความถี่ในการซื้อ 3 เดือน อยู่ที่ 1 ครั้ง บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อมากสุด คือ ตัวเอง มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซื้อผ่านช่องทางออนไลน์ต่อครั้งต่ำกว่า 200 บาท และสะดวกในการโอนผ่านทางธนาคาร ในส่วนของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยรวมสูง และพบว่าด้านการส่งเสริมทางการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร และด้านผลิตภัณฑ์ ราคา และช่องทางการจัดจำหน่ายไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

อนุรักษ์ ฤาโสภา (2560) ได้ทำการศึกษาเรื่องพฤติกรรมผู้บริโภคและส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำปลาของผู้บริโภคในจังหวัดสมุทรปราการ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำปลาของผู้บริโภคในจังหวัดสมุทรปราการ ผลการวิจัยพบว่า (1) ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เพศหญิง อายุ 20-30 ปี ระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ระดับรายได้ 10,001-20,000 บาท อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (2) พฤติกรรมผู้บริโภคที่แตกต่างกันส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำปลาของผู้บริโภคในจังหวัดสมุทรปราการแตกต่างกัน (3) ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำปลาของผู้บริโภคในจังหวัดสมุทรปราการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 โดยปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านราคา และช่องทางการจัดจำหน่ายมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อน้อยที่สุด

## 4) วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรในครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้หลักความน่าจะเป็น โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) โดยกำหนดขนาดของจำนวนกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย เบย์ลี่ส์ (1994) ระบุว่าการคำนวณทางสถิติต้องมีตัวอย่างขั้นต่ำ 30 ตัวอย่าง โรสคอว์ (1975) ระบุว่าจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 30-500 ตัวอย่าง โดยในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์จำนวนทั้งสิ้น 304 ตัวอย่าง

## 5) ผลการวิจัย

5.1) ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างของผู้บริโภคที่ซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้านอายุ

| ปัจจัยส่วนบุคคล | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| **อายุ** | | |
| น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี | 8 | 2.6 |
| 21-40 ปี | 242 | 79.6 |
| 41-60 ปี | 44 | 14.5 |
| ตั้งแต่ 60 ปี ขึ้นไป | 10 | 3.3 |
| **รวม** | **304** | **100** |

ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้านระดับการศึกษา

| ปัจจัยส่วนบุคคล | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| **ระดับการศึกษา** | | |
| ประถมศึกษา | 6 | 2.0 |
| มัธยมศึกษา | 27 | 8.9 |
| อนุปริญญาหรือเทียบเท่า | 28 | 9.2 |
| ปริญญาตรี | 171 | 56.3 |
| สูงกว่าปริญญาตรี | 72 | 23.7 |
| **รวม** | **304** | **100** |

ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้านรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

| ปัจจัยส่วนบุคคล | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| **รายได้เฉลี่ยต่อเดือน** | | |
| ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท | 10 | 3.3 |
| 10,001-20,000 บาท | 78 | 25.7 |
| 20,001- 30,000 บาท | 83 | 27.3 |
| 30,001-40,000 บาท | 48 | 15.8 |
| 40,001-50,000 บาท | 26 | 8.6 |
| 50,001 บาทขึ้นไป | 59 | 19.4 |
| **รวม** | **304** | **100** |

ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้านอาชีพ

| ปัจจัยส่วนบุคคล | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| **อาชีพ** | | |
| นักเรียน/นักศึกษา | 12 | 3.9 |
| แม่บ้าน/พ่อบ้าน | 7 | 2.3 |
| ราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 27 | 8.9 |
| พนักงานบริษัท | 177 | 58.2 |
| ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว | 74 | 24.3 |
| ว่างงาน/เกษียณอายุ | 3 | 1.0 |
| อื่นๆ ............(โปรดระบุ) | 4 | 1.3 |
| **รวม** | **304** | **100** |

ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้านจำนวนสมาชิกในครอบครัว

| ปัจจัยส่วนบุคคล | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| **จำนวนสมาชิกในครอบครัว** | | |
| 1 คน | 15 | 4.9 |
| 2-3 คน | 114 | 37.5 |
| 4-5 คน | 137 | 45.1 |
| 6-7 คน | 27 | 8.9 |
| มากกว่า 7 คนขึ้นไป | 11 | 3.6 |
| **รวม** | **304** | **100** |

ผลสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้านสถานที่พักอาศัย

| ปัจจัยส่วนบุคคล | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| **สถานที่พักอาศัย** | | |
| กรุงเทพ | 210 | 69.1 |
| นครปฐม | 1 | 0.3 |
| นนทบุรี | 11 | 3.6 |
| ปทุมธานี | 11 | 3.6 |
| สมุทรปราการ | 70 | 23.0 |
| สมุทรสาคร | 1 | 0.3 |
| **รวม** | **304** | **100** |

5.2) ผลการศึกษาพฤติกรรมการซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

พบว่ากลุ่มตัวอย่างใช้จ่ายการซื้อน้ำจิ้มสุกี้โดยเฉลี่ย/ครั้งส่วนใหญ่ คือ กลุ่ม 101 – 200 บาท/ครั้ง จำนวน 146 คน คิดเป็นร้อยละ 48.0 รองลงมา คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 บาท/ครั้ง จำนวน 139 คน คิดเป็นร้อยละ 45.7 กลุ่ม 201 – 300 บาท/ครั้ง จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 4.6 กลุ่ม 301 – 400 บาท/ครั้ง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 1.0 มากกว่า 500 บาท/ครั้ง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.7 และน้อยที่สุด คือ กลุ่ม 401 – 500 บาท/ครั้ง จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ซื้อน้ำจิ้มสุกี้ที่ซุปเปอร์เซ็นเตอร์ จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 34.9 รองลงมาคือ ร้านสะดวกซื้อ จำนวน 71 คน คิดเป็นร้อยละ 23.4 ซุปเปอร์มาร์เก็ต จำนวน 57 คน คิดเป็นร้อยละ 18.8 ห้างสรรพสินค้า จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 ร้านค้าปลีก/ค้าส่ง จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 6.9 ผ่านช่องทางออนไลน์ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 2.3 และน้อยสุด คือ อื่นๆ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 1.3

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ซื้อยี่ห้อ พันท้ายนรสิงห์ จำนวน 195 คน คิดเป็นร้อยละ 64.1 ซันซอส จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 10.5 แม่ประนอม จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7.2 สุรีย์ จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 6.3 นีโอสุกี้ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 4.6 แซมป์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0 เพียวฟู้ดส์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 อื่นๆ (ศุภวรรณ, ตราเด็กสมบูรณ์, ร้านลูกชิ้นปลา) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.6 และน้อยที่สุด คือ ปีกันเต้ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.7

5.3) ผลการศึกษาส่วนประสมทางการตลาดเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ด้านผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.84 (S.D.= 0.84 ) เมื่อพิจารณาเป็นราย

ข้อพบว่า ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองมาตรฐานมากที่สุด ค่าเฉลี่ย คือ 4.35 (S.D.= 0.76) รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์มีชื่อเสียง ค่าเฉลี่ย คือ 3.66 (S.D.= 0.87) และสุดท้าย คือ บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สวยงาม ค่าเฉลี่ย คือ 3.51 (S.D.= 0.89)

ด้านราคาผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.89 (S.D.= 0.85) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ให้ความสำคัญกับราคาเหมาะสมกับคุณภาพมากที่สุด ค่าเฉลี่ย คือ 4.45 (S.D.= 0.68) รองลงมา คือ ราคาเหมาะสมกับปริมาณ ค่าเฉลี่ย คือ 4.09 (S.D.= 0.77) มีการระบุราคาชัดเจน ค่าเฉลี่ย คือ 4.03 (S.D.= 0.88) และสุดท้าย คือ ราคาต่ำกว่ายี่ห้ออื่น ค่าเฉลี่ย คือ 2.99 (S.D.= 1.05)

ด้านช่องทางการจำหน่ายผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.19 (S.D.= 0.85) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ให้ความสำคัญกับสามารถหาซื้อได้ง่ายมากที่สุด ค่าเฉลี่ย คือ 4.53 (S.D.= 0.65) รองลงมา คือ สามารถสั่งซื้อได้ทางออฟไลน์ ค่าเฉลี่ย คือ 4.39 (S.D.= 0.86) และสุดท้าย คือ สามารถสั่งซื้อได้ทางออนไลน์ ค่าเฉลี่ย คือ 3.64 (S.D.= 1.05)

ด้านการส่งเสริมการตลาดผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.28 (S.D.= 1.07) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ให้ความสำคัญกับมีโปรโมชั่นในการลด แลก แจก แถมอยู่เสมอ ค่าเฉลี่ย คือ 3.61 (S.D.= 0.99) รองลงมา คือ มีการโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ (เช่น Shopee, Lazada, Line, Facebook, Instagram) ค่าเฉลี่ย คือ 3.53 (S.D.= 1.11) มีการออกบู๊ธตามห้างสรรพสินค้า / งาน Event ต่างๆ มีค่าเฉลี่ย คือ 3.48 (S.D.= 1.02) มีพนักงานคอยให้คำแนะนำผลิตภัณฑ์ ณ จุดขาย ค่าเฉลี่ย คือ 3.29 (S.D.= 1.13) มีการโฆษณาผ่านทางโทรทัศน์ มีค่าเฉลี่ย คือ 3.22 (S.D.= 1.11) มีการใช้พรีเซนเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือ ค่าเฉลี่ย คือ 3.18 (S.D.= 1.12) มีการโฆษณาผ่านแผ่นป้ายโฆษณา (เช่น บนรถไฟฟ้า BTS, MRT) ค่าเฉลี่ย คือ 2.99 (S.D.= 1.02) และสุดท้าย คือ มีการโฆษณาผ่านวิทยุ ค่าเฉลี่ย คือ 2.90 (S.D.= 1.03)

5.4) ผลการศึกษาส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สามารถกำหนดสมมติฐานการวิจัยได้ดังนี้

H0 : ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดไม่ส่งผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

H1 : ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

| ตัวแปร | ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (B) | t - test | Sig.t | ดัชนีบอกภาวะร่วมเส้นตรงพหุ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Tolerance | VIF |
| ค่าคงที่ | 2.480 | 9.213 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |
| ปัจจัยด้านราคา (Price) | 0.253** | 3.542 | 0.000 | 0.673 | 1.485 |
| ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย (Place) | 0.189** | 2.667 | 0.008 | 0.673 | 1.485 |
| Adjusted $R^2$= 0.125 , SEE = 0.673 , Sig. of F = 7.114 | | | | | |

หมายเหตุ : ระดับนัยสำคัญ $p <$ 0.01**

รูปที่ 2: การวิเคราะห์สมการถดถอยของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

จากรูปที่ 2 พบว่า เมื่อทดสอบความเป็นอิสระต่อกันของตัวแปรต้นพบว่ามีค่า Tolerance 0.673 (มากกว่า 0.2) และค่า VIF เท่ากับ 1.485 (น้อยกว่า 10) แสดงว่าตัวแปรต้นเป็นอิสระต่อกัน โดยผลการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระจำนวน 4 ตัว ของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด พบว่ามีเพียงราคาและช่องทางการจัดจำหน่าย มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (การตัดสินใจเลือกเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้) อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีอำนาจการทำนายผลได้ร้อยละ 12.50 (Adjusted R2) โดยปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านราคามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำจิ้มสุกี้มากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเท่ากับ 0.253 ค่า t เท่ากับ 3.542 และด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเท่ากับ 0.189 ค่า t เท่ากับ 2.667

ผลการวิเคราะห์สามารถเขียนสมการเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

เจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล = 2.480 + 0.253 (ราคา) + 0.189 (ช่องทางการจำหน่าย)

## 6) สรุปและอภิปรายผล

ผลวิจัยสรุปผลได้ดังนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุ 21-40 ปี ศึกษาปริญญาตรี รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท จำนวนสมาชิกใน

ครอบครัว 4-5 คน และอยู่ในกรุงเทพ ด้านพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้พบว่า ส่วนใหญ่ซื้อน้ำจิ้มสุกี้ครั้งละ 101-200 บาท ซื้อที่ซุปเปอร์เซ็นเตอร์ (เช่น โลตัส, บิ๊กซี) และนิยมซื้อยี่ห้อพันท้ายนรสิงห์ และให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านช่องทางการจำหน่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ปัจจัยด้านราคาและปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ให้ความสำคัญในระดับมาก และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ให้ความสำคัญปานกลาง

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านราคามีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุรักษ์ ฤๅโสภา ในปี 2560 ส่วนปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์และด้านการส่งเสริมการตลาดไม่มีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพัตรา ลิขิตวานิช ในปี 2561 ที่พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

## 7) ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

### 7.1) ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญในด้านราคาเป็นอันดับแรก ควรกำหนดราคาให้เหมาะสมกับคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ และควรมีการระบุราคาอย่างชัดเจน รองลงมาคือด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ผู้ประกอบการควรมีช่องทางในการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสามารถหาซื้อได้ง่าย ทั้งช่องทางออฟไลน์และออนไลน์ โดยควรคำนึงถึงช่องทางออฟไลน์เป็นอันดับแรก เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังคงใช้ช่องทางนี้ในการซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ ดังนั้น จึงควรมีการวางขายที่ซุปเปอร์เซ็นเตอร์ (เช่น โลตัส, บิ๊กซี) รองลงมาคือ ร้านสะดวกซื้อ (เช่น 7-11, FAMILY MART) ซุปเปอร์มาร์เก็ต (เช่น TOPS, FOODLAND) ห้างสรรพสินค้า (เช่น โรบินสัน, เซ็นทรัล) ร้านค้าปลีก/ค้าส่ง และผ่านช่องทางออนไลน์ตามลำดับ และควรมีการจัดจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น SHOPEE, LAZADA, LINE, FACEBOOK, INSTAGRAM เป็นต้น

### 7.2) ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้ แรงจูงใจในการซื้อของผู้บริโภค และศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆที่อาจมีผลต่อเจตนาซื้อเครื่องปรุงรสประเภทน้ำจิ้มสุกี้และควรมีการขยายให้ครอบคลุมทุกพื้นที่มากขึ้นเพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพื่อจะพิจารณาการทำเนื้อหาให้สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายอื่นได้อย่างเหมาะสมต่อไป

## REFERENCES


Anurak Luesopha (2017) Consumer Behaviors and Marketing Mix affecting the purchasing decisions of Fish Sauce in Samutprakarn Province. (In Thai). (Master's thesis, Thai-Nichi Institute of Technology).

อนุรักษ์ ฤๅโสภา. (2560) พฤติกรรมผู้บริโภคและส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำปลาของผู้บริโภคในจังหวัดสมุทรปราการ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Bailey, K.D. (1994). Methods of Social Research (4th ed.). New York : Free Press.

Bangkok Business. (2020). Thai Seasoning had 3rd ranking in the world (In Thai). Retrieved from https://www.bangkokbiznews.com/business/888460

กรุงเทพธุรกิจ. (2563). เปิดอาณาจักร 'เครื่องปรุงรส' ไทย วัตถุดิบเล็กๆ ที่ครองเบอร์ 3 ตลาดโลก. ค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/business/888460

Cronbach, L.J. (1990). Essentials of Psychological Testing (5th ed.). New York : Harper Collins Publishers.

Kotler, P. & Armstrong, G. (2021). Principle of Marketing (18th ed.). United Kingdom: Pearson.

Kotler, P. & Armstrong, G. (2016). Principle of Marketing (18th ed.). England: Pearson.

Roscoe, J.T. (1975). Fundamental Research Statistics for the Behavioral Sciences. (2nd ed.). New York : Holt Rinehart and Winston Inc.

Supattra Likitwanit. (2018). Consumer Behavior and Marketing Mix afftected to decision making Of Consumer about Chili Sauce Product via Online Channel in Bangkok. (In Thai). (Master's thesis, Nakornpratom: Mahidol University).

สุพัตรา ลิขิตวานิช. (2561) การศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยส่วนประสม

ทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกผ่าน
ช่องทางออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม:
มหาวิทยาลัยมหิดล

# ระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง

# Vehicle Tracking System for SMEs


มนสิชา รัตนแก้วมณี
*สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
ra.monsicha_st@tni.ac.th

ปวเรศ เจียเจริญ
*สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
ch.pawared_st@tni.ac.th

ภูมิกฤตย์ สุภัควนิช
*สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
su.phumkrit_st@tni.ac.th

ณัฐพศิน ศรเศรษฐศักดิ์
*สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
so.nathpasin_st@tni.ac.th

ธันยพร กณิกนันต์
*สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
tanyaporn@tni.ac.th



***บทคัดย่อ* — จากผลการสำรวจค่า GDP ของประเทศไทย พบว่าต้นทุนโลจิสติกส์มีมูลค่า 2,232 พันล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 13.2 ของ GDP ประเทศไทยและในปี 2563 ที่ผ่านมาเศรษฐกิจของประเทศไทยที่เติบโตแบบชะลอตัว ด้วยผลกระทบจากโควิด19 ทำให้ต้นทุนทางโลจิสติกส์มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14.1 ต่อ GDP ต้นทุนทางโลจิสติกส์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1.ต้นทุนการบริหารจัดการ 2.ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และ 3.ต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยต้นทุนการขนส่งสินค้ามีมูลค่ามากถึงร้อยละ 46.1 จากต้นทุนทั้งหมด**

**โดยงานวิจัยในหัวข้อ ระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางนี้ มีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ในส่วนการขนส่งสินค้า ซึ่งระบบแบ่งออกเป็น 1.แอปพลิเคชันสำหรับผู้ขับ, 2. เว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ควบคุมดูแล ผลจากการใช้ระบบทำให้ผู้ประกอบการลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ในส่วนการขนส่งสินค้า โดยหากใช้ระบบนี้จะสามารถลดต้นทุนอย่างน้อยร้อยละ 25 จากต้นทุนโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้า**



***คำสำคัญ* – GDP, ต้นทุนโลจิสติกส์, ปัญหาการขนส่งสินค้า, Telematics**



***Abstract* - According to our analysis into Thailand's GDP, logistics costs 2,232 billion Baht or 13.2 percent per GDP. In 2563, Thailand experiences an economic downturn as a result of COVID-19, which causes the cost of living to rise by 14.1 percent. Logistics costs are classified as follows: management, inventory, and transportation, with transportation accounts for 46.1 percent of total cost.**

**Vehicle Tracking System for SMEs is a study that aims to reduce transportation costs in logistics. There are two sides to this system: an application for drivers and a web application for the monitoring and control team. At most, the deployment of this vehicle tracking system could result in a 25% reduction in transportation costs.**



***Keywords* - GDP, Logistics cost, Transportation issue, Telematics**


## I. บทนำ

### I.I ที่มาและความสำคัญ

จากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีภายใต้รัฐบาลพลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา โดยยุทธศาสตรที่ 7 ด้วยเรื่อง การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบโลจิสติกส์ โดยมีกรอบแนวทางการพัฒนาระบบโลจิสต์ ระยะ 20 ปี ซึ่งในระยะ 5-10 ปีนี้มีเป้าหมายการพัฒนาระบบโลจิสติกส์สู่รูปแบบ E-logistics เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการธุรกิจของผู้ประกอบการ กำจัดปัญหา และอำนวยความสะดวกต่อการพัฒนาด้านโครงสร้างและระบบ [1]

ในปี 2563 นั้นต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ของประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 14.1 ของ GDP ณ ขณะนั้น หรือเทียบเป็น 2,215.7 พันล้านบาท ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนทางด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ต้นทุนการบริหารจัดการ และต้นทุนการขนส่งสินค้า ที่สูงถึงร้อยละ 46.1 ของต้นทุนทั้งหมด และเป็นต้นทุนการขนส่งทางถนนถึงร้อยละ 4.6 ของ GDP [2]

ต่อมาในปี 2564 SMEs มีจำนวนวิสาหกิจในประเทศกว่า 3.2 ล้านราย คิดเป็นร้อยละ 34.2 ของ GDP ทั้งประเทศ รวมเป็นมูลค่ากว่า 1,341 พันล้านบาท นับว่าเป็นมูลค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับ GDP ของประเทศ [3]

ในทางกลับกัน ปัจจุบันผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการทางด้านโลจิสติกส์ในไทยนั้นประสบปัญหามากมาย ไม่ว่าจะเป็นการขาดเทคโนโลยี การขาดบุคลากรด้านเทคโนโลยี ความรู้ความเข้าใจด้านการบริหารจัดการส่งผลต่อต้นทุนและประสิทธิภาพ ต้นทุนที่สูงต่อผู้ประกอบการขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับการพัฒนาด้านโลจิสติกส์ของประเทศกลับมีความก้าวหน้าอย่างมาก [4]

ดังนั้นคณะผู้จัดทำได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาต้นทุนการขนส่งสินค้าของประเทศไทย จึงจัดทำระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง ประกอบด้วยแอปพลิเคชันสำหรับผู้ขับที่มีการเก็บข้อมูลตั้งแต่การเริ่มงาน ตำแหน่ง และเส้นทาง เพื่อแสดงบนเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ควบคุมดูแลที่ติดตามการขนส่งและดูแลภาพรวม จนกระทั่งการแสดงผลลัพธ์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสำหรับสินค้าของธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง รวมถึงต้นทุนการขนส่งสินค้าของประเทศไทย

### I.II วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบติดตามการขนส่งสินค้าลงทุนต่ำสำหรับ SMEs
2. เพื่อปรับปรุงให้การขนส่งของบริษัทมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อสนับสนุนการลด logistics cost ของสถานประกอบการ

I.III ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถติดตามการขนส่งสินค้า
2. สามารถติดตามพฤติกรรมผู้ขับรถขนส่งสินค้า
3. สามารถลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าภายในบริษัท
4. สามารถลดความเสี่ยงในการขนส่งสินค้า

## II. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

II.I เกณฑ์การแบ่งวิสาหกิจตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1 การแบ่งวิสาหกิจตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม [5]

| เกณฑ์การแบ่งวิสาหกิจตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Small | | Medium | | Large | |
| | Labor | Asset | Labor | Asset | Labor | Asset |
| Manufacture & Service | ≤50 | ≤50 | 51-200 | 51-200 | >200 | >200 |
| Wholesaler | ≤25 | ≤50 | 26-50 | 51-100 | >50 | >100 |
| Retailer | ≤15 | ≤30 | 16-30 | 31-60 | >30 | >60 |

II.II จำนวนวิสาหกิจในประเทศไทย

ในปี 2564 วิสาหกิจในประเทศไทยมีจำนวนกว่า 3.2 ล้านราย ดังนี้

- วิสาหกิจรายย่อย 2.69 ล้านราย
- วิสาหกิจขนาดย่อม 432,483 ราย
- วิสาหกิจขนาดกลาง 43,080 ราย
- วิสาหกิจขนาดใหญ่ 13,669 ราย

หากพิจารณาแค่สัดส่วนของ วิสาหกิจขนาดกลางไปจนถึงรายย่อย จะครองสัดส่วนถึงร้อยละ 99.8 ของจำนวนวิสาหกิจทั้งหมด ซึ่งทำให้เกิดการจ้างงานกว่า 12 ล้านคน เป็นร้อยละ 82.2 ของการจ้างงานทั้งประเทศ [6]

II.III สัดส่วนการเจริญเติบโตของ SMEs

สัดส่วน GDP ของ SMEs ในไตรมาสที่สองของปี 2564 คิดเป็นร้อยละ 34.2 โดยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจเมื่อเทียบช่วงเดียวกันกับปีก่อน โดยวิสาหกิจรายย่อยขยายตัวร้อยละ 20.8 วิสาหกิจขนาดกลางขยายตัวร้อยละ 13.7 และวิสาหกิจขนาดย่อม ร้อยละ 9.2 หลายธุรกิจในประเทศไทยได้รับผลกระทบโดยตรงจากมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของ COVID-19 ทำให้ขาดรายได้และเงินทุนหมุนเวียน ขณะที่การขอสินเชื่อกับสถาบันการเงินมีข้อจำกัด เนื่องจากเกิดสถานการณ์เงินฝืด จากประชาชนชะลอการเดินทางและการใช้จ่ายสินค้า [3]

II.IV ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย

ปี 2562 ประเทศไทยมีต้นทุนทางโลจิสติกส์มูลค่า 2,232 พันล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 13.2 ของ GDP ประเทศไทย ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สาเหตุมาเศรษฐกิจในประเทศที่เติบโตแบบชะลอตัว ด้วยผลกระทบจากความผันผวนเศรษฐกิจโลกและในปี 2563 ต้นทุนทางโลจิสติกส์มีแนวโน้มที่จะลดลงเป็นมูลค่า 2,215 พันล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 14.1 ต่อ GDP โดยปรับลดลงจากผลกระทบของโรคระบาด COVID-19 ที่ทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจในประเทศลดลง

ภาพรวมของต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทยมูลค่า 2,215.7 พันล้านบาทนั้น ลดลงจากปี 2562 เป็นร้อยละ 14.1 ต่อ GDP แบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ต้นทุนขนส่งสินค้า 1,021.8 พันล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 6.5 ต่อ GDP
2. ต้นทุนเก็บสินค้าคงคลัง 1029.1 พันล้านบาท ร้อยละ 6.5 ต่อ GDP
3. ต้นทุนการบริหารจัดการ 166.1 พันล้านบาท ร้อยละ 1.1 ต่อ GDP

จากสถานการณ์ COVID-19 ทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจภายในประเทศและส่งออกสินค้าลดลง ซึ่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก ในปี 2563 ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังคิดเป็นร้อยละ 46.5 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 43.2 ต้นทุนการขนส่งสินค้าคิดเป็นร้อยละ 46.1 ลดลงจากร้อยละ 49.4 [7]

III.V Telematics

Telematics คือ การผสานการทำงานระหว่างระบบส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมและระบบสื่อสารไร้สาย ที่ใช้งานผ่านระบบ Global Positioning System (GPS) โดยการติดตั้งที่รถยนต์ และมี Monitoring Platform ไว้สำหรับดูข้อมูลตามเวลาจริง ประกอบไปด้วย

1. ดาวเทียมส่งสัญญาณ GPS ส่งข้อมูลตำแหน่ง
2. เครื่องรับสัญญาณที่ติดตั้งบนยานพาหนะ รวบรวมข้อมูลด้านพิกัดและข้อมูลเกี่ยวกับตัวรถและการขับขี่
3. เสาสัญญาณเครือข่ายมือถือ เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูล
4. เซิร์ฟเวอร์ จัดเก็บและประมวลผลข้อมูลที่ได้รับออกมาแสดง
5. ผู้ดูแลระบบ เข้าถึงข้อมูลผ่าน Monitoring Platform

ข้อมูลที่ใช้ในระบบ ประกอบไปด้วย ตำแหน่งรถตามเวลาจริง บันทึกการใช้งานรถตามข้อมูลจริง เตือนรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนด และแจ้งเตือนเมื่อมีพฤติกรรมขับขี่อันตราย

เทคโนโลยี Telematics นอกจากจะมีประโยชน์การติดตามการใช้งานรถและพฤติกรรมการขับขี่แล้วยังสามารถนำไปลดค่าใช้จ่ายแฝงส่วนเกินที่มากับค่าน้ำมันจากพฤติกรรมการขับขี่ การบำรุงรักษารถที่ไม่เหมาะสมตามสภาพและช่วงเวลา และค่าประกันรถยนต์ที่สามารถลดค่าใช้จ่ายตามการใช้งานจริงของรถขนส่งได้ [8]

## III. วิธีพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง เกิดจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์และออกแบบระบบการพัฒนาระบบและองค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาการขนส่งสินค้าภายในประเทศ และลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้าของผู้ประกอบการ

III.I ทฤษฎีการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ระบบจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างของปัญหา และวิเคราะห์เพื่อออกแบบระบบที่สามารถแก้ไขปัญหาจริง และมีกระบวการทำงานที่สามารถใช้งานได้จริงตามความเหมาะสม

การออกแบบระบบ เป็นการนำความต้องการข้อผู้ใช้งาน ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ระบบ มาปรับใช้กับสารสนเทศที่มีอยู่ โดยมีการใช้แผนภาพทางสารสนเทศในการออกแบบเพื่อความชัดเจน[9]

III.II วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle)

วงจรการพัฒนาระบบ เป็นกระบวนการสำหรับการพัฒนาระบบ เพื่อใช้แก้ไขปัญหาหรือสร้างระบบตามความต้องการของผู้ใช้ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหาหรือความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการพัฒนาระบบ
2. วางแผนดำเนินงาน เพื่อให้เกิดการจัดการที่ดีทั้งด้านบุคคลากร งบประมาณ และเวลา

3. วิเคราะห์และออกแบบระบบ วิเคราะห์ปัญหาหรือความต้องการของผู้ใช้งานอย่างละเอียด และออกแบบระบบตามความต้องการ
4. พัฒนาระบบ พัฒนาระบบอย่างมีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงความต้องการและการใช้งานจริง
5. ทดสอบระบบ สร้างระบบที่มีคุณสมบัติครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ
6. ส่งมอบระบบให้ผู้ใช้งาน โดยต้องเป็นระบบที่ทดสอบระบบ และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน
7. ซ่อมบำรุงระบบ เมื่อใช้งาน หากระบบมีปัญหาต้องแก้ไขระบบให้สมบูรณ์ รวมทั้งปรับปรุงให้ระบบทันสมัยอยู่เสมอ[10]

III.IV Agile Model

เป็นแนวคิดการพัฒนาระบบรูปแบบหนึ่งโดยมีจุดเด่นด้านความยืดหยุ่น สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของระบบตามความต้องการของผู้ใช้งานในระหว่างพัฒนาได้

โดยมีคำแถลงการณ์แห่งอไจล์ 4 ข้อดังนี้

1. “การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคน มากกว่าการทำตามขั้นตอนและเครื่องมือ” มุ่งเน้นไปที่การสื่อสารระหว่างบุคคลเพื่อระบบที่มีประสิทธิภาพ แทนการทำงานตามแบบแผน
2. “ซอฟต์แวร์ที่นำไปใช้งานได้จริง มากกว่าเอกสารที่ครบถ้วนสมบูรณ์” ให้ความสำคัญกับระบบ มากกว่าเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง
3. “ร่วมมือทำงานกับลูกค้า มากกว่าการต่อรองให้เป็นไปตามสัญญา” มีการสนทนาเพื่อร่วมกันทำให้ระบบออกมามีประสิทธิภาพ
4. “การตอบรับกับการเปลี่ยนแปลง มากกว่าการทำตามแผนที่วางไว้” ในการพัฒนาระบบสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อให้งานออกมาสามารถใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ [11]

III.VII เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

1. Figma เครื่องมือในการออกแบบหน้าต่างการทำงานและจำลองรูปแบบกระบวนการทำงานของระบบในแต่ละขั้นตอนร่วมกันในทีมบนระบบอินเทอร์เน็ตได้ สะดวกในการแสดงผล และปรับแต่งองค์ประกอบหน้าต่างการทำงานและแสดงค่าสีได้ [12]
2. Low-Code Development คือแพลตฟอร์มที่ช่วยในการอออกแบบ และ พัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว ด้วยการเขียนโค้ดที่น้อยที่สุด โดยเหมาะกับคนที่เป็น Developer มากกว่าคนทั่วไป เพราะผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันซึ่งสามารถส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย [13]
3. Power Apps คือ เครื่องมือในการพัฒนาระบบ ในรูปแบบ Low-Coding เป็นหนึ่งใน Power Platform ของบริษัท Microsoft ประกอบไปด้วย Power Automate สำหรับทำระบบอัตโนมัติ (RPA) โดยใช้ SharePoint ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์จัดการข้อมูลในระบบ สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่นๆของ Microsoft ได้ [14]

## IV. แผนงานปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

การพัฒนาระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางเป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้ศึกษามาเพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการกิจกรรมทางโลจิสติกส์ ซึ่งพัฒนาในรูปแบบโมบายแอปพลิเคชันสำหรับผู้ขับรถขนสินค้า และเว็บแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมดูแลการขนส่งสินค้า มีระยะเวลาดำเนินการ 4 เดือน

IV.I ขั้นตอนการดำเนินงาน

หลังจากได้รับหัวข้องานเกี่ยวกับโลจิสติกส์ ทางคณะผู้จัดทำได้สืบค้นข้อมูลต่างๆเพื่อหาหัวข้อสำหรับการพัฒนาระบบโดยผู้จัดทำเลือกพัฒนาระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง

1. วางแผนการดำเนินงาน โดยวางแผนการพัฒนาระบบ ในเรื่องเวลาทรัพยากรมนุษย์และเลือกเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการพัฒนาระบบ โดยเทคโนโลยีที่เลือกใช้นั้นเป็นการ low-coding
2. วิเคราะห์ระบบ ระบบนี้มีผู้ใช้งาน 2 ประเภท
   - 2.1. ผู้ขับรถขนส่งสินค้า โดยผู้ขับต้องเริ่มงานและจบงาน ซึ่งระหว่างการเดินทางระบบต้องส่งตำแหน่งเพื่อแสดงในหน้าจอสำหรับควบคุมดูแล รวมทั้งมีการพิสูจน์การส่งสินค้า
   - 2.2. ผู้ควบคุมดูแลการขนส่ง สามารถดูตำแหน่งของรถที่วิ่งงานภายใต้ระบบ โดยสามารถดูรายละเอียดของแต่ละงานได้ว่าใครเป็นผู้ขับ ขับไปที่ใด และใครคือผู้รับสินค้า
3. ออกแบบระบบ ได้ออกแบบกระบวนการทำงาน หน้าต่างการทำงาน และฐานข้อมูลของระบบตามที่ได้วิเคราะห์ระบบไว้ให้ครบถ้วน ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์การจัดทำระบบ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบในการทำงานแต่ละส่วนของระบบ
4. พัฒนาระบบ หลังจากการออกแบบระบบเสร็จสิ้น จึงสร้างแบบจำลองของระบบ โดยใช้ Figma จำลองคุณสมบัติและหน้าแสดงผลต่างๆเพื่อนำไปเสนอต่อผู้ใช้ มี 2 ส่วน
   - 4.1. ส่วนของผู้ขับ เป็นแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือโดยมีจุดประสงค์เพื่อการบันทึกข้อมูลงานขนส่งสินค้า
   - 4.2. ส่วนของผู้ควบคุมดูแล เป็นเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อการติดตามและควบคุมภาพรวมงานขนส่งสินค้า

   ต่อมาจึงพัฒนาระบบบน PowerApps Platform
5. ทดสอบระบบ ทดสอบระบบว่าเป็นไปตามคุณสมบัติที่ออกแบบไว้หรือไม่ และนำปัญหาจากการทดสอบมาแก้ไข
6. ติดตั้งระบบ ทำการติดตั้งระบบเพื่อทดลองใช้งานจริงตามกระบวนการทำงานจำลอง

## V. ผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่าง ๆ

V.I ผลการดำเนินงาน

ระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก

1. ส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนของผู้ขับ

   การทำงานในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของผู้ขับโดยมีการทำงาน 4 ส่วน ดังนี้
   - 1.1. การเข้าสู่ระบบ เข้าสู่ระบบด้วยบัญชีอีเมลของ Microsoft
   - 1.2. การบันทึกข้อมูลการขับขี่ ผู้ใช่จะได้รับแจ้งเตือนงาน แสกน QR code เพื่อเริ่มขนของ เริ่มการขนส่ง และกดปุ่มเสร็จงาน โดยระบบจะมีการรับส่งข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับ เวลา จุดหมายและเส้นทาง
   - 1.3. การบันทึกข้อมูลการส่งสินค้าถึงผู้รับ ผู้ขับต้องแนบไฟล์รูปภาพที่ระบบต้องการ เพื่อเป็นการพิสูจน์การขนส่งสินค้าว่า

เกิดขึ้นจริง และให้ผู้รับสินค้าประเมินความพึงพอใจ

1.4. การบันทึกข้อมูลการออกนอกเส้นทางและส่งสินค้าล่าช้า เมื่อผู้ขับออกนอกเส้นทาง ระบบจะมีการแจ้งเตือน และเมื่องานเสร็จสิ้นระบบจะมีหน้าแสดงผลสำหรับการบันทึกข้อมูลให้ผู้ใช่สำหรับบันทึกสาเหตุการออกนอกเส้นทางและส่งสินค้าล่าช้า

2. ส่วนเว็บแอปพลิเคชันของฝ่ายควบคุมดูแล

การทำงานภายใต้หน้าแสดงผลการควบคุมดูแล มีจุดประสงค์เพื่อดูภาพรวมการทำงาน รายงานพฤติกรรม และประสานงาน

2.1. การติดตามการขนส่ง หน้าแสดงผลแสดงรถที่กำลังขนส่งสินค้าของบริษัท โดยจะแสดงรถอยู่บนแผนที่สามารถคลิกไปที่รถเพื่อดูรายละเอียดงาน หรือสามารถค้นหางานได้

2.2. การดูประวัติการทำงานขนส่ง หน้าแสดงผลแสดงข้อมูลการขนส่งย้อนหลัง สามารถดูข้อทมูลการทำงานในอดีตทั้งหมด โดยมีการกรองข้อมูลผ่านวันที่

2.3. การดูรายงานผลปฏิบัติงานขนส่ง หน้าแสดงผลแสดงข้อมูลสรุปผลการทำงาน การออกนอกเส้นทาง การส่งสินค้าล่าช้า และคะแนนความพึงพอใจ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง ได้ผลการดำเนินงานดังนี้

V.II ส่วนแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนของผู้ขับ

ในหน้าแสดงผลแรกเป็นการเข้าสู่ระบบ PowerApps ของ Microsoft และเลือกแอปพลิเคชันที่จะใช้งาน

หน้าแสดงผลแจ้งเตือนผู้ใช้ เมื่อทีมควบคุมนำข้อมูลการขนส่งเข้าสู่ระบบแล้วมีการมอบหมายงานให้ผู้ใช้ ผู้ใช้สามารถกดเข้าสู่งานเพื่อเริ่มงาน


รูปที่ 1 หน้าแสดงผลแสดงรายละเอียดงาน

หน้าแสดงผลแสดงข้อมูลรายละเอียดงาน ดังนี้

1. หมายเลขงาน
2. ผู้ขับ
3. เบอร์โทรศัพท์ผู้ขับ
4. ทะเบียนรถขนส่ง
5. จุดหมาย
6. วัดเวลานัดหมายส่งมอบสินค้า
7. ผู้รับสินค้า
8. เบอร์โทรศัพท์ผู้รับสินค้า
9. เอกสารการส่งมอบสินค้า


รูปที่ 2 หน้าแสดงผลแสกน QR เพื่อเริ่มงาน

ผู้ใช้แสกน QR code เพื่อเริ่มการถ่ายสินค้าเข้าสู่รถขนส่งสินค้าในหน้าแสดงผลนี้จะมีการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. เวลาเริ่มถ่ายสินค้า
2. สถานะงาน : Loading


รูปที่ 3 หน้าแสดงผลถ่ายสินค้าสำเร็จ

เมื่อขนถ่ายของเสร็จสินค้า ให้ผู้ใช้กดเสร็จสิ้น จะมีการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. เวลาสิ้นสุดเมื่อถ่ายสินค้าสำเร็จ
2. สถานะงาน : Finished Load


รูปที่ 4 หน้าแสดงผลเริ่มการขับขี่

เมื่อผู้ขับต้องการเริ่มออกเดินทางให้กดปุ่มเริ่มการเดินทาง ดังต่อไปนี้

1. เวลาเริ่มการขับขี่
2. สถานะงาน : On-Route

รูปที่ 5 หน้าแสดงผลขนส่งสินค้า

โดยหน้าแสดงผล ระบบแสดงแผนที่เพื่อนำทางให้ผู้ขับไปยังจุดนัดส่งสินค้า โดยในหน้านี้จะมีการบันทึกข้อมูลตำแหน่งของผู้ใช้ทุกๆ 5 วินาที เพื่อส่งข้อมูลไปแสดงที่หน้าแสดงผลของฝ่ายควบคุม


รูปที่ 6 หน้าแสดงผลออกนอกเส้นทาง

เมื่อตำแหน่งของผู้ใช้ อยู่นอกเส้นทางที่กำหนดรัศมี 5 กิโลเมตร ระบบจะแจ้งเตือนเพื่อให้เปลี่ยนเส้นทาง โดยระบบจะเก็บข้อมูล ดังนี้

1. ตำแหน่งของผู้ใช้
2. สถานะงาน : Off-route
3. คำขอออกนอกเส้นทาง
4. เส้นทางใหม่จากการ Re-routing

โดยเมื่อสิ้นสุดงานผู้ใช้ต้องมาระบุสาเหตุการออกนอกเส้นทางด้วย


รูปที่ 7 หน้าแสดงผลแจ้งเตือนเกินเวลาขับรถ

เมื่อเวลาขนส่งใกล้จะถึง 4 ชั่วโมงจะมีแจ้งเตือนให้เปลี่ยนผู้ขับเป็นผู้ขับรายชื่อที่สองตามที่ได้กำหนดไว้ตามงานตามการวางแผนเส้นทางที่จะมีระยะเวลาขนส่งเกิน 4 ชั่วโมง เพื่อให้เป็นไปตามข้อกฎหมายพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก


รูปที่ 8 หน้าแสดงผลขนส่งสินค้าสำเร็จ

เมื่อผู้ใช้ขับถึงรัศมี 3 กิโลเมตรจากจุดหมายระบบจะแสดงหน้าเสร็จสิ้นงาน เพื่อให้ผู้ขับกดเสร็จสิ้น โดยจะมีการเก็บข้อมูล ตำแหน่งผู้ใช้

1. สถานะงาน : Check POD
2. วันเวลาสินค้าถึงที่หมาย

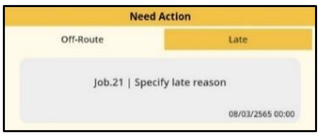

รูปที่ 9 หน้าแสดงผลหลักฐานการขนส่งสินค้า

ในหน้าแสดงผลสำหรับการส่งหลักฐานการส่งสินค้าโดยแนบรูปประกอบ และส่งเข้าระบบ

ขั้นตอนนี้ผู้ใช้จะให้ผู้รับสินค้าเซ็นรับรอง และประเมินความพึงพอใจโดยระบบจะมีการบันทึกข้อมูล


รูปที่ 10 หน้าแสดงผลให้คะแนนจากลูกค้าและลายเซ็น

1. ลายเซ็นผู้รับ
2. ผลประเมินความพึงพอใจ
3. สถานะงาน : Finished




รูปที่ 11 หน้าแสดงผลแสดงงานที่ต้องใส่เหตุผลออกนอกเส้นทางหรือส่งช้า


รูปที่ 12 หน้าแสดงผลใส่เหตุผลออกนอกเส้นทาง

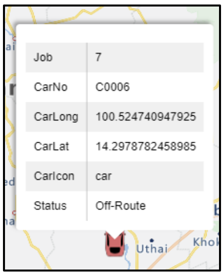
เป็นหน้าแสดงผลเก็บข้อมูลสาเหตุการออกนอกเส้นทาง หรือการส่งสินค้าล่าช้า สามารถเลือกเหตุผลที่มีในระบบหรือระบุสาเหตุเพิ่มเติมได้

V.III ส่วนเว็บแอปพลิเคชันของฝ่ายควบคุมดูแล

รูปที่ 13 หน้าแสดงผลแสดงผลหลัก

ในหน้าแสดงผลหลักของฝ่ายควบคุมประกอบไปด้วยการทำงานดังนี้

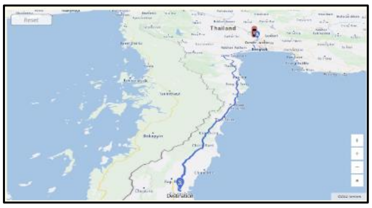
1. แถบเมนูฝั่งซ้ายของหน้าแสดงผล
2. แผนที่แสดงงานที่กำลังดำเนินอยู่ทั้งหมด
3. แสดงหน้าประวัติงานทั้งหมด
4. แสดงหน้าผลการดำเนินงานรายสัปดาห์
5. แสดงหน้าข้อมูลผู้ขับ
6. แสดงจำนวนงานที่กำลังดำเนินอยู่และงานที่ออกนอกเส้นทาง




รูปที่ 14 หน้าต่างแสดงข้อมูลเมื่อคลิกเมาส์

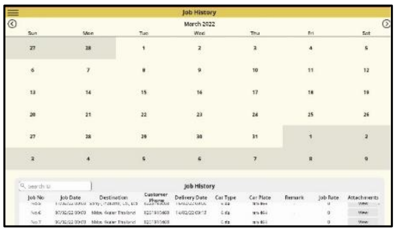
เมื่อคลิกรถที่แสดงบนแผนที่ จะแสดงรายละเอียดข้อมูลงาน ดังต่อไปนี้

1. หมายเลขงาน
2. หมายเลขรถ
3. ตำแหน่งรถ ณ ปัจจุบัน
4. สถานะของงาน อยู่ในเส้นทางหรือออกนอกเส้นทาง



รูปที่ 15 หน้าแสดงผลเมื่อเลือกดูเฉพาะงาน

หน้าแสดงผล แสดงตำแหน่งรถปัจจุบัน และเส้นทางการขนส่งรถที่ได้วางแผนไว้เพื่อประมาณการค่าใช้จ่ายขนส่งที่เหมาะสมที่สุด




รูปที่ 16 หน้าแสดงผลแสดงข้อมูลงานย้อนหลัง

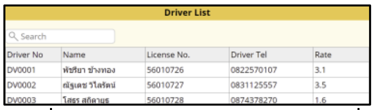
หน้าแสดงผล ประวัติงานตามช่วงวันที่เลือกในปฏิทินประวัติงาน ดังนี้

1. หมายเลขงาน
2. วันที่เวลาปฏิบัติงาน
3. จุดนัดส่งสินค้า
4. หมายเลขโทรศัพท์ผู้รับสินค้า
5. วันเวลาส่งสินค้า
6. ประเภทรถ
7. หมายเลขทะเบียนรถ
8. คะแนนความพึงพอใจ
9. เอกสารการขนส่งสินค้า


รูปที่ 17 หน้าแสดงผลผลการดำเนินงานรายสัปดาห์

หน้าแสดงผลการดำเนินงานรายสัปดาห์ที่เลือก แสดงข้อมูล ดังนี้

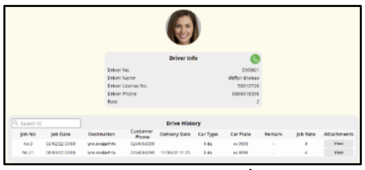
1. สัดส่วนงานที่สำเร็จต่องานทั้งหมด
2. จำนวนงานที่ดำเนินงานอยู่
3. กราฟเปรียบเทียบงานที่เสร็จภายในเวลากับขนส่งล่าช้า
4. จำนวนงานที่ขนส่งล่าช้าในสัปดาห์ที่เลือก
5. จำนวนงานที่ออกนอกเส้นทางในสัปดาห์ที่เลือก




รูปที่ 18 หน้าแสดงผลแสดงข้อมูลผู้ขับขี่

หน้าแสดงผล ข้อมูลผู้ขับทั้งหมดที่อยู่ภายใต้การดูแลของบริษัท ดังนี้

1. หมายเลขผู้ขับ
2. ชื่อ-นามสกุลผู้ขับ
3. หมายเลขใบขับขี่
4. เบอร์โทรศัพท์
5. คะแนนผู้ขับ




รูปที่ 19 หน้าแสดงผลแสดงข้อมูลผู้ขับขี่ และข้อมูลงานย้อนหลัง

เมื่อคลิกเพื่อดูรายละเอียดผู้ขับแต่ละรายจะแสดงผล แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลผู้ขับ และรายละเอียดประวัติงานของผู้ขับแต่ละคน

## VI. การอภิปรายผลการดำเนินงานหัวข้อ

การพัฒนาระบบติดตามรถขนส่งสินค้าสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางเพื่อใช้ในการติดตามงานขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนและแก้ไขปัญหาด้านการขนส่งให้ผู้ประกอบการ

โดยระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ฝั่งผู้ขับ และฝั่งควบคุมดูแล ซึ่งมีความสามารถในการทำงาน ดังนี้

1. การติดตามสถานะของงานขนส่ง
2. การจัดการการออกนอกเส้นทาง
3. การยืนยันการรับสินค้า
4. การควบคุมดูแลการขนส่ง
5. การจัดทำรายงานการขนส่งสินค้า

ในขั้นถัดไปของการพัฒนาระบบ สามารถพัฒนาให้ระบบรองรับ

1. การจัดการงาน คือ ระบบสามารถจัดการการขนส่งแบบ Milk Run หรือ Multi-Model Transportation เพิ่มเติมได้
2. การติดตามพฤติกรรมคนขับ คือ ระบบสามารถตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยหรือความเหนื่อยล้าของคนขับในระหว่างการขนส่งได้ และการติดตามการจอดนิ่ง
3. การทำ Route Optimization คือ การคำนวณเพื่อกำหนดรถ ผู้ขับ และเส้นทางขนส่งให้เหมาะสมกับงานในระบบ
4. การจัดการสินทรัพย์ คือ การติดตามการใช้งานรถขนส่งตามจริงและติดตามรอบการบำรุงรักษารถ

ระบบติดตามรถขนส่งนี้ หากจะให้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ควรต้องไปอาศัยความร่วมมือจาก Partner ในด้านต่างๆ เช่น

1. ด้านรถขนส่ง เช่น อีซูซุ วอลโว่ ฮีโน่
2. ด้านโทรคมนาคม เช่น AIS TRUE
3. ด้านระบบ GPS เช่น Garmin GISTDA
4. ด้านการพัฒนาระบบแบบ Low Code เช่น Microsoft

โดยระบบของเราได้พัฒนามาถึงขั้นตอนการปรับปรุงระบบเพื่อนำไปใช้จริง คาดว่าจะสามารถลดต้นทุนโดยเมื่ออ้างอิงจากระบบติดตามการขนส่งทั่วไป สามารถลดต้นทุนในการขนส่งได้ถึงร้อยละ 25 จากต้นทุนโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้า โดยมีผลลัพธ์จากการใช้ระบบคือสามารถลดระยะทางใช้ในการขนส่งสินค้า ลดต้นทุนจากค่าเชื้อเพลิงในการขนส่ง และสามารถจัดการ ยืดอายุให้เครื่องยนต์จากการบำรุงรักษารถตามรอบได้ ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งที่ดีที่สุด [15]

## เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนยุทธศาสตร์ การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี ฉบับที่ 3 (พ.ศ 2560-2654) (หน้า 14-18)

[2] สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2563), รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2563 (หน้า 3)

[3] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2564), GDP MSME ไตรมาสที่สองของปี 2564 และคาดการณ์แนวโน้มเศรษฐกิจ MSME ปี 2564-2565 (หน้า 1-2)

[4] กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (2559). Trade Logistics. สืบค้นจาก https://www.ditp.go.th/contents_attach/143528/143528.pdf

[5] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2545). “เกณฑ์การแบ่งวิสาหกิจตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม”.[online]. Available วันที่สืบค้น 9 มีนาคม 2565

[6] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2564). จำนวนผู้ประกอบการรวมตามนิยามใหม่. [online]. Available. วันที่สืบค้น 15 มกราคม 2565 สืบค้นจาก https://pastebin.com/Ps7iRa5P

[7] สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2563). รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2563 (หน้า 3-6)

[8] Christian K. , Alexander S. et al. (2020). A Vehicle Telematics Service for Driving Style Detection: Implementation and Privacy Challenges .[online]. Available,วันที่สืบค้น 9 มีนามคม 2565

[11] อรยา ปรีชาพานิช. (2557). คู่มือเรียน การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับสมบูรณ์). พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์

[12] R. Popli, Anita & N. Chauhan. (2013). A Mapping Model for Transforming Traditional Software Development Methods to Agile Methodology. International Journal of Software Engineering & Applications 3 (4) (Page 53-64)

[13] K.M. Beck et al. (2001). Manifesto for Agile Software Development. Retrieved from https://agilemanifesto.org [30 มกราคม 2565]

[14] Emma-Riita Honkala. (2021). Usability of mobile solution designed for school children: case School Helper

[15] Yajing L. , Peng L. , Chong W. et al. (2021). Characteristics and Challenges of Low-Code Development: The Practitioners’ Perspective

[16] Alicia M. , Matt G. et al. (2021). Beginning Azure Cognitive Services. (APress) 2021 (Page 193-240)

[17] Can A. ,Cigdem T. ,Vahap T. (2015). Vehicle Tracking system for Effective Management in Public Organization. (Page 506-517)

# การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

# Factors Affecting Mental Stress from Online Learning among Thai-Nichi Institute of Technology Students

ธนภรณ์ ตรีเมฆ
*สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
tr.thanaporn_st@tni.ac.th

สหรัฐ สมบัติเปี่ยม
*สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
sm.saharat_st@tni.ac.th

ธันยพร กณิกนันต์
*สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
tanyaporn@tni.ac.th

กานดา ทิวัฒฑานนท์
*สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ*
*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*
*สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
kanda@tni.ac.th

**บทคัดย่อ - การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลกระทบความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย- ญี่ปุ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดทางจิตใจ ของนักศึกษาในสถาบันทั้ง 3 คณะ คือ คณะบริหารธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และคณะวิศวะกรรมศาสตร์ ทำการสุ่มนักศึกษาจากทั้งหมด 2,968 คน ผ่านทางกรอกแบบสอบถามผ่านระบบ Google From โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 260 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติหาค่าความถี่ (frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ที่ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01**

**ปัจจัยภายในของการเรียนออนไลน์ประกอบไปด้วย 1. การปรับตัวของนักศึกษา, 2. ทัศนคติของการเรียนออนไลน์, 3. การมีสมาธิในการเรียนออนไลน์, 4. เอาใจใส่ในการเรียนออนไลน์, 5. แรงจูงใจในการเรียนออนไลน์ ปัจจัยภายนอกของการเรียนออนไลน์ประกอบไปด้วย 1.รูปแบบการสอนของอาจารย์, 2. ความพร้อมของสภาพแวดล้อมรอบข้าง, 3. ความพร้อมของอุปกรณ์การเรียนออนไลน์, 4. ปริมาณงานที่ได้รับ**

**จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ปัจจัยภายนอกของการเรียนออนไลน์ที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนไลน์มากที่สุด ได้แก่ ปริมาณงานที่ได้รับ รองลงมาคือ ความพร้อมของสภาพแวดล้อมรอบข้างและรูปแบบการสอนของอาจารย์ (r=.754**, .724**, และ .696**) ตามลำดับ ส่วนปัจจัยภายในจากการเรียนออนไลน์ที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนไลน์มากที่สุด ได้แก่ แรงจูงใจขณะเรียนออนไลน์ รองลงมาคือ การปรับตัวของนักศึกษาและไม่มีสมาธิขณะเรียนออนไลน์ (r=.798**, .742**, และ .683**) ตามลำดับ**

**คำสำคัญ : ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ความเครียด การเรียนออนไลน์ โควิด-19**

## I. บทนำ

COVID-19 เป็นโรคระบาดใหม่ที่มีการรายงานครั้งแรกในช่วงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 ที่เมืองอู่ฮั่น สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยมีผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก อาการเบื้องต้นมีไข้สูง ไอแห้ง อ่อนเพลีย รวมถึงอาการปอดอักเสบจนหาสาเหตุไม่ได้ จนถึงวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 องค์การอนามัยโลกได้ประกาศชื่อเชื้อโรคนี้อย่างเป็นทางการว่า “Coronavirus Disease 2019”

ทำให้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 เป็นต้นมา สถานศึกษาหลายแห่งต้องปิดและปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์ รวมถึงทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นก็ได้ปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์รวมเป็นเวลากว่า 2 ปี ซึ่งก่อนหน้านี้ทางสถานบันฯ ได้จัดการศึกษาเพียงรูปแบบเดียวคือ การเรียนที่สถาบันฯ หรือการเรียนแบบ On Site ต่อมาหลังจากมีสถานการณ์ COVID-19 แพร่ระบาด ทางสถาบันฯ จึงได้จัดการเรียนการสอนแบบ Hybrid คือ การเรียนควบคู่กันระหว่างการเรียนในสถาบันฯและเรียนออนไลน์ในเวลาเดียวกัน ในขณะที่การเรียนการสอนมีข้อจำกัด ทำให้

การเรียนออนไลน์ส่งผลกระทบต่อความเครียดของนักศึกษาในสถาบันฯ เป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้ ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมในส่วนของความเครียดพบว่าความเครียดเป็นสภาวะที่ก่อให้เกิดผลเสียต่างๆ มากมาย และทำให้รู้สึกกดดัน ไม่สบายใจ วิตกกังวล ปัญหาเหล่านี้เป็นสิ่งที่มีผลกระทบทางจิตใจ ทั้งนี้ความเครียดจะส่งผลกระทบกับสภาวะสมดุลของร่างกายและจิตใจได้ [1]

ความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อชีวิต แบ่งเป็นสองส่วน คือ หนึ่ง ความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย เช่น รู้สึกไม่สบายตัว ปวดหัว รู้สึกปวดเมื่อยตามร่างกาย ความดันสูง ท้องเสีย นอนไม่หลับ สอง ความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อจิดใจเช่น อารมณ์ที่ไม่มั่นคง เปลี่ยนแปลงง่าย หรือซึมเศร้า กลัวสิ่งรอบข้าง ดังนั้นความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจจะส่งผลไปถึงประสิทธิภาพในด้านการเรียน ทำให้ผลการเรียนแย่ลง อาจทำให้นักศึกษากดดันตัวเองมากขึ้น เกิดการแยกตัวออกจากกลุ่มเพื่อน ส่งผลถึงการทำงานกลุ่มกับเพื่อน รวมไปถึงสัมพันธภาพทางครอบครัว เมื่อความเครียดที่สะสมมากขึ้นทำให้ความตั้งใจเรียนของนักศึกษาลดลงอย่างเห็นได้ชัดและทำให้นักศึกษารู้สึกไม่มีแรงจูงใจในการเรียนอีกต่อไป [2]

การเรียนการสอนออนไลน์ หมายถึง การศึกษาเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยที่เนื้อหาของบทเรียนประกอบด้วยข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ และมัลติมีเดียอื่นๆ ผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น Google Classroom หรือ Microsoft Team โดยจะเป็นรูปแบบการสตรีมมิ่ง หรือคลิปวีดีโอ ซึ่งการเรียนแบบออนไลน์สามารถทำได้เช่นเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนปกติ โดยนักศึกษาจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการเรียน และใช้ช่องทางการติดต่อที่ทันสมัย เช่น E-mail Line หรือ Messenger ซึ่งจะประกอบด้วยความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน ข้อจำกัดการเรียนรู้เพิ่มเติม ความร่วมมือของผู้ที่เกี่ยวข้องรวมถึงประสิทธิภาพของสื่อและระบบ [3]

ปัจจัยภายนอก คือ สิ่งต่างๆที่เป็นปัญหาภายนอกของนักศึกษา เช่น รูปแบบการสอนของอาจารย์, ความพร้อมของสภาพแวดล้อมรอบข้าง, ความพร้อมของอุปกรณ์การเรียนออนไลน์ และ ปริมาณงานที่ได้รับ และปัจจัยภายใน คือ สิ่งต่างๆที่เป็นปัญหาภายในของนักศึกษา เช่น การปรับตัวของนักศึกษา, ทัศนคติของการเรียนออนไลน์, การมีสมาธิในการเรียนออนไลน์, การเอาใจใส่ในการเรียนออนไลน์, แรงจูงใจในการเรียนออนไลน์ [4]

จากข้อมูลข้างต้นจะทราบได้ว่าทางสถาบันไทย-ญี่ปุ่นมีการจัดการเรียนการสอนแบบ online มาแล้ว 2 ปี ทางผู้วิจัยมีความรู้สึกกดดัน และมีความเครียดจากการเรียนออนไลน์ อยากจะศึกษาว่าคนอื่นๆเป็นแบบเราหรือไม่ ก็ไม่มีข้อมูลเลยจัดทำวิจัยนี้ขึ้นมาสำหรับหาปัจจัยที่ทำให้เกิดความเครียดจากการเรียน online ของนักศึกษาทั้งสถาบัน ทุกคณะนี่คืองานวิจัยแรกของสถาบันที่สามารถนำไปใช้อ้างอิงได้ สถาบันก็จะเกิดประโยชน์ถ้านำงานวิจัยนี้ไปปรับปรุงและพัฒนาเพื่อลดความเครียดให้กับนักศึกษา

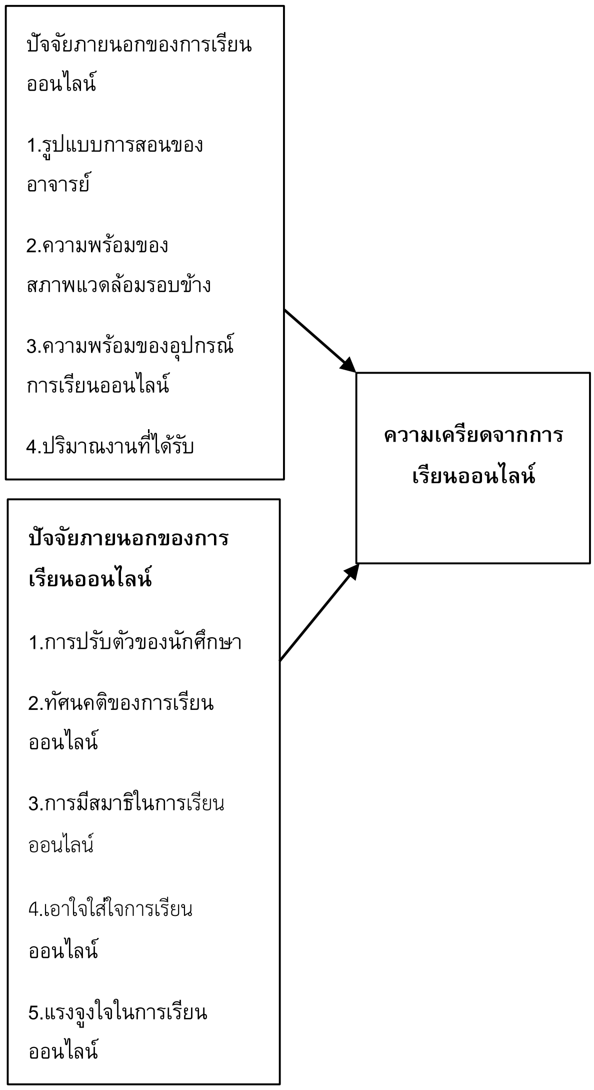
## II. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ในระดับชั้นปริญญาตรี

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือนักศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรีของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ตั้งแต่ชั้นปี 1-4 ในภาคการศึกษาปัจจุบัน (2/2564)

กรอบแนวคิดการวิจัย




รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาสถาบันไทย-ญี่ปุ่นมี 9 สมมติฐานตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

H1 รูปแบบการสอนของอาจารย์มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H2 สภาพแวดล้อมรอบข้างมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H3 ความพร้อมของอุปกรณ์มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับด้านความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H4 ปริมาณงานที่ได้รับมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับด้านความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H5 การปรับตัวของนักศึกษามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H6 มุมมองหรือทัศคติมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับด้านความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H7 ไม่มีสมาธิขณะเรียนมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H8 การเอาใจใส่ขณะเรียนมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์

H9 แรงจูงใจขณะเรียนมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์

## III. วิธีดำเนินการวิจัย

### III.I ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัยคือนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นระดับชั้นปริญญาตรีทั้ง 3 คณะ มีนักศึกษารวมทั้งสิ้น 2,968 คน ในภาคเรียน 2/2564 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้การเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) (กัลยา วานิชย์บัญชา,2557) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 260 คน ซึ่งมีนักศึกษาจากคณะบริหารจำนวน 109 คน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 98 คน และคณะวิศวะกรรมศาสตร์จำนวน 53 คน [6]

### III.II เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผ่านการหาค่า IOC (Index of item objective congruence) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านทำการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัยโดยคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป ส่วนข้อไหนที่มีค่า IOC ที่น้อยกว่า 0.5 ทางผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงตัวแบบสอบถามก่อนที่ทางผู้วิจัยจะทำ Pilot test เป็นจำนวน 50 ชุด ไว้ผ่านช่องทาง Google Forms โดยทำการส่งลิงค์ผ่าน Line กลุ่มของแต่ละคณะแต่ละชั้นปี เพื่อตรวจสอบหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามก่อนที่ทางผู้วิจัยจะลงมือเก็บข้อมูลจริง แบบสอบถามประกอบด้วย 5 ส่วนได้แก่

1. คำถามคัดกรองว่าท่านเป็นนักศึกษาจากสถาบันฯ ในภาคเรียนปัจจุบัน (2/2564) หรือไม่

2. คำถามเกี่ยวกับข้อมูลประชากร ได้แก่ เพศ คณะ ชั้นปีการศึกษา เกรดเฉลี่ยสะสม และระยะเวลาในการเรียนออนไลน์ที่สถาบันฯ รวมทั้งหมดห 5 คำถาม

3. คำถามเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อความเครียดของการเรียนออนไลน์ ได้แก่ รูปแบบการสอนของอาจารย์ สภาพแวดล้อมรอบข้าง ความพร้อมของอุปกรณ์ และปริมาณงานที่ได้รับ รวมทั้งหมด 15 คำถาม

4. คำถามเกี่ยวกับปัจจัยภายในที่ส่งผลต่อความเครียดของการเรียนออนไลน์ ได้แก่ การปรับตัวของนักศึกษา มุมมองหรือทัศนคติ สมาธิในการเรียนออนไลน์ การเอาใจใส่ขณะเรียนออนไลน์ และแรงจูงใจในขณะเรียนออนไลน์ รวมทั้งหมด 15 คำถาม

5. คำถามเกี่ยวกับระดับของความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ รวมทั้งหมด 9 คำถาม

โดยแบบสอบถามทางผู้วิจัยใช้มาตรวัดรของลิเคิร์ท (Likert Scale) ซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ

| | | |
|---|---|---|
| ระดับการมีส่วนร่วมมากที่สุด | 5 | คะแนน |
| ระดับการมีส่วนร่วมมาก | 4 | คะแนน |
| ระดับการมีส่วนปานกลาง | 3 | คะแนน |
| ระดับการมีส่วนน้อย | 2 | คะแนน |
| ระดับการมีส่วนน้อยที่สุด | 1 | คะแนน |

เกณฑ์การแปลความหายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยในช่วงคะแนนต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| คะแนนเฉลี่ย | 4.21 – 5.00 | มีผลมากที่สุด |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.41 – 4.20 | มีผลมาก |
| คะแนนเฉลี่ย | 2.61 – 3.40 | มีผลปานกลาง |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.81 – 2.60 | มีผลน้อย |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.00 – 1.80 | มีผลน้อยที่สุด |

ข้อมูลจากแบบสอบถามถูกตรวจสอบหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามและวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานด้วยโปรแกรม IBM SPSS

ตารางที่ 2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

| Variables | Conbach's Alpha |
|---|---|
| รูปแบบการสอนของอาจารย์ | .802 |
| สภาพแวดล้อมรอบข้าง | .767 |
| ความพร้อมของอุปกรณ์ | .887 |
| ปริมาณงานที่ได้รับ | .879 |
| การปรับตัวของนักศึกษา | .889 |
| มุมมองหรือทัศนคติ | .869 |
| สมาธิในการเรียนออนไลน์ | .914 |
| การเอาใจใส่ขณะเรียนออนไลน์ | .798 |
| แรงจูงใจในขณะเรียนออนไลน์ | .813 |
| ความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ | .929 |

III.III การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาสรุปผล โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลของประชากรโดยหาความถี่ และค่าร้อยละ

2. วิเคราะห์ปัจจัยภายนอกและภายในของการเรียนออนไลน์และความเครียดทางจิตใจ โดยการหาค่าเฉลี่ย (mean)

3. วิเคราะห์ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในของการเรียนออนไลน์ กับความเครียดทางจิตใจตามด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ที่ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

## IV. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของประชากรกลุ่มตัวอย่างจาก 260 คน

ตารางที่ 3 เพศของนักเรียนสถาบันไทย-ญี่ปุ่น

| เพศ | จำนวน(คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| หญิง | 145 | 55.8 |
| ชาย | 115 | 44.2 |
| รวม | 260 | 100 |

พบว่าส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คือ 145 คน คิดร้อยละ 55.8

ตารางที่ 4 คณะของนักเรียนสถาบันไทย-ญี่ปุ่น

| คณะ | จำนวน(คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| วิศวะกรรมศาสตร์ | 53 | 20.4 |
| เทคโนโลยีสารสนเทศ | 98 | 37.7 |
| บริหารธุรกิจ | 109 | 41.9 |
| รวม | 260 | 100 |

พบว่าเป็นนักศึกษาจากคณะบริหารธุรกิจมากที่สุด 109 คน คิดเป็นร้อยละ 41.9

ตารางที่ 5 ชั้นปีการศึกษาของนักเรียนสถาบันไทย-ญี่ปุ่น

| ชั้นปี | จำนวน(คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| ปี 1 | 80 | 30.8 |
| ปี 2 | 57 | 21.9 |
| ปี 3 | 65 | 25.0 |
| ปี 4 | 54 | 20.8 |
| อื่นๆ | 4 | 1.5 |
| รวม | 260 | 100 |

ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาจากชั้นปีที่ 1 มากที่สุด จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 30.8

ตารางที่ 6 เกรดเฉลี่ยสะสม

| เกรดเฉลี่ย | จำนวน(คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| น้อยกว่า 2.00 | 6 | 2.3 |
| 2.01 - 2.50 | 52 | 20.0 |
| 2.51 - 3.00 | 59 | 22.7 |
| 3.01 - 3.50 | 67 | 25.8 |
| 3.51 ขึ้นไป | 76 | 29.2 |
| รวม | 260 | 100 |

พบว่านักศึกษามีเกรดเฉลี่ยสะสม 3.51 ขึ้นไป มากที่สุด จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 29.2

ตารางที่ 7 ระยะเวลาในการเรียนออนไลน์ที่สถาบันไทย-ญี่ปุ่น

| ระยะเวลา | จำนวน(คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 1 ปี หรือน้อยกว่า | 97 | 37.3 |
| มากกว่า 1 ปี แต่น้อยกว่า 2 ปี | 124 | 47.7 |
| 2 ปี หรือมากกว่า | 39 | 15.0 |
| รวม | 260 | 100 |

พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีระยะเวลาในการเรียนออนไลน์ที่สถาบันไทย-ญี่ปุ่น มากกว่า 1 ปี แต่น้อยกว่า 2 ปี จำนวน 124 คน คิดเป็นร้อยละ 47.7

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของปัจจัยภายนอกของการเรียนออนไลน์ที่ส่งผลต่อความเครียด

| ปัจจัยภายนอกของการเรียนออนไลน์ | N | $\overline{x}$ | Std. Deviation |
|---|---|---|---|
| รูปแบบการสอนของอาจารย์ | 260 | 3.19 | 0.89 |
| สภาพแวดล้อมรอบข้าง | 260 | 3.54 | 1.07 |
| ความพร้อมของอุปกรณ์ | 260 | 3.20 | 1.10 |
| ปริมาณงานที่ได้รับ | 260 | 3.73 | 0.94 |

โดยพิจารณารายข้อพบว่าปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงที่สุด คือ ปริมาณงานที่ได้รับ ($\bar{x}$ = 3.73) รองลงมาคือ สภาพแวดล้อมรอบข้าง ($\bar{x}$ = 3.54) ความพร้อมของอุปกรณ์ในการเรียนออนไลน์ ($\bar{x}$ = 3.20) และรูปแบบการสอนของอาจารย์ ($\bar{x}$ = 3.19) ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของการเรียนออนไลน์ที่ส่งผลต่อความเครียดทางจิตใจ

| ปัจจัยภายในของการเรียนออนไลน์ | N | $\bar{x}$ | Std. Deviation |
|---|---|---|---|
| การปรับตัวของนักศึกษา | 260 | 3.27 | 1.11 |
| ทัศนคติการเรียนออนไลน์ | 260 | 3.75 | 1.09 |
| สมาธิในการเรียนออนไลน์ | 260 | 3.74 | 1.09 |
| เอาใจใส่ในการเรียนออนไลน์ | 260 | 3.70 | 0.98 |
| แรงจูงใจในการเรียนออนไลน์ | 260 | 3.51 | 1.00 |

โดยพิจารณารายข้อพบว่าปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงที่สุดคือ ทัศนคติการเรียนออนไลน์ ($\bar{x}$ = 3.75) รองลงมาคือ สมาธิในการเรียนออนไลน์ ($\bar{x}$ = 3.74) การเอาใจใส่ในการเรียนออนไลน์ ($\bar{x}$ = 3.70) แรงจูงใจในการเรียนออนไลน์ ($\bar{x}$ = 3.51) และ การปรับตัวของนักศึกษา ($\bar{x}$ = 3.27) ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์

| ความเครียดทางจิตใจจากการเรียนออนไลน์ | N | $\bar{x}$ | Std. Deviation |
|---|---|---|---|
| รู้สึกว่ารูปแบบการสอนของอาจารย์ส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.50 | 1.10 |
| รู้สึกว่าสภาพแวดล้อมรอบข้างส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.74 | 1.20 |
| รู้สึกว่าความพร้อมของอุปกรณ์ในการเรียนออนไลน์ส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.33 | 1.23 |
| รู้สึกว่าปริมาณงานที่ได้รับส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.77 | 1.15 |
| รู้สึกว่าการปรับตัวของนักศึกษานั้นส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.44 | 1.16 |
| รู้สึกว่าทัศนคติในการเรียนออนไลน์ส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.41 | 1.24 |
| รู้สึกว่าการตั้งสมาธิในเรียนออนไลน์ซึ่งส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.53 | 1.18 |
| รู้สึกว่าความเอาใจใส่ในการเรียนออนไลน์นั้นส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.49 | 1.22 |
| รู้สึกว่าแรงจูงใจการเรียนออนไลน์นั้นส่งผลให้เกิดความเครียด | 260 | 3.52 | 1.18 |

โดยพิจารณารายข้อพบว่ารู้สึกว่าปริมาณงานที่ได้รับส่งผลให้เกิดความเครียดมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.77) รองลงมา รู้สึกว่าสภาพแวดล้อมรอบข้างส่งผลให้เกิดความเครียด ($\bar{x}$ = 3.74) รู้สึกว่าการตั้งสมาธิในการเรียนออนไลน์ส่งผลให้เกิดความเครียด ($\bar{x}$ = 3.53)

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกของการเรียนออนไลน์และปัจจัยภายในของการเรียนออนไลน์กับความเครียดทางจิตใจด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ที่ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

| Hypotheses | Level of Significant | Correlation Coefficient | Result |
|---|---|---|---|
| H1a รูปแบบการสอนของอาจารย์มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .696** | Reject H1o |
| H2a สภาพแวดล้อมรอบข้างมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน | .001 | .724** | Reject H2o |
| H3a ความพร้อมของอุปกรณ์มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .687** | Reject H3o |
| H4a ปริมาณงานที่ได้รับมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .754** | Reject H4o |
| H5a การปรับตัวของนักศึกษามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .742** | Reject H5o |
| H6a มุมมองหรือทัศคติมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .643** | Reject H6o |

| | | | |
|---|---|---|---|
| H7a ไม่มีสมาธิขณะเรียนออนไลน์มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .683** | Reject H7o |
| H8a การเอาใจใส่ขณะเรียนออนไลนมีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับด้านความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .605** | Reject H8o |
| H9a แรงจูงใจขณะเรียนออนไลน์มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญกับความเครียดจากการเรียนออนไลน์ | .001 | .798** | Reject H9o |

## V. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปผลของการวิจัยออกมาดังนี้

ปัจจัยภายในที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดจากการเรียนออนไลน์มากที่สุด ได้แก่ แรงจูงใจขณะเรียนออนไลน์ รองลงมาคือการปรับตัวของนักศึกษาและไม่มีสมาธิขณะเรียนออนไลน์ ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าจากการที่สถาบันฯ เปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์ทำให้นักศึกษาจากสถาบันฯ หลายๆ คนขาดแรงจูงใจในการที่จะเรียนออนไลน์ไปหรือท้อแท้ เนื่องจากนักศึกษาส่วนใหญ่ต้องนั่งเรียนออนไลน์อยู่ที่บ้านไม่สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับอาจารย์ผู้สอนได้ บวกกับเนื้อหาที่อาจารย์สอนไม่สามารถดึงดูดผู้เรียนได้มากพอ [5] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยพฤติกรรมการตั้งใจเรียนออนไลน์ในสถานการณ์โควิด-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร การปรับตัวหรือทัศนคติต่อการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาโดยแต่เดิมแล้วนักศึกษาเรียนอยู่ในแต่ห้องเรียน แต่พอเกิดสถานการณ์โควิดทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์แบบกระทันหัน ทำให้นักศึกษาบางส่วนปรับสภาพไม่ทันหรืออาจเกิดความไม่คุ้นชิน เช่น เรื่องการบริหารจัดการเวลาการเรียนและทำงานมอบหมายที่ได้รับจากอาจารย์แต่ละท่าน [6] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการบริหารจัดการศึกษารับความปกติใหม่หลังวิกฤตโควิด – 19 การที่นักศึกษาไม่มีสมาธิขณะเรียนออนไลน์ อันเนื่องมาจากการที่นักศึกษาไม่สามารถที่จะจดจ่อกับอาจารย์ผู้สอนได้ ซึ่งสอดคล้องกับที่นักศึกษาไม่มีแรงจูงใจในการเรียนตั้งแต่แรก ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะต้องจดจ่อกับอาจารย์ผู้สอนได้ในเมื่อบทเรียนออนไลน์ไม่สามารถดึงดูดความสนใจของนักศึกษาได้ ทำให้นักศึกษาสูญเสียสมาธิและไม่สามารถจดจ่อกับบทเรียนได้ในที่สุด [7] สอดคล้องกับงานวิจัยการเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาด ของไวรัส COVID-19 : แนวคิดและการประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน

ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดจากการเรียนออนไลน์มากที่สุดได้แก่ ปริมาณงานที่ได้รับ รองลงมาคือความพร้อมของสภาพแวดล้อมรอบข้างและรูปแบบการสอนของอาจารย์ ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าปริมาณงานที่ได้รับเป็นปัจจัยที่ทำให้นักศึกษาเกิดความเครียด ไม่ว่าจะเป็นปริมาณงานที่ได้รับมากเกินไปหรือระยะเวลาที่ต้องส่งน้อยเกินไปและรวมไปถึงความยากง่ายของงานที่ได้รับ ทำให้นักศึกษาไม่สามารถบริหารจัดการเวลาในการทำชิ้นงานนั้นส่งได้ทันในเวลาที่กำหนดส่ง และอาจทำให้นักศึกษาบางคนไม่มีเวลาทบทวนเพื่อหาบทเรียนหรือทำกิจกรรมอย่างอื่นได้ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเครียดในที่สุด [10] สอดคล้องกับบทความ "การบ้านเยอะเหลือเกิน" เรามีการบ้านไปทำไมทำแค่ไหนถึงพอดี ปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบข้างมีส่วนที่ทำให้นักศึกษาเกิดความเครียดเช่นการถูกรบกวนจากเสียงภายนอกหรือเสียงของครอบครัวภายในบ้านรวมไปถึงอากาศที่ร้อนของประเทศไทย ทำให้นักศึกษารู้สึกเครียดในที่สุด [8] สอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาต้นเหตุของความเครียด การตอบสนองต่อความเครียด และการเผชิญความเครียด ตามประสบการณ์การฝึกปฏิบัติการพยาบาล ของนักศึกษาพยาบาล รูปแบบการสอนของอาจารย์มีผลต่อความเครียดนักศึกษาโดยวิธีการสอนของอาจารย์เร็วเกินไปทำให้นักศึกษาตามไม่ทันกับเนื้อหาที่อาจารย์สอนหรือวิธีการสอนของรายวิชานั้นๆไม่เหมาะกับรูปแบบการเรียนการสอนของการเรียนออนไลน์ [9] สอดคล้องกับงานวิจัยรูปแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

## VI. ข้อเสนอแนะ

1. สถาบันฯ ควรรออกแบบและวางแผนกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการปรับตัว ภายใต้สถานการณ์ Covid-19 ที่มีการเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์

2.ควรแนะนำวิธีการปรับตัวแก่นักศึกษาต่อการเรียนออนไลน์

3.ควรลดภาระงาน ให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนออนไลน์ในช่วงสถานการณ์ Covid-19

4.ควรมีการติดตามและให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาที่มีภาวะเครียดจากการเรียนออนไลน์

5.ควรจัดการเรียนการสอนให้นักศึกษารู้สึกผ่อนคลายและเพื่อลดความเครียดแก่นักศึกษา

6.ทางสถาบันควรเปิดช่องทางให้ผู้เรียนได้เข้ามาแจ้งปัญหาจากการเรียนออนไลน์ ที่ไม่ใช่การประเมินผู้สอน เช่น รายวิชาไหนที่มีการบ้านเยอะ โดยที่ไม่ต้องรอให้จบเทอม

7.ควรปรับปรุงระบบอาจารย์ที่ปรึกษาให้มีความเข้มแข็งมากยิ่งขึ้น อาจารย์ต้องคุยกับผู้เรียนเป็นช่วงๆ มีการพูดคุยกัน นัดทานข้าว หรือพูดคุยผ่านทางออนไลน์ เพื่อช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์ให้มากยิ่งขึ้นและไม่ให้ผู้เรียนรู้สึกโดดเดี่ยว ทางผู้วิจัยจึงอยากให้อาจารย์ที่ปรึกษามีบทบาทมากขึ้น

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณ อาจารย์ ธันยพร กณิกนันต์ และ อาจารย์ กานดา ทิวัฒฑานนท์ ที่ให้การช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล จนทำให้การศึกาวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

**เอกสารอ้างอิง**

[1] ศรีจันทร์ พรจิราศิลป์, (2557) ความเครียดและวิธีแก้ความเครียด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสืบค้นจาก http://110.164.147.155/kmhealth_new/Documment/psychiatry/adult/P1.2.10.pdf

[2] จุรนุช จิตราทร, (2557) ความเครียด, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สืบค้นจาก http://110.164.147.155/kmhealth_new/Documment/psychiatry/adult/P1.2.10.pdf

[3] รัชดากร พลภักดี, (2563) การเรียนออนไลน์ (ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเรียนผ่านระบบอนไลน์), วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ สืบค้นจาก http://jhhm.slc.ac.th/wp-content/uploads/2021/07/V7No1-At2.pdf

[4] ธนพรรณ ทรัพย์ธนาดล, (2554) ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา สืบค้นจาก https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/download/8552/7301

[5] ณัฐปคัลภ์ แซ่เอี้ย, (2562) พฤติกรรมการตั้งใจเรียนออนไลน์ในสถานการณ์โควิด-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร สืบค้นจาก https://www.researchgate.net/profile/Psychology-And-Guidance-Silpakorn-2/publication/348364512_phvtikrrmkartangcireiynxxnlinnisthankarnkhowid-19_khxngnaksuksamhawithyalaysilpakr_phrarachwangsnamcanthr/links/5ffabb8e92851c13fe0034df/phvtikrrmkartangcireiynxxnlinnisthankarnkhowid-19-khxngnaksuksamhawithyalaysilpakr-phrarachwangsnamcanthr.pdf

[6] พัชราภรณ์ ดวงชื่น, (2563) การบริหารจัดการศึกษารับความปกติใหม่หลังวิกฤตโควิด – 19 สืบค้นจาก https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jam/article/download/243660/165879/

[7] วิทยา วาโย, (2563) การเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาด ของไวรัส COVID-19 : แนวคิดและการประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน สืบค้นจาก https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RHPC9Journal/article/download/242473/165778

[8] สุนทรี เวปุละ, (2539) การศึกษาต้นเหตุของความเครียด การตอบสนองต่อความเครียด และการเผชิญความเครียด ตามประสบการณ์การฝึกปฏิบัติการพยาบาลของนักศึกษาพยาบาล สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/26651/7/Soontaree_va_front.pdf

[9] สุวัฒน์ บรรลือ, (2560) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/26651/7/Soontaree_va_front.pdf

[10] วณัฐย์ พุฒนาค, (2562) “การบ้านเยอะเหลือเกิน” เรามีการบ้านไปทำไมทำแค่ไหนถึงพอดี,1-5. สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/26651/7/Soontaree_va_front.pdf

[11] กัลยา วานิชย์บัญชา, (2554) สถิติการวิจัย (ฉบับที่ 9) กรุงเทพฯ ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[12] เร็นสิส เอ. ลิเคิร์ท, (2504) รูปแบบการจัดการใหม่ นิวยอร์ค แมคกรอว์-ฮิลล์

## Author Index


| | | | |
|---|---|---|---|
| Adul Phuk-in | 64 | ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน | 60 |
| กนกพร ขจรบุญ | 85 | | 63 |
| กฤษณะ ชินสาร | 55 | | 69 |
| กันต์ธีร์ เจริญเศรษฐศิลป์ | 74 | ดุจดาว ศรีสำราญ | 83 |
| กันติชา กิตติพีรชล | 66 | โทโมโกะ คันดะ | 56 |
| กัลยารัตน์ เชี่ยวชาญ | 81 | ธธนา กมลนรากิธรักษา | 56 |
| กานดา ทิวัฒฑานนท์ | 88 | ธนพล พุกเส็ง | 2 |
| กิตติธัช เมืองใย | 55 | | 53 |
| เกรียงไกร มีเฒ่า | 63 | ธนภรณ์ ตรีเมฆ | 88 |
| เกศินี ซ่อนกลิ่น | 36 | ธนภัทร เกิดแก้ว | 4 |
| โกศวัต รัตโนทยานนท์ | 26 | ธนาเศรษฐ์ กิตติรัตน์ญานิน | 62 |
| ขวัญฤทัย  บุญยะเสนา | 56 | ธันยพร กณิกนันต์ | 87 |
| คณากาญจน์ รักไพฑูรย์ | 29 | | 88 |
| | 44 | ธันยมัย เจียรกุล | 38 |
| จตุพล ศรีวิลาศ | 39 | ธันยมัย ฐิโณทัย โคซากะ | 85 |
| ฉัตรชวิน เจตะภัย | 37 | ธีรภัทร ร่มรื่นสุขารมย์ | 10 |
| ชนินท์ วงษ์ใหญ่ | 39 | นฤดม ต่อเทียนชัย | 4 |
| | 71 | น้ำพร สถิรกุล | 35 |
| | 72 | นิติรัตน์ ตัณฑเวช | 10 |
| ชาญ จารุวงศ์รังสี | 44 | บุญญาดา นาสมบูรณ์ | 35 |
| ญาณิศา อยู่ทองคำ | 38 | | 84 |
| ฐิติชญา ธนมิตรสมบูรณ์ | 67 | บุรินทร์ วิราณุรักษ์ | 52 |
| ณรงค์รัตน์ แต่งตั้ง | 56 | ประสิทธิ์ พงศ์ดำรง | 11 |
| ณัฐกานต์ วิเศษภักดีวงศ์ | 86 | | 12 |
| ณัฐดนัย บุญบางยาง | 4 | ปริญดา ทองกิ่งแก้ว | 5 |
| ณัฐพงษ์ อัครปฐมลักษณ์ | 44 | ปวเรศ เจียเจริญ | 87 |
| ณัฐพศิน ศรเศรษฐศักดิ์ | 87 | ปัณณทัต จอมจักร์ | 59 |
| ณิชกานต์ ไชยจักร์ | 44 | ปิยะวรรณ คอนาแฮน | 37 |
| ดรุวรรณ ปัญญา | 84 | ปุญญิศา เทพมังกร | 49 |
| ดอน แก้วดก | 68 | ผุสดี พรผล | 40 |
| | 75 | พงศ์ศรัณย์ วงศ์ชนเดช | 33 |
| | 76 | พรคิด อั้นขาว | 56 |
| | | | 57 |

## Author Index (Cont.)


| | | | |
|---|---|---|---|
| พรรษมน แซ่อึ้ง | 31 | วุฒิ สุขเจริญ | 5 |
| พลวัต ช่อผูก | 55 | ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย | 76 |
| พาสุข ภัทรสุขสิโรตม์ | 80 | ศตวรรษ รามไชย | 40 |
| พิชิต งามจรัสศรีวิชัย | 31 | ศรชัย อุดมธนาพงศ์ | 53 |
| | 34 | ศรายุทธ นนท์ศิริ | 7 |
| พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ | 42 | | 32 |
| พิสุทธิ์ นวลศิริ | 45 | | 52 |
| พีรยา เศรษฐพัฒน์ | 62 | | 74 |
| ภฤศฐปกร รอดผล | 60 | ศิวพงษ์ นิลวงษ์ | 67 |
| ภัคภูมิ ดิษยวิภาส | 59 | ศิวัช วัฒนวิไลกุล | 40 |
| ภัทรดนัย จันทร์ถาวร | 33 | ศุภาวีร์ มากดี | 7 |
| ภาณุพล สมัยมงคล | 81 | | 32 |
| ภิญรดา แก้วเขียว | 86 | สมบัติ ฝอยทอง | 81 |
| ภูมิกฤตย์ สุภัควนิช | 87 | สมฤดี ตรีพัชรทิพย์ | 75 |
| ภูมินทร์ พานทอง | 37 | สมหมาย บัวแย้มแสง | 39 |
| มนสิชา รัตนแก้วมณี | 87 | | 71 |
| มะรุสดี ยูโซ๊ะ | 30 | | 72 |
| มัฆวัจ มากกุญชร | 66 | สรมย์พร เจริญพิทย์ | 36 |
| มิรา เสงี่ยมงาม | 4 | สหรัฐ สมบัติเปี่ยม | 88 |
| ยศวีร์ วีระกำแหง | 63 | สามารถ มาลานิยม | 68 |
| ยุทธนา คิดใจเดียว | 67 | สิรินยา องคำแหง | 37 |
| รชตะ รุ่งตระกูลชัย | 83 | สิริสุดา บัวทองเกื้อ | 53 |
| รวิวรรณ สงนอก | 32 | สุนทรีย์ ตั้งศรีวงศ์ | 50 |
| รุจิรดา หงวนไธสง | 11 | สุนันทา เกษมสุข | 78 |
| วรัญญู โตชูวงศ์ | 42 | สุนันทา ชูตินันท์ | 56 |
| วรากร ศรีเชวงทรัพย์ | 49 | สุภาพร หาญสกุล | 69 |
| วราวุฒิ ครูส่ง | 42 | สุรีลักษณ์ มะ | 30 |
| วรีสา ชูวัฒนกูล | 42 | อธิวัชร เทียมเมือง | 12 |
| วสันต์ จันทร์สัจจา | 35 | อภิชญา นิ้มคุ้มภัย | 54 |
| วสุรัตน์ คนหาญ | 54 | อภิรักษ์ ภักดีวงษ์ | 39 |
| วัชรินทร์ หนูทอง | 67 | | 71 |
| | 69 | | 72 |
| วาสนา ตรินันท์ | 34 | อภิวิชญ์ ขจรบุญณินทร์ | 59 |
| วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ | 78 | | |

## Author Index (Cont.)


| | |
|---|---|
| อรรณพ หมั่นสกุล | 7 |
| | 52 |
| | 74 |
| อรรถพล ป้อมสถิตย์ | 45 |
| อังค์วราภัชฑ์ ขำนาค | 25 |
| อัจฉริยา สุขเกษม | 11 |
| อัชญา กล้าเวช | 4 |
| | 11 |
| | 12 |
| | 33 |
| อัญชลี สุพิทักษ์ | 69 |
| อัดนา เซนโต๊ะ | 67 |
| | 80 |
| อาสลัน หิเล | 30 |
| เอกรินทร์ วรุตบางกูร | 37 |
| เอกสิทธิ์ ใสยิด | 33 |
| เอมี่ สูงสิริ | 7 |

# สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
# รับสมัคร ป.ตรี ปี 65
# รอบ ADMISSIONS

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**
+ สาขาวิศวกรรมยานยนต์ (AE)
+ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (EE)
+ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ (IE)
+ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ (CE)
+ สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติแบบลีน (RE)

**คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ**
+ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT)
+ สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน (DC)
+ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ (BI)
+ สาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย (MT)

**คณะบริหารธุรกิจ**
+ สาขาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม (MI)
+ สาขาบริหารธุรกิจญี่ปุ่น (BJ)
+ สาขาการจัดการธุรกิจระหว่างประเทศ (IB)
+ สาขาการจัดการทรัพยากรมนุษย์แบบญี่ปุ่น (HR)
+ สาขาการบัญชี (AC) หลักสูตรบัญชีบัณฑิต
+ สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (LM)
+ สาขาการตลาดดิจิทัล (DM)
+ สาขาการจัดการการท่องเที่ยวและการบริการเชิงนวัตกรรม (TH)

TNIC INTERNATIONAL COLLEGE

## THAI-NICHI INTERNATIONAL COLLEGE

## DIRECT ADMISSIONS

+ DIGITAL ENGINEERING (DGE)
+ DATA SCIENCE AND ANALYTICS (DSA)
+ GLOBAL BUSINESS MANAGEMENT (GBM)
+ JAPANESE FOR INTERNATIONAL BUSINESS (JIB)

**มีโอกาสชิงทุนการศึกษา**
**20,000 บาท**
*เงื่อนไขตามที่สถาบันกำหนด

**" Be Different, Be Inspired "**

✗ ไม่ใช้ TCAS
✗ ไม่ใช้คะแนน GAT/PAT, O-NET
✗ ไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานภาษาญี่ปุ่น

**สมัคร l สอบ l รู้ผลใน 1 วัน**
**รับส่วนลดแรกเข้า 5,000 บาท**
**สมัคร วันนี้ - 10 มิ.ย. 65**

www.tni.ac.th

**สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น**
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ
แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
Tel. 0-2763-2601-5
E-mail: tniinfo@tni.ac.th Website: www.tni.ac.th