



สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Thai-Nichi Institute of Technology

泰日工業大学

สร้างนักคิด ผลิตนักปฏิบัติ สร้างนักประดิษฐ์ ผลิตนักบริหาร

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

TNI Journal of Engineering and Technology

ISSN (Print) 2351-0056 ISSN (Online) 2672-9989 ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2562

- ⚙ A Design and Development of Proactive Information Systems for Medical Communication 1
Boonyarit Sripan, Anantakul Intarapadung, Rerngwut Choomung, Wut Sookcharoen
- ⚙ A Prototype of Reverse Vending Machine for Garbage Bank Project 7
Egkarin Watanyulertsakul, Vanasa Sinchangreed, Surajate On-rit
- ⚙ An Alarm and Monitoring System for the Elderly via a WiFi Network 15
Kiattisin Kanjanawanishkul, Kanokwan Bunkon, Nawaporn Ladkeaw,
Noppachai Khongcharern
- ⚙ Application of Lean Six Sigma in Wine Glass Manufacturing Industry 22
Panuwat Tanasanskulwong, Ussanee Purintrapiban
- ⚙ Design Investigation Quality System of Rice Grain Phenotype by Using Digital Images 32
Combined with Machine Learning
Kulwadee Tanwong, Poonpong Suksawang, Yunyong Punsawad, Chalatip Thumkanon
- ⚙ Development of Adventure Game Base on Cybernetics Paradigm for 41
Increasing Playing Engagement: A Case Study of Road Code
Peerapong Trakulphat, Ratanachote Thienmongkol
- ⚙ Forecasting and Purchasing Planning 49
for Shelf Life-Limited Instruments Equipment Spare Parts
Sasithorn Kitti-udomporn, Suwitchaporn Witchakul

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

TNI Journal of Engineering and Technology

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2562 Vol. 7 No. 1 January - June 2019

ISSN (Print) 2351-0056 ISSN (Online) 2672-9989

ความเป็นมา

ด้วยสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีนโยบายสนับสนุนการเผยแพร่บทความจากผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความรู้แก่สังคม โดยเฉพาะภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม จึงได้จัดทำวารสารวิชาการ คือ วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่ผลงานวิจัยสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพ
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางการวิจัยในสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
3. เพื่อพัฒนาศักยภาพทางการวิจัยสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์

ขอบเขตเนื้อหา

บทความวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี เทคโนโลยีสารสนเทศ มัลติมีเดีย

กำหนดออกเผยแพร่

วารสารตีพิมพ์เผยแพร่ราย 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ)

- ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน
- ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

เจ้าของ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น (Thai-Nichi Institute of Technology : TNI)

1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

1771/1 Pattanakarn Rd., Suanluang, Bangkok 10250

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

กองบรรณาธิการ

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์ ชีระมั่นคง | สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์ จันทน์ไทย | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.อดิสร ลีลาสันติธรรม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 5. รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ พงษ์ยุพินพานิช | มหาวิทยาลัยรามคำแหง |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล อันตรเสน | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์ | สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น |

คณะกรรมการดำเนินงาน

1. อาจารย์ ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิ สุขเจริญ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ หมั่นสกุล
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต อนุญาหงษ์
7. อาจารย์ ดร.เอิบ พงษ์หงอ
8. นางสาวสุพิศ บายคายคม
9. นางสาวนริชา อินทร์ศรี
10. นางสาวจุฑามาศ ประสพสันต์
11. นางสาวพิมพ์รต พิพัฒน์กุล
12. นางวรีรัตน์ แม่นยำ

การติดต่อกองบรรณาธิการ

1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

Tel. 0-2763-2600 (ต่อ 2752, 2704) Fax. 0-2763-2754

website : <https://www.tci-thaijo.org/index.php/TNIJournal> e-mail : journaleng@tni.ac.th

บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียน
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบใดๆ ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เตชะอำไพ
ศาสตราจารย์ ดร.รัชนีกร ธรรมวิชัย
ศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ วูวงศ์
ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา
ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์
รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช
รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญะ เกียรติวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงค์
รองศาสตราจารย์ ดร.พัชราภรณ์ ญาณภีริต
รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรภรณ์ อธิชัยกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ มุ่งวัฒนา
รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา
รองศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตะเจียร
รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต กิตติสุวรรณ
รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล วรดิษฐ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุพิทักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
อาจารย์ ดร.บุญศรีกา เกษมสันติธรรม
อาจารย์ ดร.เจนจบ วีระพานิชเจริญกิจ
Prof. Dr.Michiko OHKURA
Dr. Masayuki FUJISE

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์
รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล อันตรเสน
รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
St.Cloud State University, USA.
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
Shibaura Institute of Technology, Japan
National Institute of Information and
Communications Technology, Japan
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์

รองศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธิ พงศ์ชัยฤกษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมล แสนอ๋ม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทวัฒน์ ไชยชนะวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อัญชลี สุพิทักษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย นิเวศน์รังสรรค์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติพร เลิศรัตน์เดชากุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจักษ์ เจ็ดโถม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ตรีนัน เมตต์การุณจิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษม ทิพย์ธาราจันทร์

อาจารย์ ดร.สะพรั่งสิทธิ มณฑุสาทร

อาจารย์ ดร.กรกฎ เหมสถาปัตยกรรม

อาจารย์ ดร.กัณติชา กิตติไพรัช

อาจารย์ ดร.ธีรพล ศิลาวรรณ

อาจารย์ ดร.ดอน แก้วดก

อาจารย์ ดร.เอกอุ ธรรมกรบัญญัติ

อาจารย์ ดร.พาสน์ ทีมทรัพย์

อาจารย์ ดร.บุษราพร เหลืองมาลาวัฒน์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

บทบรรณาธิการ

ในสถานการณ์โลกที่กำลังเผชิญกับสงครามทางการค้าระหว่างประเทศมหาอำนาจทางเศรษฐกิจ ในยุคปัจจุบัน การเสริมสร้างศักยภาพด้านการวิจัยเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรมนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ การวิจัยทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับ นโยบายการส่งเสริม 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ ซึ่งได้แก่ 1) อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ 2) อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ 3) อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวกลุ่มรายได้ดี และการท่องเที่ยวเชิง สุขภาพ 4) อุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ 5) อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร 6) หุ่นยนต์ เพื่ออุตสาหกรรม 7) อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์ 8) อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ 9) อุตสาหกรรมดิจิทัล และ 10) อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มพูน องค์ความรู้ทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การพัฒนาสังคม ศิลปวัฒนธรรมและภาษา รวมถึงการประยุกต์ องค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจเพื่อเป้าหมายการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนและมั่นคง

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ ทางวิชาการที่จะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการและการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ จึงได้จัดทำ วารสารฉบับนี้ขึ้นเพื่อเป็นช่องทางสำหรับนักวิจัยและนักวิชาการในการเผยแพร่ผลงานสู่สาธารณะ วารสาร ฉบับนี้จึงเป็นวารสารสำหรับนักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานในด้านงานวิศวกรรมและ เทคโนโลยี

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ กองบรรณาธิการยินดีรับทุกบทความจากผลงานวิจัย ที่นำเสนอให้คณะกรรมการกลั่นกรองพิจารณา ดังนั้น ผู้สนใจที่จะร่วมเผยแพร่ผลงาน ความรู้และประสบการณ์ สามารถศึกษาและจัดเตรียมบทความจาก คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความและนำเสนอบทความได้ที่กองบรรณาธิการเพื่อเสนอต่อคณะกรรมการ กลั่นกรองบทความพิจารณาจัดพิมพ์ในวารสารต่อไป และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้ จะเป็น ประโยชน์ต่อนักวิจัย นักวิชาการ นักการศึกษาและผู้ประกอบการธุรกิจทุกภาคส่วน

รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์
บรรณาธิการ

สารบัญ

- 1 **A Design and Development of Proactive Information Systems for Medical Communication**
Boonyarit Sripan, Anantakul Intarapadung, Rerngwut Choomung, Wut Sookcharoen
- 7 **A Prototype of Reverse Vending Machine for Garbage Bank Project**
Egkarin Watanyulertsakul, Vanasa Sinchangreed, Surajate On-rit
- 15 **An Alarm and Monitoring System for the Elderly via a WiFi Network**
*Kiattisin Kanjanawanishkul, Kanokwan Bunkon, Nawaporn Ladkeaw,
Noppachai Khongcharern*
- 22 **Application of Lean Six Sigma in Wine Glass Manufacturing Industry**
Panuwat Tanasanskulwong, Ussanee Purintrapiban
- 32 **Design Investigation Quality System of Rice Grain Phenotype by Using Digital Images
Combined with Machine Learning**
Kulwadee Tanwong, Poonpong Suksawang, Yunyong Punsawad, Chalatiip Thumkanon
- 41 **Development of Adventure Game Base on Cybernetics Paradigm for Increasing Playing
Engagement: A Case Study of Road Code**
Peerapong Trakulphat, Ratanachote Thienmongkol
- 49 **Forecasting and Purchasing Planning for Shelf Life-Limited Instruments Equipment
Spare Parts**
Sasithorn Kitti-udomporn, Suwitchaporn Witchakul
- 59 **Improving the Performance of an Image Classification with Convolutional Neural
Network Model by Using Image Augmentations Technique**
Pimpa Cheewaparakobkit
- 65 **Research Kaizen of Standardized Work Analysis with Motion Study by Time Prism
Software (Case study: Textile Industry)**
Vithinut Phakphonhamin
- 73 **Strategic Approach to Adopt ICT in SMEs**
Prajak Chertchom, Senshu Yoshii, Patsama Charoenpong, Tanasin Yatsungnoen

การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสาร ทางการแพทย์

A Design and Development of Proactive Information Systems for Medical Communication

บุญยฤทธิ์ ศรีปาน*¹ อนันตกุล อินทรผดุง*² เรืองวุฒิ ชูเมือง*³ วุฒิ สุขเจริญ*⁴
Boonyarit Sripan*¹ Anantakul Intarapadung*² Rerngwut Choomung*³ Wut Sookcharoen*⁴

*หลักสูตรปริญญาเอกสาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
*PhD program of Technology Management, Industrial Technology Faculty, Phranakhon Rajabhat University
¹info@sripan.com
²Anantakul@gmail.com

*หลักสูตรปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
*Bachelor of Mechatronics Engineering, Engineering Faculty, Thaksin University
³Rerngwut.ch@gmail.com

@หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาวิชาการวางแผนและการจัดการเชิงกลยุทธ์สำหรับผู้ประกอบการ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
@Master of Business Administration Program in Strategic Planning and Management for Entrepreneurs, Thai-Nichi Institute of Technology
⁴wut@tni.ac.th

รับต้นฉบับ: 4 พฤษภาคม 2562; รับบทความฉบับแก้ไข: 26 พฤษภาคม 2562; ตอรับบทความ: 28 พฤษภาคม 2562
เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ เพื่อรองรับการสื่อสารระหว่างบุคลากรทางการแพทย์กับบุคคลทั่วไป โดยนำมาออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกบนสถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์แบบมัลติเทียร์ (Multi-Tier) ที่แบ่งการทำงานของระบบสารสนเทศเป็น 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบค้นหาเชิงรุก (Proactive Search System) ทำหน้าที่ในการค้นหาข้อมูลคำถามทางการแพทย์เชิงรุกที่เกิดขึ้นบนเว็บไซต์สาธารณะ 2) ระบบจัดการข้อมูล (Enquiry Management) ทำหน้าที่ในการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลคำถามและคำตอบทาง การแพทย์

ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศในส่วนของการค้นหาเชิงรุก ระบบสามารถค้นพบคำถามที่เกิดขึ้นผ่านทางอินเทอร์เน็ตที่ปรากฏบนเว็บไซต์สาธารณะในช่วงเดือน มกราคม ถึงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2561 ค้นพบจำนวนคำถาม 621 คำถาม เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันปี พ.ศ. 2560 พบว่าผลที่ได้ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศค้นหาเชิงรุกมีจำนวนคำถามทางการแพทย์เพิ่มขึ้น 43% และผลการประเมินด้านระบบจัดการข้อมูล จากการประเมินโดยผู้ใช้งาน ระบบมีความรวดเร็วและถูกต้องมากที่สุดในการค้นหาคำถามทางการแพทย์ และมีความพึงพอใจมากที่สุดในการตอบคำถามทาง

การแพทย์ ดังนั้นสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ เป็นสถาปัตยกรรมที่ช่วยในการเข้าถึงคำถามทางการแพทย์นำไปสู่การสื่อสารเชิงรุกระหว่างแพทย์กับบุคคลทั่วไป คนไข้ และครอบครัวของคนไข้ ที่สามารถลดช่องว่างทางการแพทย์ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : สถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุก, การสื่อสารทางการแพทย์เชิงรุก

Abstract

This research aims to develop proactive information system architecture for medical communication to be used for proactive communication between medical personnel and the general public. The obtained results will be used for design and develop the proactive information system architecture by using techniques for developing a Multi-Tiered Client-Server Architecture with the structure of the computer network system communicates between computers. The system will be divided into two systems: 1) Proactive Search System serves to search for proactive medical information and question taking place on

the public website 2) Enquiry Management serves to record and store medical questions and answers.

With researching about the proactive information system evaluation for medical communications in term of effectiveness, we are found 621 questions through the internet on the public website between January and June 2018. When compared to the same period on 2017, it is found that medical questions increased by 43% and the performance evaluation is the fastest and the most accurate in finding a medical question, and the most satisfied in responding to medical questions. Therefore, the proactive information system architectures for medical communication is an architecture that helps to access medical questions and leads to the proactive communication between medical personnel and general person, patient and the patient's family, which can reduce the medical gap.

Keywords: proactive information system architecture, proactive medical communication

1) บทนำ

การสื่อสารเชิงรุกเป็นการสื่อสารข้อมูลโดยตรงที่ลูกค้าไม่ได้รับรองขอโดยตรงจากโรงพยาบาล เป็นการวางแผนการค้นหาคำถามทางการแพทย์เพื่อใช้ในการสื่อสารกับลูกค้าไว้ล่วงหน้า แสดงออกถึงความต้องการที่จะให้ข้อมูลทางการแพทย์ นำไปสู่การรับรู้ข้อมูลและความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านทางการแพทย์ของโรงพยาบาล[1] ได้สำรวจพฤติกรรมผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ประชากรส่วนใหญ่ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสำหรับการสื่อสารร้อยละ 94.1 คนไทยนิยมซื้อของออนไลน์มากขึ้นและการอ่านความคิดเห็นของผู้เคยใช้สินค้าอินเทอร์เน็ตมีบทบาทและมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมาก เพราะทำให้วิถีชีวิตเราทันสมัยและทันเหตุการณ์อยู่เสมอเนื่องจากอินเทอร์เน็ตจะมีการเสนอข้อมูลข่าวสารปัจจุบัน และสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นทำให้ผู้ใช้ทราบการเปลี่ยนแปลงไปทุกวัน มีความสะดวกในการเข้าถึง จึงทำให้กลายเป็นพฤติกรรมการสอบถามข้อมูลทางการแพทย์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต เพื่อสื่อสารข้อมูลก่อนการตัดสินใจก่อนเข้ามาใช้บริการในโรงพยาบาล ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การสอบถามโดยตรงผ่านทางหมายเลขโทรศัพท์ การส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การสอบถามจากญาติ การสอบถามผ่านทางโซเชียลมีเดียและการสอบถามผ่านทางเว็บไซต์ ดังนั้นปัญหาในการสื่อสารทางการแพทย์ที่เกิดขึ้นเป็นการสื่อสารแบบเชิงรับ ที่โรงพยาบาลรอให้มีการติดต่อสอบถามมายังโรงพยาบาล และไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการสอบถามข้อมูลทางการแพทย์ในปัจจุบัน เป็นการสอบถามผ่านทางเว็บไซต์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ของโรงพยาบาลมากขึ้น [2]

จากหลักการและเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะมีการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ และนำมาทดลองใช้เพื่อจะทำให้ได้ทราบถึงความต้องการข้อมูลทางการแพทย์ที่มีต่อโรงพยาบาลในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นการค้นหาคำถามแบบเชิงรุกโดยที่ผู้ถามไม่ได้รับรองมายังโรงพยาบาลโดยตรง เสริมสร้างให้เกิดการสื่อสารข้อมูลจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ทำให้เกิดความสัมพันธ์อันดีจากการสื่อสาร ได้รู้จักข้อมูลแพทย์และโรงพยาบาล และมีความเข้าใจในความรู้ทางการแพทย์อย่างถูกต้อง นำไปสู่การตอบสนองด้านการสื่อสารข้อมูลทางการแพทย์ได้

อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล วัดได้จากการประเมินผลจากผู้ใช้งาน ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านจำนวนผลที่ค้นพบ คำถามทางการแพทย์ ด้านความรวดเร็ว ด้านความถูกต้องของข้อมูล และด้านความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศ ด้วยแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD)

2) วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวคิดการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุก
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์
3. เพื่อประเมินผลระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์

3) อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

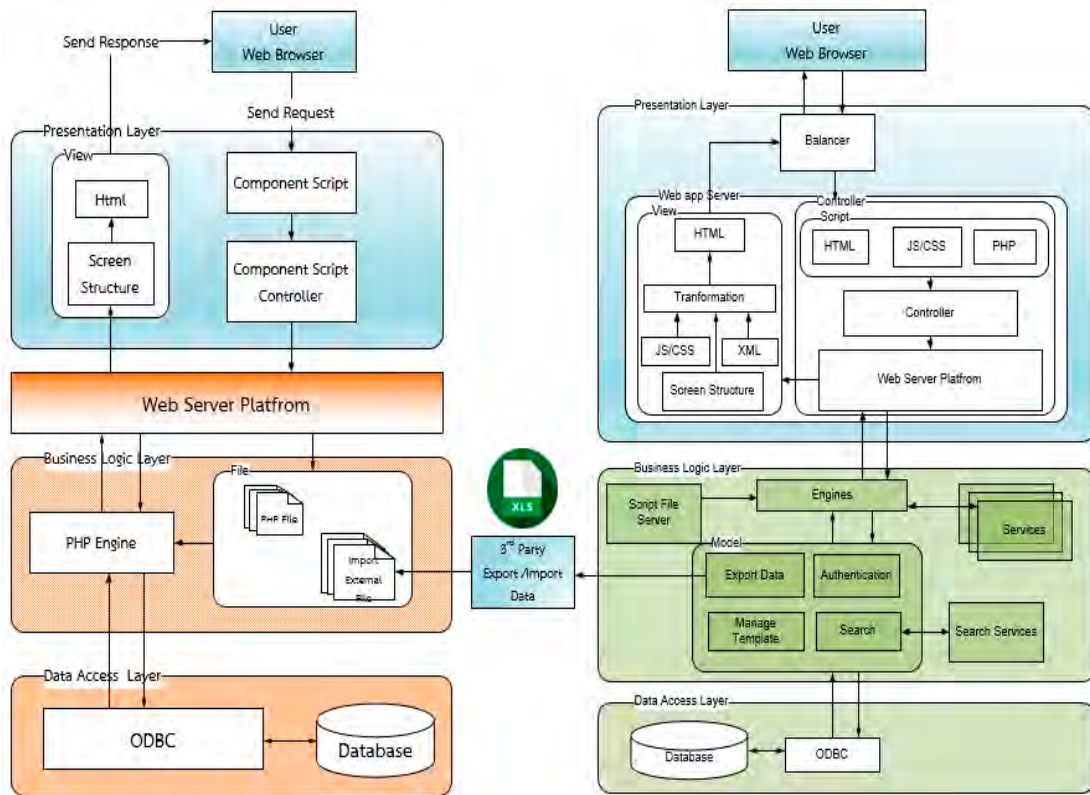
ผู้วิจัยได้มีการประเมินความต้องการของระบบสารสนเทศ โดยการสังเกตแบบมีส่วนร่วมกับการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์เป็นการสังเกตแบบมีโครงสร้าง เพื่อศึกษาข้อมูลความต้องการต่างๆ มาใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุก ด้วยวิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์ แบบลำดับขั้น (Waterfall Model) และประเมินการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศก่อนนำไปพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุก ขั้นตอนหลังจากการพัฒนาเรียบร้อยแล้วจะเป็นการนำมาใช้งานโดยบุคลากรทางการแพทย์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานระบบสารสนเทศนำมาประเมินผลในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผล

4) ผลการวิจัย

ผลการศึกษานำมาสู่สถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุกและการสังเกตแบบมีส่วนร่วมสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ ผู้วิจัยได้สรุปเป็นภาพรวมขั้นตอนการทำงานของสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุก ออกเป็นขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการค้นหาคำถามทางการแพทย์แบบเชิงรุก 2) ขั้นตอนการจัดการข้อมูล 3) ขั้นตอนการตอบคำถามของแพทย์ 4) ขั้นตอนการส่งคำตอบไปยังผู้รับสาร

การประยุกต์ใช้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุก ด้วยเทคนิคพัฒนาสถาปัตยกรรม แบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์แบบมัลติไเยอร์ (Multi-Tier) ที่มีโครงสร้างการทำงานของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ติดต่อสื่อสารกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ การทำงานของสถาปัตยกรรม ระบบสารสนเทศเชิงรุกแบ่งการทำงานเป็นระบบย่อย 2 ระบบ ได้แก่

1. ระบบค้นหาคำถามทางการแพทย์
2. ระบบจัดการคำถาม

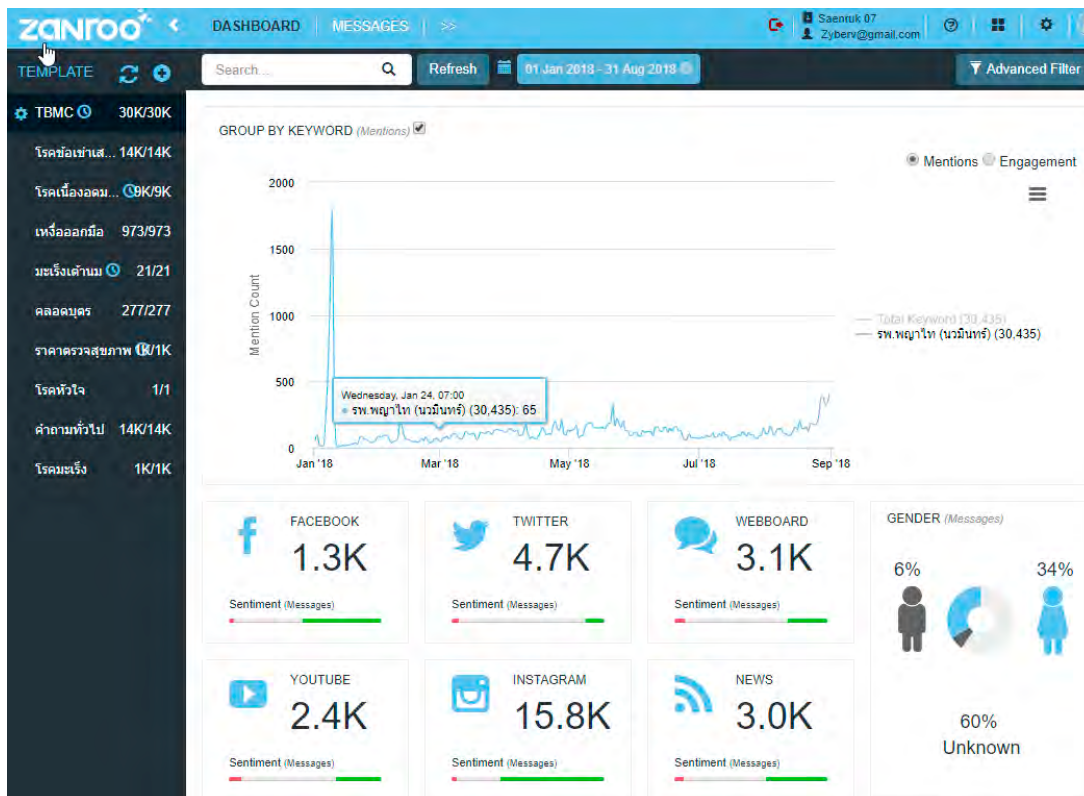


ภาพที่ 1: สถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์

ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ (Proactive communication management system: ชื่อย่อ PCMS) เป็นการประยุกต์ทางด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ [3] สำหรับใช้ในการจัดการคำถามทางการแพทย์ มีโครงสร้างพื้นฐานของระบบสารสนเทศ แบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อย ดังนี้

1. ระบบค้นหาคำถามทางการแพทย์ (Proactive Search System) ทำหน้าที่ในการค้นหาคำถามทางการแพทย์มีการแสดงผลในส่วนติดต่อผู้ใช้ (Front-end) ประกอบด้วยระดับชั้นต่างๆ ได้แก่ ชั้น Presentation Layer เป็นการประมวลคำสั่งและแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ แสดงผลสรุปการค้นหาข้อมูลคำถามทางการแพทย์ ชั้น Business Logic Layer เป็นการกำหนดรูปแบบขั้นตอนการทำงานของระบบสารสนเทศ เช่น การตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน การค้นหาข้อมูล การกำหนดแบบกลุ่มคำ และการส่งออกผลลัพธ์การค้นหาข้อมูล และชั้น Data Access Layer เป็นการเข้าถึงและเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2

2. ระบบจัดการคำถาม (Enquiry Management) ทำหน้าที่ในการจัดการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลคำถามที่นำเข้ามาจากส่วนการค้นหาและบันทึกข้อมูลของการสื่อสารที่เรียงลำดับตามข้อมูลคำถามที่เกิดขึ้นประกอบด้วยระดับชั้นต่างๆ ได้แก่ ชั้น Presentation Layer เป็นชั้นประมวลคำสั่งและแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ชั้น Business Logic Layer ทำหน้าที่กำหนดขั้นตอนรับข้อมูล เพื่อนำไปสู่การแสดงผลและจัดเก็บลงฐานข้อมูล ในชั้น Data Access Layer เป็นการเข้าถึงและเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามของแพทย์ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การแสดงผลการค้นหาข้อมูลคำถามทางการแพทย์ (Proactive Search System)

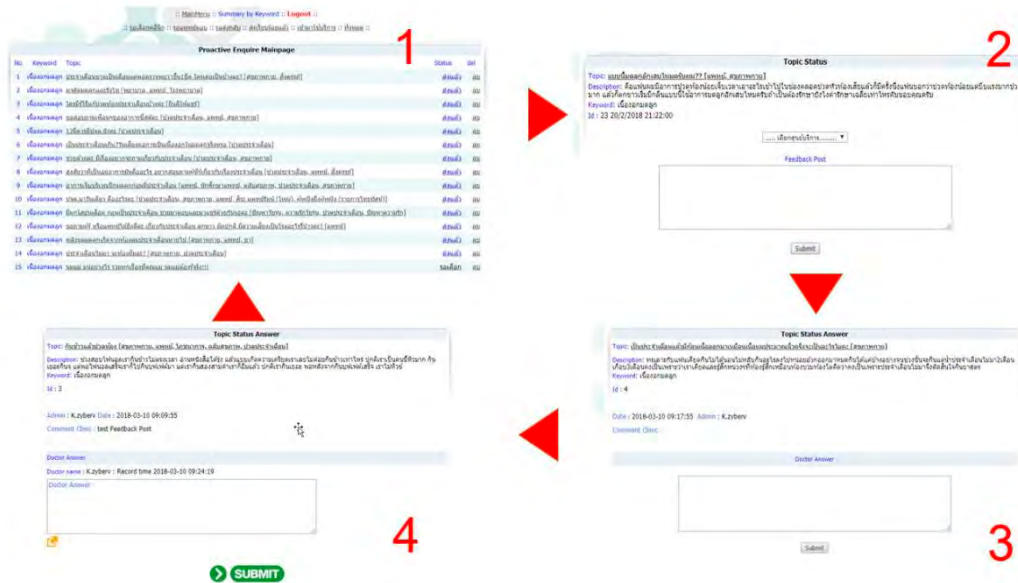
Welcome **Nethathai Cha**

:: MainMenu :: Summary by Keyword :: Logout ::

:: Clinic :: Doctor Response :: Sending :: Sending Finish :: Client Visit :: Over All ::

No	Keyword	Topic	Status	N/A
1	เนื้องอกมดลูก	ปวดท้องเหมือนมีแต่ไม่มีเมิน [ปวดประจำเดือน, แพทย์, สุขภาพกาย]	ส่งแล้ว	
2	เนื้องอกมดลูก	ประจำเดือนขาดแต่ตรวจแล้วไม่ท้อง [ตั้งครรภ์, สังคมคนแม่, ครอบครัว]	ส่งแล้ว	
3	เนื้องอกมดลูก	ปวดท้องน้อยด้านขวาแล้วมาถึงต้นขา อายากรู้ว่าเป็นอะไร [โรงพยาบาล, คลื่นไส้, สุขภาพกาย, แพทย์, ปวดประจำเดือน]	ส่งแล้ว	
4	เนื้องอกมดลูก	ใบแจ้งเด็ก ท้อง7สัปดาห์ จิตตก งง กับการวินิจฉัยของหมอ [ตั้งครรภ์]	ส่งแล้ว	
5	เนื้องอกมดลูก	ขอสอบถามผู้เคยประสบเหตุการณ์แบบนี้จะ []	ส่งแล้ว	
6	เนื้องอกมดลูก	ตอนที่รู้ตัวว่าตั้งครรภ์ รู้สึกยังงั้นบ้างคะ ทั้งตัวเอง สามี และคนรอบข้าง [ตั้งครรภ์, วางแผนครอบครัว, คนที่คอยดูแลเมื่อใหม่, สุขภาพจิต, ฝากครรภ์]	ส่งแล้ว	
7	เนื้องอกมดลูก	ปวดท้องน้อยด้านขวาล่าง และได้สะดือ [แพทย์, สุขภาพกาย, คลื่นไส้, ระบบร่างกาย]	ส่งแล้ว	
8	เนื้องอกมดลูก	น้ำซึ่งช่วยต่อการปวดประจำเดือนได้จริงหรือคะ? [ปวดประจำเดือน, สุขภาพกาย, ยา, คลื่นไส้, การปฐมพยาบาล]	ส่งแล้ว	
9	เนื้องอกมดลูก	ปวดท้องตรงสะดือ? [ปวดประจำเดือน, โรงพยาบาล, สุขภาพกาย, ระบบขับถ่าย (Excretory System)]	ส่งแล้ว	
10	เนื้องอกมดลูก	ปวดท้องประจำเดือนกับปวดท้องตลอดอะไรเจ็บกว่ากัน [ปวดประจำเดือน, มึนงงถึงมึนงง (รายการโทรทัศน์), สุขภาพกาย]	ส่งแล้ว	
11	เนื้องอกมดลูก	เอาชีวิตรอดเข้าไปสักใหม่ถึงจะเจอปากมดลูก [สุขภาพกาย, แพทย์, คลื่นไส้, ปวดประจำเดือน, โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์]	ส่งแล้ว	
12	เนื้องอกมดลูก	แบบไม่ยา [ปวดประจำเดือน, ยา]	ส่งแล้ว	
13	เนื้องอกมดลูก	ตรวจบีบสาวขึ้น 2 ซีด ตอน 6 วัค เลือดออก ไม่ท้องได้หรือไม [ตั้งครรภ์]	ส่งแล้ว	
14	เนื้องอกมดลูก	ประจำเดือนสีน้ำตาล [ปวดประจำเดือน, สุขภาพกาย, มึนงงถึงมึนงง (รายการโทรทัศน์), แพทย์, ยา]	ส่งแล้ว	
15	เนื้องอกมดลูก	หลังจากแท้งลูกได้ 3 สัปดาห์ก็มีเลือดเหมือนประจำเดือนแต่เป็นสีน้ำตาลและน้อยมาก มีใครเคยเป็นอาการแบบนี้บ้างคะ [ตั้งครรภ์, ฝากครรภ์, แพทย์, ปวดประจำเดือน, สังคมคนแม่]	ส่งแล้ว	
16	เนื้องอกมดลูก	ปวดท้องน้อยขวามาปวดถึงขา ยังคัดค้านอีก อาการแบบนี้เหมือนคนท้องไหมคะ [ตั้งครรภ์, สุขภาพกาย, ปวดประจำเดือน, ระบบร่างกาย, แพทย์]	ส่งแล้ว	
17	เนื้องอกมดลูก	ผัดข้อข้อโกและข้อที่รังไข่ด้านซ้ายออกไป พร้อมกับตัดท่อนำไข่ด้านซ้ายออกไปด้วย จะมีโอกาสท้องได้ไหมคะ [แพทย์, ตั้งครรภ์, ฝากครรภ์]	ส่งแล้ว	
18	เนื้องอกมดลูก	ประจำเดือนขาดเป็นเดือนแต่ตรวจพบว่าขึ้น1ขีด ใครเคยเป็นบ้างคะ? [สุขภาพกาย, ตั้งครรภ์]	ส่งแล้ว	

ภาพที่ 3 การแสดงรายการคำถามทางการแพทย์ (Enquiry Management)



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการจัดการคำถามทางการแพทย์

กลุ่มข้อมูลคำถามทางการแพทย์ที่ใช้สำหรับค้นหา เป็นกลุ่มคำถามที่ส่งมายังโรงพยาบาลเกิดขึ้นทั้งหมดในช่วงปี พ.ศ. 2558-2560 มีจำนวน 3,073 คำถาม การคัดเลือกตัวอย่างคำถามจำนวน 341 คำถาม [4] และเรียงลำดับกลุ่มตัวอย่างคำถามอย่างมีระบบ จากค่าช่วงกว้างข้อมูลเท่ากับ 9 ช่วง ของการสุ่มตัวอย่าง ($k=N/n$: k =ค่าช่วงกว้างของการสุ่มตัวอย่าง, N =จำนวนตัวอย่างทั้งหมด, n =จำนวนตัวอย่างที่ต้องการ) โดยจะพิจารณาคัดเลือกจากคำถามทั้งหมดที่เกิดขึ้นผ่านทางอินเทอร์เน็ต ที่เกิดจากการสอบถามผ่านช่องทาง เว็บไซต์ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ โซเชียลมีเดีย และอื่น ๆ ได้แก่ ราคา รักษา อาการ ตรวจสุขภาพ เท้าไห้ แพดเกจ มีอาการ ค่าใช้จ่าย อาการปวดหัว ปรีกษาอาการ ค่าตรวจ อาการเจ็บ มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก โปรโมชันการผ่าตัด หมอรักษา การตรวจ ปรีกษาโรค เนื้องอกในโพรงมดลูก ค่าคลอด หมอนรองกระดูกเสื่อม มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก การตรวจปรีกษาโรคเนื้องอกในโพรงมดลูก ค่าคลอด และค่ารักษาลำไส้อักเสบ และกลุ่มตัวอย่างคำถามที่มีความแตกต่างระหว่างเพศชายและเพศหญิง เป็นต้น

5) สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลสรุปการศึกษาแนวคิดสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุกและการสังเกตแบบมีส่วนร่วมสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4

ขั้นตอนการทำงานของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศเชิงรุก แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) ขั้นตอนการค้นหาคำถามทางการแพทย์แบบเชิงรุก
- 2) ขั้นตอนการจัดการข้อมูล
- 3) ขั้นตอนการตอบคำถามของแพทย์
- 4) ขั้นตอนการส่งคำตอบไปยังผู้รับสาร

ขั้นตอนที่ 1 การแสดงรายการคำถามทางการแพทย์ที่ได้จากการค้นหาคำถามทางการแพทย์แบบเชิงรุก ผู้ใช้สามารถกดลิงค์ไปยัง

แหล่งที่มาของคำถามได้ และผู้ใช้งานสามารถเลือกรายการที่ต้องการตอบคำถาม

ขั้นตอนที่ 2 การจัดการข้อมูลที่ใช้ผู้ใช้งานสามารถเลือกประเภทของศูนย์บริการทางการแพทย์ ที่ต้องการส่งไปยังบุคลากรแพทย์ทำการตอบคำถาม

ขั้นตอนที่ 3 การตอบคำถามของแพทย์ เป็นการเสนอแนะคำตอบที่ต้องการให้ความรู้กับผู้ตั้งคำถาม

ขั้นตอนที่ 4 การส่งคำตอบไปยังผู้รับสาร เป็นขั้นตอนการนำคำตอบไปเผยแพร่ยังแหล่งที่มาของคำถามทางการแพทย์ที่ปรากฏอยู่ในเว็บไซต์สาธารณะ

ผลสรุปการประเมินการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกโดยผู้เชี่ยวชาญระบบสารสนเทศ พบว่ามีความคิดเห็นต่อระบบสารสนเทศเชิงรุก โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นที่เหมาะสมต่อขั้นตอนการสื่อสารเชิงรุก สามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่าย สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง มีการแสดงผลรายการคำถามได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยมีระบบ PCMS เป็นเครื่องมือในการค้นหาคำถามและบันทึกข้อมูลคำตอบจากแพทย์ เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ตั้งคำถามได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ โจเซ่ บลาส [5] การสื่อสารเป็นกระบวนการระหว่างคนอย่างน้อยสองคนที่เริ่มต้นขึ้นเมื่อคนหนึ่งต้องการที่จะสื่อสารกับผู้อื่น การสื่อสารสามารถส่งความคิดและอารมณ์ จากคนที่ต้องการสื่อสารที่เรียกว่าผู้ส่ง ไปยังบุคคลอื่นที่เป็นผู้รับสาร ผู้ส่งจะต้องสามารถเข้าใจ ความหมายที่มักจะเป็นคำ แต่สามารถสื่อสารด้วยภาพเสียงหรือความรู้สึก เพียงผ่านสัญลักษณ์ของผู้ส่งมีความหมายสำหรับคนอื่น ๆ

ผลสรุปจากการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุก โดยการพัฒนาระบบ PCMS แบ่งเป็นระบบย่อย 2 ระบบ ได้แก่ ระบบค้นหาคำถามทางการแพทย์ และระบบจัดการคำถาม เป็นการพัฒนาด้วยเทคนิคไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ แบบมัลติเทียร์ (Multi-Tier) ระบบสารสนเทศเชิงรุกที่ใช้ค้นหาข้อมูลคำถามที่ปรากฏอยู่บนเว็บไซต์สาธารณะ สามารถเข้าใช้งาน

ได้ง่าย มีความรวดเร็วและถูกต้องของข้อมูล ที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลจากบุคลากรทางการแพทย์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ [6] ได้กล่าวถึงยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีและ Thailand 4.0 เป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยอาศัยเทคโนโลยีมาสร้างกิจกรรมทางเศรษฐกิจ พัฒนารัฐกิจหรืออุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างคุณค่าเพิ่มให้กับผลผลิตมวลรวมของประเทศ และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ [7] ระบบสารสนเทศเป็นข้อมูลข่าวสารที่ผ่านการจัดเก็บ จัดการ และนำเสนอผ่านระบบบริหารจัดการที่เหมาะสมระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการมีความสำคัญต่อองค์กรธุรกิจทั้งระดับภายในองค์กรและระหว่างองค์กร

ผลสรุปด้านประสิทธิผล จากการใช้งานระบบสารสนเทศเชิงรุกพบว่าการค้นพบคำถามที่เกิดขึ้นผ่านทางอินเทอร์เน็ตที่ปรากฏบนเว็บไซต์สาธารณะในช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 ค้นพบจำนวนคำถาม 621 คำถาม เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีจำนวนคำถามทางการแพทย์เพิ่มขึ้น 43%

ผลสรุปด้านประสิทธิภาพ จากการประเมินความรวดเร็วและความถูกต้องของข้อมูล และมีความพึงพอใจ เป็นการเปรียบเทียบความคิดเห็นระหว่างระบบสารสนเทศเชิงรับและเชิงรุก ประเมินโดยผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ โดยการใช้แบบประเมินที่มีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า แสดงผลสรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินจากผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ

ผลการประเมินระบบสารสนเทศ	เชิงรับ		เชิงรุก	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
ความรวดเร็ว	2.04	0.50	4.60	0.43
ความถูกต้องของข้อมูล	2.08	0.58	4.44	0.52
ความพึงพอใจ	2.00	0.63	4.52	0.41

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่าผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ มีความคิดเห็นต่อระบบสารสนเทศเชิงรุก ในด้านต่างๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงกว่าระบบสารสนเทศเชิงรับ เนื่องจากระบบสารสนเทศเชิงรุก เป็นระบบที่สามารถค้นหาคำถามทางการแพทย์ที่ปรากฏบนเว็บไซต์สาธารณะและไม่ได้ส่งมายังโรงพยาบาลโดยตรง ผลจากการค้นหาทำให้บุคลากรสามารถค้นพบคำถามและสามารถเข้าถึงคำถามทางการแพทย์ได้ เกิดการมีส่วนร่วมในการตอบคำถามได้อย่างรวดเร็ว สามารถเข้าใช้งานผ่านทางเว็บไซต์ได้ภายใน 5 วินาที ในขณะที่ระบบสารสนเทศเชิงรับใช้เวลามากกว่า 10 วินาที ด้านความถูกต้องของข้อมูลอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.44 และความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.52 แตกต่างจากระบบสารสนเทศเชิงรับ ที่มีผลประเมินในด้านต่างๆ อยู่ในระดับน้อยที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 2.00-2.08 เนื่องจากระบบสารสนเทศเชิงรับ เป็นระบบสารสนเทศทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลคำถาม ที่ไม่สามารถค้นหาคำถามได้ เป็นระบบที่ต้องรอให้มีการติดต่อโดยตรงมายังโรงพยาบาลเท่านั้น

ผลการวิจัยทำให้เกิดประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุก ที่สามารถเพิ่มช่องทางการเผยแพร่ความรู้ทางการแพทย์ระหว่างบุคคลทั่วไปและบุคลากรทางการแพทย์ ที่สามารถนำไปสู่การตัดสินใจเข้าสู่กระบวนการรักษา

6) ข้อเสนอแนะ

ในทัศนะของผู้วิจัยเห็นว่า สถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสื่อสารที่เสริมสร้างความสัมพันธ์และความเข้าใจอันดีระหว่างโรงพยาบาล กับบุคคลทั่วไปเพื่อทำให้เกิดการรับรู้และความเข้าใจทางการแพทย์ โดยมีช่องทางในการสื่อสารผ่านทางอินเทอร์เน็ต เป็นตัวกลางในการนำพาข้อมูลต่างๆ จากองค์กรผ่านไปถึงผู้รับสารกลุ่มเป้าหมาย ที่จะใช้ได้ผลในการติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับคำถามทางการแพทย์ เพราะการสื่อสารสองทาง (Two-way Communication) [8]

ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบกระบวนการสื่อสารเชิงรุก ควรมีการพัฒนาขั้นตอนช่วยตัดสินใจเลือกกลุ่มคำ โดยพิจารณาถึงกลุ่มคำที่มีผลต่อจำนวนการค้นหาคำถามทางการแพทย์ ผ่านทางอินเทอร์เน็ต เป็นการจัดเตรียมข้อมูลที่สามารถเข้าถึงและรวบรวมกลุ่มคำถามทางการแพทย์ที่สำคัญต่อการสื่อสารผ่านทางเว็บไซต์สาธารณะให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. การพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงรุกสำหรับการสื่อสารทางการแพทย์ ควรมีการพัฒนาด้านการออกแบบคลังข้อมูลสำหรับฐานความรู้ปัญญาประดิษฐ์ พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำถามและคำตอบทางการแพทย์ที่มีความสอดคล้องกันภายในฐานข้อมูล เป็นระบบที่สำคัญที่จะช่วยให้การตอบคำถามทางการแพทย์มีความรวดเร็วเพิ่มขึ้น และเพื่อลดความบกพร่องในการรวบรวมคำตอบทางการแพทย์ที่มีความซ้ำซ้อนกัน

REFERENCES

- [1] National Statistical Office, *Survey on the Use of Information and Communication Technology in Households*. Bangkok: Forecast Statistics Division, 2018
- [2] P. T. Kotler and G. Armstrong, *Principles of Marketing*, 15th ed. Upper Saddle, N.J: Pearson, 2013.
- [3] A. Intaraphadung, *Object-Oriented Programming Analysis, Design and Programming*. Bangkok: Phranakhon Rajabhat University, 2017.
- [4] R. V. Krejcie and D. W. Morgan, "Determining Sample Size for Research Activities," *Educational and Psychological Measurement*, vol. 30, no. 3, pp. 607-610, Sep. 1970.
- [5] J. Bas, *The Pfeiffer Library Volume 25*, 2nd ed. United States: Jossey-Bass/Pfeiffer, 1998.
- [6] K. Malaiwong, *Seminar documents National Strategy for 20 years and Thailand 4.0*. Bangkok: Chulalongkorn University, 2017.
- [7] O. Aimsiriwong, *Computer Science and Information Technology*. Bangkok: Se-education, 2017.
- [8] D. Berlo, *Process of Communication: An Introduction to Theory and Practice*. San Diego, California: Harcourt School, 1960.
- [9] B. M. Gross, "What are your Organization's Objectives?: A General-Systems Approach to Planning," *Human Relations*, vol. 18, no. 3, pp. 195-216, Aug. 1965.

ต้นแบบเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ

A Prototype of Reverse Vending Machine for Garbage Bank Project

เอกรินทร์ วัฒนกุลเลิศสกุล¹ วณษา สินจันทรื² สุระเจตน์ อ่อนฤทธิ์³
Egkarin Watanyulertsakul¹ Vanasa Sinchangreed² Surajate On-rit³

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

¹egkarin.w@ubru.ac.th

²vanasa.s@ubru.ac.th

³surajate.o@ubru.ac.th

รับต้นฉบับ: 12 พฤษภาคม 2562; รับบทความฉบับแก้ไข: 19 พฤษภาคม 2562; ตอรับบทความ: 21 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันขวดน้ำพลาสติกและกระป๋องอะลูมิเนียมเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ หากไม่มีกระบวนการคัดแยกที่เหมาะสมอาจกลายเป็นขยะมูลฝอยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก วิธีการลดมลพิษจากขยะดังกล่าว เช่น การนำมาใช้ใหม่หรือนำมาประยุกต์ใช้ซ้ำที่เรียกว่า การรีไซเคิลจึงเป็นแนวทางในการปรับเปลี่ยนขยะที่มีมูลค่าและสามารถเพิ่มเป็นรายได้ได้อีกทางหนึ่ง คณะผู้วิจัยจึงได้คิดหาวิธีแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ เพื่อส่งเสริมกิจกรรมธนาคารขยะและปลูกจิตสำนึกที่ดีของคนในชุมชนในการช่วยป้องกันการเกิดปัญหาขยะที่ทาลายสิ่งแวดล้อมได้

ผลการทดลองพบว่าเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ มีความสามารถในการคัดแยกประเภทของกระป๋องขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ กระป๋องเหล็กและขวดพลาสติกได้ โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยรวมถูกต้องร้อยละ 99.60 และประสิทธิภาพในการบีบอัดสามารถลดขนาดของบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทได้คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 54.33

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอย, เครื่องรับซื้อ, กระป๋อง, ขวดน้ำดื่ม

Abstract

In the present, plastic bottles and aluminum cans are used in packaging consumption volume increasing. If there are no appropriate separation process could become a solid waste pollution that affects the environment very seriously. How to reduce air pollution from the waste, such as reuse, or applied repeatedly called recycling, so as to modify the value of the waste, and can increase revenue. The research team therefore found ways to solve the problem by studying and collecting information to develop the reverse vending machine for garbage bank projects for support activities and raise awareness of good people in the community to help prevent the waste problem that destroyed the environment.

The results of the research showed that the reverse vending machine for garbage bank project. Provides the ability to separate the types of cans, small, medium, large, steel cans and plastic bottles. Separation by taking the average overall was 99.60 percent thought efficiency in compression can reduce the size of packaging, all types, representing 54.33 percent average.

Keywords: Garbage, Reverse Vending Machine, Cans, Water Bottles.

1) บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเริ่มส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่เพิ่มมากขึ้น หลายหน่วยงานวางแผนนโยบายด้านการดูแลและรักษาสังแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญควบคู่กับนโยบายหลักของการพัฒนาองค์กร สิ่งสำคัญที่เป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมคือการปลูกฝังนิสัยที่ดีในการใช้ชีวิตให้สอดคล้องกับแนวคิดการรักษาสิ่งแวดล้อมจะทำให้สามารถพัฒนาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน ประกอบกับวิถีการดำรงชีวิตของผู้คนในปัจจุบันมีความปรับเปลี่ยนไปตามความเจริญเติบโตและการพัฒนาทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยี รูปแบบการอุปโภคบริโภคของประชากรจึงเปลี่ยนแปลงไป ส่วนหนึ่งในนวัตกรรมวัสดุที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้สินค้าและยังเป็นการถนอมอาหารคือการบรรจุในกระป๋องหรือขวดพลาสติก เพื่อให้ผู้บริโภคสะดวกสบายต่อการใช้งานและง่ายต่อการลำเลียงขนส่ง

สาเหตุที่ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยมีจำนวนมากขึ้นในแต่ละวันส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการให้ความสำคัญกับรูปลักษณ์และความสะดวกสบายในการบริโภคแบบทิ้งๆ ขว้างๆ ในลักษณะการใช้ครั้งเดียวทำให้มีวัสดุที่ยังมีประโยชน์ปะปนมากับขยะมูลฝอย และยากต่อการหาวิธีที่เหมาะสมในการจัดการได้ [1] วัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์เหล่านี้จึงมีความแข็งแรงทนทานสูงแต่สามารถจะนำกลับมารีไซเคิลเพื่อใช้งานใหม่ได้ ซึ่งจากการสำรวจบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทพบว่าวัสดุ

บรรจุภัณฑ์ประเภทอะลูมิเนียมมีอัตราการรีไซเคิลสูงที่สุดถึงร้อยละ 99.98 รองลงมาคือเหล็กและโลหะร้อยละ 99.81 กระดาษร้อยละ 75.22 แก้วร้อยละ 75.06 และพลาสติกร้อยละ 50.53 ตามลำดับ [2]-[3]

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาส่งเสริมระบบการคัดแยกขยะต้นทางที่เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทอะลูมิเนียม กระป๋องเหล็ก และขวดน้ำดื่มพลาสติก ซึ่งเป็นขยะรีไซเคิลที่มีมูลค่าและปริมาณการใช้งานสูงสุดของขยะมูลฝอยทั้งหมด โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ในรูปแบบของระบบการคัดแยก

2) วิจัยดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติสำหรับโครงการธนาคารขยะที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการใช้งานในชุมชนมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบ

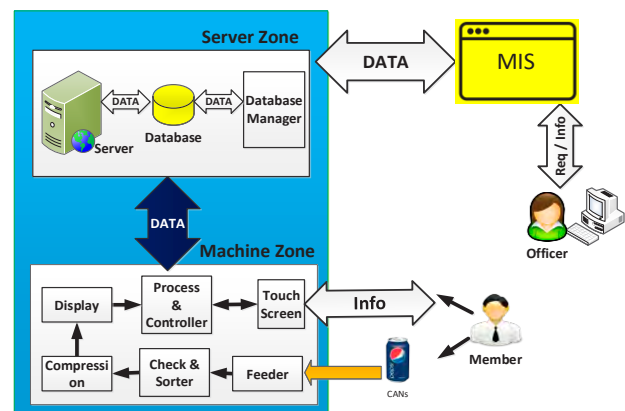
โดยในขั้นต้นผู้วิจัยได้จัดประชุมทีมงานและทำความเข้าใจถึงขอบข่ายเนื้อหาและเป้าหมายของงานร่วมกันเพื่อแบ่งที่นักวิจัยลงพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลในชุมชนต้นแบบธนาคารขยะในเขตความรับผิดชอบของสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุบลราชธานี แล้วทำการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ระบบธนาคารขยะ และระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการระบบธนาคารขยะ จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ประกอบด้วย การพัฒนาเฟรมเวิร์คเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์สำหรับการนำไปใช้กับถังขยะรีไซเคิลมาตรฐาน [4] กระบวนการอัดรีดขยะพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาผลิตใช้ใหม่ [5] ตู้รีไซเคิล-ตู้รับคืนขยะรีไซเคิลอัตโนมัติ [6] เป็นต้น

2.2) การออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติสำหรับโครงการธนาคารขยะ

จากการศึกษาแนวคิดและรูปแบบการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล พบว่า ส่วนใหญ่เครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลจะแยกการรับซื้อตามประเภทบรรจุภัณฑ์ เช่น เครื่องรับซื้อกระป๋อง และเครื่องรับซื้อขวด PET เป็นต้น ปัญหาของการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่พบคือ 1) เป็นระบบแลกคืนเงินสด ซึ่งไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภค เช่น กระป๋องอะลูมิเนียม 2 กระป๋องสามารถแลกเงินได้ 1 บาท หรือขวดพลาสติก 3 ขวด แลกเงินได้ 1 บาท ประกอบกับราคาในการแลกซื้อไม่ได้สอดคล้องต่อการรับซื้อของแหล่งรับซื้อที่แท้จริง 2) การถูกปลอมแปลงจากการใช้รหัสบาร์โค้ด เครื่องรับซื้อส่วนใหญ่ใช้รหัสบาร์โค้ดในการตรวจพิสูจน์ประเภทของบรรจุภัณฑ์ จึงเกิดการปลอมแปลงได้ง่าย เช่น การสแกนบาร์โค้ดด้วยผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง แต่ใส่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเข้ามาในตัวเครื่อง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนและปลอมปนของขยะที่รับซื้อ เกิดความสูญเสียเวลาที่ใช้ในการคัดแยกภายหลัง หรือส่งผลทำให้เครื่องคัดแยก, บดย่อย และบีบอัดเสียหายได้ 3) เครื่องรับซื้อที่มีข้อจำกัดของการรับซื้อเนื่องจากประเภทของบรรจุภัณฑ์จะต้องมีข้อมูลผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใน

ระบบฐานข้อมูลก่อนจึงจะสามารถดำเนินการรับซื้อได้ 4) ต้นทุนเครื่องที่พัฒนามีราคาสูงไม่เหมาะสมกับการส่งเสริมในเชิงพาณิชย์

การพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติสำหรับโครงการธนาคารขยะจึงมีการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาของเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์ที่มีในอดีตเพื่อให้ระบบมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคบริโภคและการใช้งานในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืน โดยมีส่วนประกอบในการทำงาน 3 ส่วนคือ 1) เครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์ 2) ระบบเครือข่ายและแม่ข่าย และ 3) ระบบสารสนเทศ นำหลักการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์แบบบอร์ตเดียวให้สามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายฐานข้อมูล (Database Server) โดยระบบจะรับกระป๋องเครื่องดื่มบรรจุภัณฑ์จากผู้ใช้งานแล้วทำการตรวจสอบขนาดและราคาจากระบบฐานข้อมูลเพื่อคำนวณเป็นมูลค่าการรับซื้อ และตรวจสอบประเภทของผลิตภัณฑ์ด้วยเซ็นเซอร์เพื่อป้องกันการปลอมแปลง รวมถึงสามารถเพิ่มข้อมูลบรรจุภัณฑ์ใหม่ในฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในอนาคตต่อไปได้ โดยผู้ให้บริการสามารถบันทึกข้อมูลผู้ใช้งานที่ได้จากหมายเลขโทรศัพท์และจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ส่วนบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มที่รับเข้ามาในระบบนั้นจะถูกบีบอัดก่อนคัดแยกตามชนิดวัสดุที่ใช้ในการผลิต และลำเรียงจัดเก็บลงภาชนะโดยมีระบบสารสนเทศ (Management Information System) ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูลโดยมีเจ้าหน้าที่เป็นผู้สร้างข้อมูลผลิตภัณฑ์ กำหนดราคาการรับซื้อ ข้อมูลการขาย และการจัดพิมพ์รายงาน รวมถึงการเบิกจ่ายเงินเมื่อผู้ใช้งานประสงค์จะเบิกถอนเงินกรณีที่เหมาะสมครบตามเกณฑ์ตามที่โครงการธนาคารขยะได้กำหนดไว้



รูปที่ 1: โครงสร้างระบบเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

2.2.1) การพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

ออกแบบโครงสร้างเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลที่สำรวจได้และข้อมูลจากการสรุปผลการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ แล้วดำเนินการวางแผน ออกแบบ และปรับปรุงให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญที่จะต้องเป็นส่วนประกอบและเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ แล้วดำเนินการติดตั้งประกอบตามโครงสร้างที่ออกแบบไว้ จากนั้นออกแบบโปรแกรมระบบควบคุมการทำงานเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ และทดสอบการทำงาน

อุปกรณ์ทั้งในส่วนเครื่องจักรกล เช่น เซอร์ โหมดแสดงผล และระบบควบคุมการทำงาน เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพการใช้งาน และติดตั้งทดสอบการใช้งานในชุมชนตัวอย่างโครงการธนาคารขยะ

กลไกการตรวจรับของเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ ประกอบด้วยอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลเข้ามาในระบบนั้น ประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

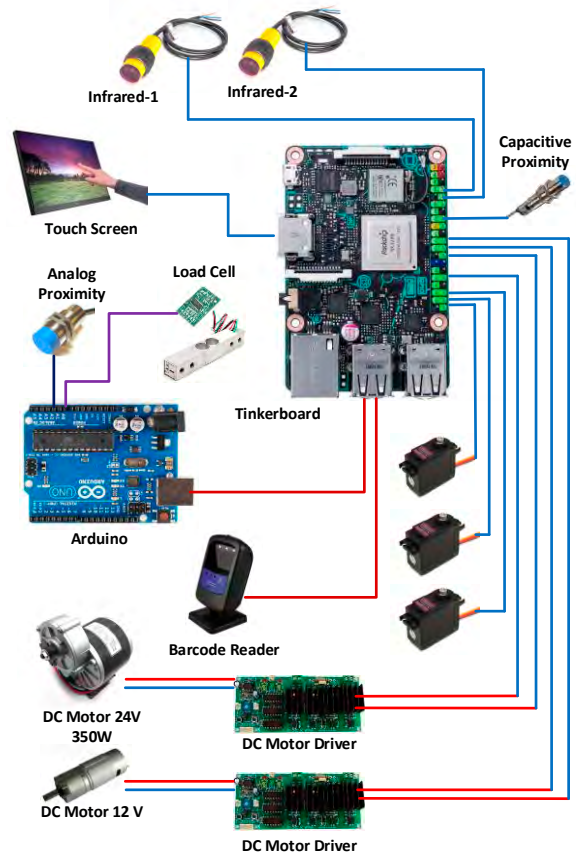
1. ชุดควบคุมการเปิดปิดฝารับเข้า ส่วนนี้จะถูกควบคุมและสั่งการจากส่วนสื่อสารผ่านผู้ใช้ โดยจะถูกสั่งเปิดปิดอย่างอัตโนมัติตามลำดับขั้นตอนของสื่อสารผ่านผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้งานยื่นกระป๋องหรือขวดน้ำดื่มเข้าไปในเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

2. ชุดตรวจจับวัตถุ ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์วัตถุที่เข้ามาในตัวเครื่อง เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาความผิดปกติของวัตถุที่ใส่เข้ามาในเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ ในส่วนนี้มีเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับ 3 แบบ ประกอบด้วย 1) อินฟราเรดเซ็นเซอร์ จำนวน 2 ตัว สำหรับทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่เข้ามาในสายพานลำเลียง และสำหรับตรวจจับตำแหน่งก้านชกที่ทำหน้าที่บีบอัดกระป๋องอลูมิเนียมและขวดน้ำพลาสติก 2) Analog Inductive Proximity Sensor คือ อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะใช้สำหรับคัดแยกประเภทวัสดุที่เป็นเหล็ก และ อะลูมิเนียม 3) Capacitive Proximity Sensor คือ อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุประเภทโลหะใช้สำหรับตรวจจับขวดน้ำที่เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกที่เข้ามาในระบบ

3. ชุดอ่านรหัสบาร์โค้ด ทำหน้าที่ในการอ่านรหัสเพื่อตรวจสอบวัสดุในฐานข้อมูลโดยจะนำมาวิเคราะห์ควบคู่กับผลที่ได้จากตัวตรวจจับวัตถุด้วยพรีอิกซ์มิตีสเซ็นเซอร์เพื่อตัดสินใจในการรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่ใส่เข้ามาในตัวเครื่อง

4. ชุดตรวจวัดน้ำหนัก เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบและป้องกันอุปกรณ์ชำรุดจากน้ำหนักของวัตถุที่ใส่เข้ามาในเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ หากมีน้ำหนักมากเกินไปที่กำหนดไว้ คือ 30 กรัม เครื่องจะไม่รับวัตถุนั้น ผู้ใช้บริการอาจจะต้องเทน้ำในภาชนะนั้นให้หมดหรือทำให้มีปริมาณน้ำคงเหลือในขวดน้อยที่สุด

5. ชุดควบคุมสายพานลำเลียงบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V ความเร็วรอบ 1000 rpm ทำหน้าที่ควบคุมการลำเลียงบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่ผ่านการตรวจสอบจากขั้นตอนที่ 2 - 4 แล้ว ลำเลียงเข้าไปภายในเครื่องเพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไป



รูปที่ 2: วงจรเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

6. ชุดบีบอัดกระป๋อง/ขวดน้ำดื่ม ประกอบด้วยมอเตอร์เกียร์ขนาด 24V 350W และก้านชกทำหน้าที่ในการบีบอัดกระป๋องหรือขวดน้ำดื่มเพื่อให้มีขนาดเล็กลง ง่ายต่อการจัดเก็บ โดยหากตรวจพบว่าเป็นกระป๋องเหล็กจะสั่งการให้มอเตอร์คัดแยกบังคับให้กระป๋องเหล็กนั้นหล่นไปในช่องจัดเก็บโดยไม่มีการบีบอัด

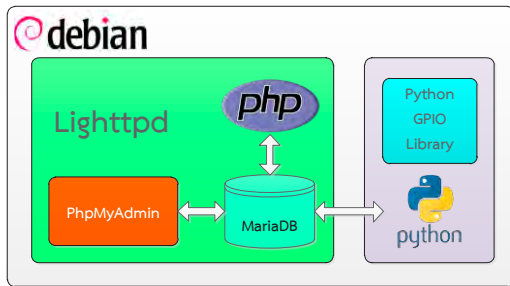
7. ส่วนคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ทำหน้าที่ด้วยการใช้กลไกบังคับการไหลของกระป๋องหรือขวดน้ำดื่มด้วยอุปกรณ์มอเตอร์และบานพับต่าง ๆ บังคับทิศทางให้บรรจุภัณฑ์รีไซเคิลไหลไปในทิศทางเพื่อให้สามารถจัดเก็บลงในภาชนะที่เตรียมไว้ได้อย่างถูกต้อง

2.2.2) การพัฒนาโปรแกรมส่วนเครื่องแม่ข่าย

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้คอมพิวเตอร์บอร์ดเดี่ยว Thinker Board ทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ เดเบียน (Debian Operating System) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์ดิสทริบิวชัน โดยการออกแบบส่วนของการให้บริการเครื่องแม่ข่ายในงานวิจัยนี้จะใช้งานบริการซอฟต์แวร์ 2 รูปแบบคือส่วนที่เป็นบริการเว็บ และส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

1. โปรแกรมส่วนบริการเว็บ จะเลือกใช้ Lighttpd เพื่อทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์เนื่องจากมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้งานทรัพยากรต่างของเครื่องแม่ข่ายที่มีอยู่อย่างจำกัด รองรับการใช้งานโปรแกรมภาษา PHP เวอร์ชัน 7 และฐานข้อมูล MariaDB โดยมีโปรแกรม PhpMyAdmin สำหรับผู้ดูแลระบบใช้อำนวยความสะดวกในการจัดการฐานข้อมูล

2. โปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เลือกใช้ภาษาไพธอนที่มีความสามารถในการใช้งานควบคุมอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาได้ภายใต้การทำงานของระบบปฏิบัติการเดเบียนได้เป็นอย่างดี โดยการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จะใช้พอร์ตควบคุมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกที่เรียกว่า GPIO (General Purpose Input Output) โดยจะต้องติดตั้งผ่านโปรแกรมไลบรารีที่เรียกว่า Python GPIO Library เพื่อให้ภาษาไพธอนสามารถสื่อสารและควบคุมการใช้งาน GPIO ได้

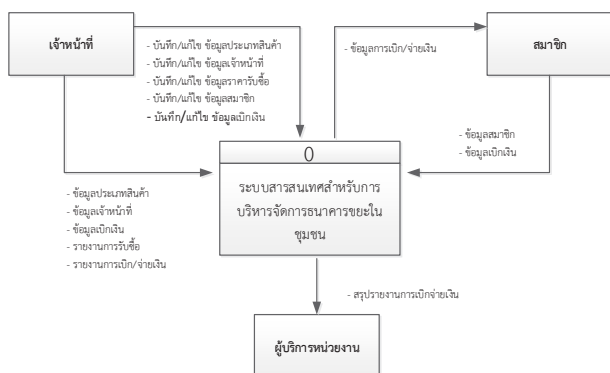


รูปที่ 3: โครงสร้างโปรแกรมส่วนเครื่องแม่ข่าย

2.2.3) การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการธนาคารขยะ

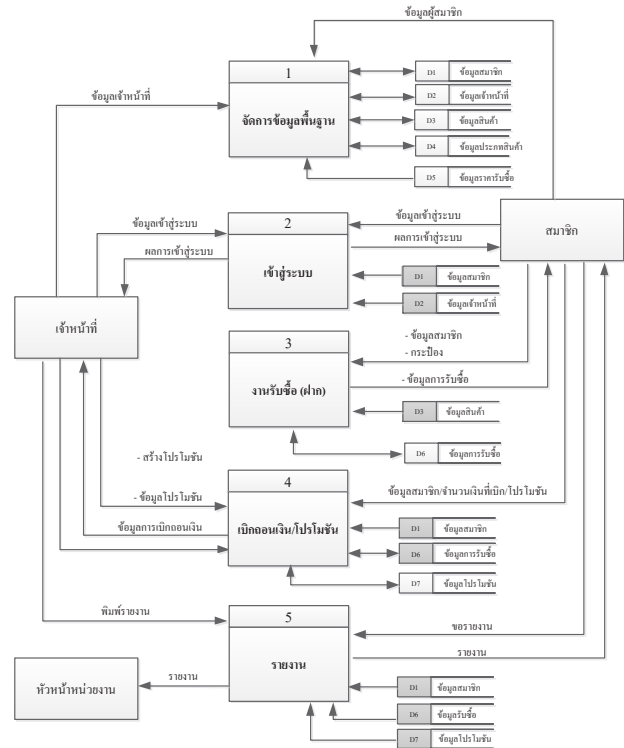
จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจากชุมชนธนาคารขยะในจังหวัดอุบลราชธานี สามารถรวบรวมข้อสรุปที่ได้มาใช้ในการออกแบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการธนาคารขยะในชุมชนได้ดังนี้

1. คอนเท็กซ์ไดอะแกรม เส้นทางการไหลของข้อมูลในระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการธนาคารขยะ



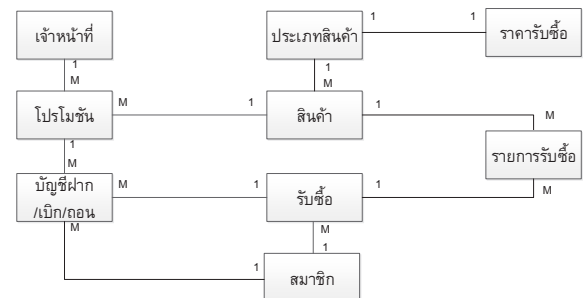
รูปที่ 4: Context Diagram ระบบการบริหารจัดการธนาคารขยะ

2. แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 (DFD Level 1) ประกอบด้วย 6 โพรเซส ดังรูปที่ 5



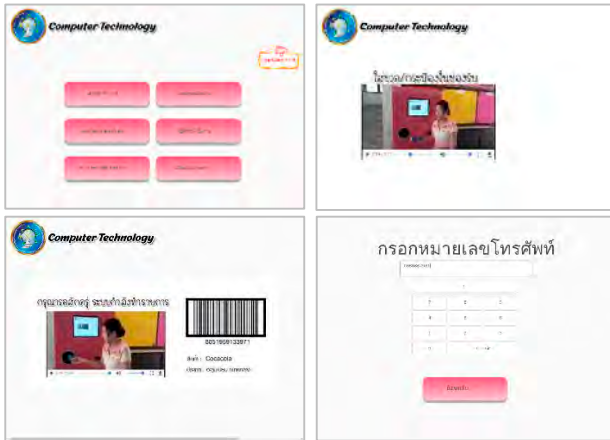
รูปที่ 5: แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1

3. E-R โมเดลระบบงาน



รูปที่ 6: E-R โมเดลระบบสารสนเทศ

4. ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการสร้างสื่อโต้ตอบผู้ใช้งาน เป็นส่วนที่พัฒนาและออกแบบโดยมีการทำงานของภาษา PHP เพื่อการแสดงผลหน้าจอโดยผู้ใช้งานสามารถใช้การสัมผัสที่หน้าจอเพื่อโต้ตอบ เน้นการสื่อสารผ่านทางรูปภาพ เสียง และภาพเคลื่อนไหว โดยจะควบคุมการทำงานร่วมกับภาษาไพธอนที่ใช้สำหรับการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และระบบกลไกต่าง ๆ ทั้งหมดภายในเครื่องรับซื้อหรือเครื่องคัดแยกอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการควบคุมอุปกรณ์กลไกที่สัมพันธ์กับการโต้ตอบของผู้ใช้ผ่านทางหน้าจอสัมผัส ซึ่งได้มีการจัดแบ่งส่วนขอบเขตของหน้าจอเป็น 2 ส่วน คือ ด้านซ้ายจอภาพใช้สำหรับแสดงสื่อภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ ส่วนด้านขวาของจอจะเป็นเมนูปุ่มโต้ตอบการใช้งานกับผู้ใช้



รูปที่ 7: ตัวอย่างหน้าจอส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

2.2.4) การออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ส่วนการควบคุมฮาร์ดแวร์จะเป็นส่วนที่ทำงานสอดคล้องกับการทำงานของส่วนต่อประสานผู้ใช้ โดยมีหน้าที่หลักคือควบคุมการทำงานของชุดรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลเข้าสู่ระบบ โดยเริ่มต้นจากการอ่านค่าจากบาร์โค้ดของบรรจุภัณฑ์แล้วทำการสืบค้นในระบบฐานข้อมูล ภายในคอมพิวเตอร์ส่วนตัว หากพบว่าเป็นข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วจะทำการลำเลียงเข้าสู่ส่วนตรวจสอบประเภทวัตถุ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลในระบบฐานข้อมูลระบบจะทำการบันทึกข้อมูลใหม่เพื่อใช้ในการพิจารณานำเข้าสู่ฐานข้อมูลต่อไปในอนาคต แล้วลำเลียงเข้าสู่ส่วนตรวจสอบประเภทวัตถุต่อไป การลำเลียงบรรจุภัณฑ์เข้าไปในระบบจะใช้สายพานลำเลียงที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีอินฟราเรดเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุที่เข้ามาเมื่อตรวจพบจะหยุดการลำเลียงของสายพานแล้วเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจเช็คน้ำหนักเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำที่อยู่ภายใน หรือการใส่วัตถุที่ไม่ถูกต้อง โดยจะมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดน้ำหนักติดตั้งอยู่ใต้สายพานลำเลียง พร้อมการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์พรีอกซิมิติเซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบประเภทของวัสดุของบรรจุภัณฑ์ โดยหากชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่ตรงกับข้อมูลที่มีในฐานข้อมูลที่ได้จากการสแกนบาร์โค้ดหรือน้ำหนักวัตถุที่เข้ามามีค่าสูงกว่า 30 กรัม จะบันทึกเป็นข้อผิดพลาดพร้อมแจ้งเตือนในระบบแล้วลำเลียงวัตถุนั้นคืนกลับไปยังผู้ใช้งาน ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบถูกต้องจะเปิดฝาช่องรับเข้าแล้วลำเลียงเข้ามาหย่อนลงในช่องเตรียมการบีบอัด บานพับคัดแยกประเภทจะหมุนไปยังตำแหน่งที่พร้อมสำหรับการคัดแยกให้บรรจุภัณฑ์รีไซเคิลหล่นลงในช่องจัดเก็บอย่างถูกต้องต่อไป

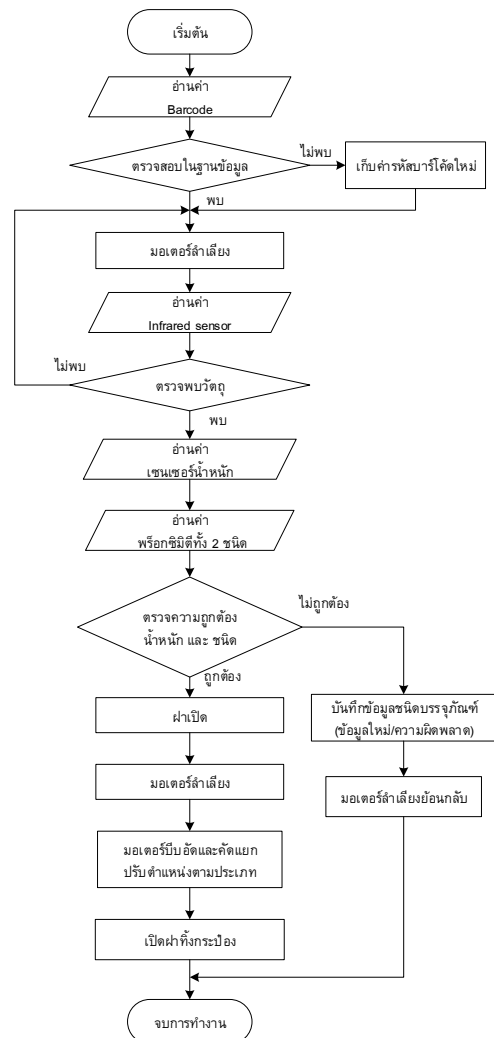


(ก) อลูมิเนียม (ข) เหล็ก (ค) พลาสติก

รูปที่ 8: ตำแหน่งบานพับคัดแยกสำหรับบรรจุภัณฑ์แต่ละแบบ

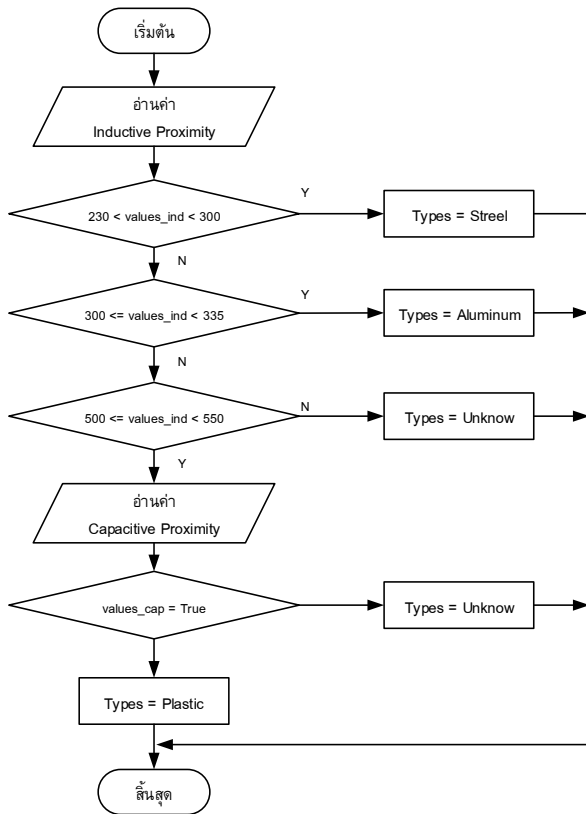
บรรจุภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการบีบอัดแล้วจะวางอยู่บนด้านของฝาถังกระป๋องซึ่งควบคุมด้วยเซอร์โวมอเตอร์ทำหน้าที่ในการปิดกั้นบรรจุภัณฑ์ที่เข้ามาในระบบและเตรียมให้บรรจุภัณฑ์อยู่ในตำแหน่งที่

เหมาะสมต่อการทำงานของช่องบีบอัด โดยหลังจากบีบอัดเสร็จสิ้นแล้วฝาถังซึ่งมีลักษณะคล้ายถาดรองที่ส่วนพื้นด้านล่างของช่องรับบรรจุภัณฑ์จะเคลื่อนที่ออกทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการบีบอัดแล้วหล่นลงไปใต้ช่องเก็บด้านล่าง โดยหล่นไปตามทิศทางที่บานพับคัดแยกปรับตำแหน่งไว้รอ ดังรูปที่ 3 ซึ่งการทำงานระบบทั้งหมดในภาพรวมสามารถอธิบายได้ด้วยผังการทำงานดังรูป



รูปที่ 9: ผังการทำงานส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

โดยค่าที่ตรวจจับได้จากพรีอกซิมิติเซ็นเซอร์ชนิด Inductive จะอยู่ในรูปแบบแอนาล็อก (มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1023) ส่วนค่าที่ได้จากพรีอกซิมิติเซ็นเซอร์ชนิด Capacitive จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลบูลีนหรือดิจิทัล (ค่าเท่ากับ 0 หรือ 1) สามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบได้ด้วยผังการทำงาน ดังรูป



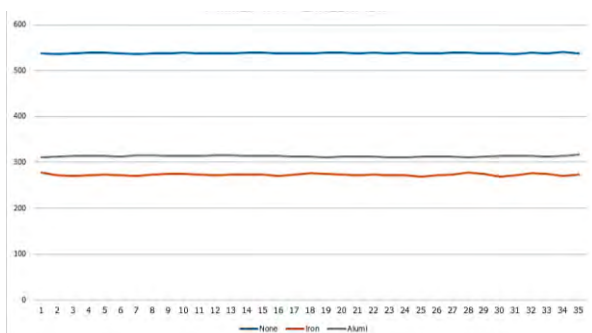
รูปที่ 10: ผังการทำงานการตรวจสอบประเภทวัตถุ

3) ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรับข้อมูลประเภทวัตถุรีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ ได้ทำการแบ่งส่วนการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โดยสามารถแยกผลการทดลองออกตามประเภทของการทดสอบได้ดังนี้

3.1) การทดลองวัดประสิทธิภาพการคัดแยกจากฟร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์แบบ Inductive

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์โดยรับค่าจากบอร์ดอาดูยโนที่ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่ได้รับจากฟร็อกซิมีตีแบบ Inductive พบว่าค่าการตอบสนองต่อวัตถุรีไซเคิลที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ คือ กระป๋องเหล็กและกระป๋องอะลูมิเนียมมีความแตกต่างของข้อมูลที่ได้รับอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11: ค่าที่อ่านจากฟร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์แบบ Inductive

จากรูปที่ 11 เป็นการเปรียบเทียบค่าตัวอย่างของกระป๋องที่อ่านได้จากกระป๋องอะลูมิเนียม กระป๋องเหล็ก และกรณีไม่มีวัตถุใด สามารถอธิบายแยกได้ 3 กรณีดังนี้

1. เมื่อทดสอบโดยใช้กระป๋องอะลูมิเนียมที่มีขนาดแตกต่างกัน จำนวน 10 กระป๋อง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 50 – 60 mm และมีความสูงตั้งแต่ 115 – 170 mm พบว่าข้อมูลที่ได้จากบอร์ดอาดูยโนมีค่าการตอบสนองในช่วง 295-335 จาก 1024 ระดับ
2. เมื่อทดสอบโดยใช้กระป๋องเหล็กที่มีขนาดแตกต่างกัน จำนวน 10 กระป๋อง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 50 – 60 mm และมีความสูงตั้งแต่ 95 - 130 mm พบว่าข้อมูลที่ได้จากบอร์ดอาดูยโนมีค่าการตอบสนองในช่วง 233-304 จาก 1024 ระดับ
3. เมื่อทดสอบกับวัตถุที่เป็นโลหะต่างๆ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก และไม่มีวัตถุใดๆ เลย จำนวน 10 รายการ พบว่าข้อมูลที่ได้จากบอร์ดอาดูยโนมีค่าการตอบสนองในช่วง 527-544 จาก 1024 ระดับ

3.2) การทดลองวัดประสิทธิภาพการคัดแยกจากฟร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์แบบ Capacitive

จากการทดลอง พบว่า เซ็นเซอร์ชนิด Capacitive มีการตอบสนองต่อโลหะ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองจึงใช้ผลการตรวจจากเซ็นเซอร์ฟร็อกซิมีตีที่เป็นทั้งแบบชนิด Inductive และ Capacitive ในการเปรียบเทียบ พบว่าสามารถใช้ Inductive Proximity Sensor สำหรับแยกประเภทกระป๋องเหล็กและอะลูมิเนียมออกจากกัน ส่วน Capacitive Proximity Sensor จะใช้สำหรับเพื่อตรวจจับขวดน้ำดื่มพลาสติกเมื่อ Inductive Proximity โดยผลการตรวจจับที่ได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ชนิด เมื่อตรวจพบวัตถุแต่ละประเภท

ตารางที่ 1: ค่าการตรวจจับวัตถุรีไซเคิล

ประเภท	ค่าที่ตรวจจับได้จากเซ็นเซอร์	
	Inductive (0 - 1023)	Capacitive (Logic)
กระป๋องอะลูมิเนียม	295 - 335	จริง
กระป๋องเหล็ก	233 - 304	จริง
ขวดน้ำดื่มพลาสติก	530 - 545	จริง
ไม่มีวัตถุใด	527 - 544	เท็จ

3.3) การทดลองบีบอัดกระป๋อง

จากการทดลองการบีบอัดเบื้องต้นพบว่ามอเตอร์ที่ใช้ในการติดตั้งชนิดไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24V 350W ไม่มีความสามารถในการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมและขวดน้ำพลาสติกได้เพียงแต่มีระดับของการยุบตัวเล็กน้อย จึงทดลองทำการเพิ่มแรงบิด (Torque) ให้กับมอเตอร์โดยเพิ่มชุดเฟืองขนาด 20 และ 100 ฟัน เพื่อเพิ่มอัตราทด 1 : 5 โดยยึดติดที่แกนมอเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ [7]

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_1}{z_2} \quad (1)$$

เมื่อ i คือ อัตราเฟืองทด

n_1 คือ จำนวนรอบของเฟืองขับ

n_2 คือ จำนวนรอบของเฟืองตาม

z_1 คือ จำนวนฟันเฟืองขับ

z_2 คือ จำนวนฟันเฟืองตาม



รูปที่ 12: เฟืองขับ 20 : 100 ฟัน

หลังปรับปรุงโครงสร้างส่วนบีบอัดแล้ว พบว่า สามารถทำการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมและขวดพลาสติกได้ โดยรวบรวมอะลูมิเนียมขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขวดน้ำพลาสติกขนาดความจุ 450-600 มิลลิลิตร จำนวนอย่างละ 30 ชิ้น ทำการบีบอัด และบันทึกเป็นผลการทดลองมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 2: ผลการทดลองการบีบอัดบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล

ประเภท	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูงก่อนบีบอัด (ซม.)	ความสูงเฉลี่ยหลังบีบอัด (ซม.)	ค่าเฉลี่ยการบีบอัด (ร้อยละ)
อะลูมิเนียม	6.00	11.50	5.12	55.52
อะลูมิเนียม	5.00	13.00	5.11	60.72
อะลูมิเนียม	5.00	14.50	5.11	64.75
อะลูมิเนียม	6.00	17.00	5.12	69.88
พลาสติก	6.40	24.20	16.90	30.24



ก) ก่อนบีบอัดกระป๋อง



ข) หลังบีบอัดกระป๋อง

รูปที่ 13: การบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม



ก) ก่อนบีบอัดขวดพลาสติก



ข) หลังบีบอัดขวดพลาสติก

รูปที่ 14: การบีบอัดขวดพลาสติก

3.4) การทดลองคัดแยกประเภทบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล

การทดลองการคัดแยกประเภทบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลด้วยฟร็อกซิเมตริเซ็นเซอร์ ชนิด Inductive และ Capacitive สามารถคัดแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์ได้ทั้ง 5 ขนาด ซึ่งประกอบด้วย กระป๋องเหล็ก ขวดพลาสติก และกระป๋องอะลูมิเนียม 3 ขนาด (1. ขนาดเล็ก มีความสูง 11.50 ซม. 2. ขนาดกลาง มีความสูง 13.00-14.50 ซม. และ 3. ขนาดใหญ่ มีความสูง 17 ซม.) และสามารถคัดแยกตามประเภทของวัสดุ คือ เหล็ก อะลูมิเนียม และขวดพลาสติก ได้อย่างถูกต้อง สำหรับข้อมูลขนาดของอะลูมิเนียมจะใช้ข้อมูลที่สแกนได้จากรหัสบาร์โค้ดเพื่อสืบค้นข้อมูลที่ได้จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ในส่วนระบบการบริหารจัดการธนาคารขยะ ซึ่งผลการทดลองคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ได้จัดแบ่งกลุ่มบรรจุภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วยข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่มีในฐานข้อมูลระบบและจำนวนอย่างละ 25 ชิ้น และบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เคยได้จัดเก็บในฐานข้อมูลจำนวน 25 ชิ้น รวมเป็นจำนวนทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนาดละ 50 ชิ้น มีผลการคัดแยกแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ผลการทดลองคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล

	จำนวนทดสอบ	คัดแยกถูกต้อง	ร้อยละ
เหล็ก	50.00	50.00	100.00
อะลูมิเนียมเล็ก	50.00	50.00	100.00
อะลูมิเนียมกลาง	50.00	50.00	100.00
อะลูมิเนียมใหญ่	50.00	50.00	100.00
ขวดพลาสติก	50.00	49.00	98.00
เฉลี่ย	50.00	49.80	99.60

4) สรุป

ผลการทดลองพบว่าเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ มีความสามารถในการคัดแยกประเภทของกระป๋องขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ กระป๋องเหล็กและขวดพลาสติกได้ สามารถคัดแยกได้โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยของการคัดแยกได้ถูกต้องคิดได้ร้อยละ 99.60 ประสิทธิภาพในการบีบอัดสามารถลดขนาดของบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทได้คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 54.33

ส่วนผลการคัดแยกที่พบจากการทำงานผิดพลาดนั้นเกิดการอ่านค่าจากตัวเซ็นเซอร์ชนิด Capacitive ที่ไม่สามารถตรวจพบขวดพลาสติก

ในส่วนกลุ่มทดลองที่ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลมาก่อน จากข้อสังเกตที่พบได้
คือ เป็นขวดน้ำดื่มพลาสติกที่มีขนาดบางและนุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
ราชภัฏอุบลราชธานี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลองและ
จัดทำงานวิจัยนี้ และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโดย
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2561

REFERENCES

- [1] K. Rujiwicit, *Research recycling rate to study the development of sustainable and appropriate waste management system for Thailand Phase 1*. Bangkok: Thammasat University, 2014.
- [2] P. Chanthuma, "Success Factors in the Recycling Bank of Kham Ngnang Ruay in Kham Nam Saep Sub-district, Warinchamrap District, Ubon Ratchathani Province," *Area Based Development Research Journal*, Vol. 6, No. 5, pp. 94-105, 2014.
- [3] Office of the National Economic and Social Development Board, *The national development strategy according to the 12th National Economic and Social Development Plan*. Bangkok: Office of the National Economic and Social Development, 2016.
- [4] R. Tomari, A. A. Kadir, W. N. W. Zakaria, M. F. Zakaria, M. H. A. Wahab, and M. H. Jabbar, "Development of Reverse Vending Machine (RVM) Framework for Implementation to a Standard Recycle Bin," *Procedia Computer Science*, vol. 105, pp. 75–80, Jan. 2017.
- [5] D. Maunkhaw., et al., "Extrusion Process of Plasiic Wate for Pplastic Recycling," presented at the Academic conference Sustainable Rural Development 2012 Local Community Foundations for the development of the ASEAN Economic Community", Khon Kaen University, Khonkaen, 2012, p 391-396.
- [6] Refun Corporate. "Refun Machine." [Online]. Available: <http://refun.com/refun-machine>. [Accessed: 12-Oct-2017].
- [7] J. F. Hall. and D. Chen, "Dynamic Optimization of Drivetrain Gear Ratio to Maximize Wind Turbine Power Generation—Part 1: System Model and Control Framework," *Journal of dynamic systems, measurement, and control*, Vol. 135 No. 1, 2013.

ระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุโดยทางเครือข่ายวายฟาย

An Alarm and Monitoring System for the Elderly via a WiFi Network

เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล¹ กนกวรรณ บุญก้อน² นวพร ลาดแก้ว³ นพชัย คงเจริญ⁴

Kiattisin Kanjanawanishkul¹ Kanokwan Bunkon² Nawaporn Ladkeaw³ Noppachai Khongcharern⁴

หน่วยวิจัยวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mechatronic Engineering Research Unit, Faculty of Engineering, Mahasarakham University

¹kiattisin.k@msu.ac.th

²kanokwan.bun@msu.ac.th

³nawaporn.lad@msu.ac.th

⁴59010350006@msu.ac.th

รับต้นฉบับ: 26 พฤศจิกายน 2561; รับบทความฉบับแก้ไข: 11 พฤษภาคม 2562; ตอรับบทความ: 13 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

แนวโน้มของสัดส่วนอายุของประชากรทำให้ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ ปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่ง คือ ผู้สูงอายุถูกทิ้งให้อยู่ตามลำพัง ซึ่งนำไปสู่อุปสรรคในการดำรงชีวิตหลายอย่าง เช่น อุบัติเหตุในผู้สูงอายุที่เกิดจากการพลัดตกหกล้ม ดังนั้น วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ (1) สร้างระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุ เมื่อผู้สูงอายุประสบอุบัติเหตุหรือเจ็บป่วย และ (2) พัฒนาเครือข่ายวายฟายภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย ไปยังบอร์ด Raspberry Pi ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลหลัก อุปกรณ์ตรวจจับไร้สายที่ใช้ในการตรวจจับสถานการณ์ผิดปกติและฉุกเฉิน ได้แก่ ชุดตรวจจับการล้มด้วยเซ็นเซอร์วัดความเร่ง ชุดตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยกล้องและเซ็นเซอร์วัดระยะทาง และ ชุดปุ่มฉุกเฉิน หากเกิดเหตุการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด นั่นคือ การล้ม หรือ การกดปุ่มฉุกเฉิน หรือ ไม่มีการเคลื่อนไหวภายในช่วงเวลาที่กำหนด บอร์ด Raspberry Pi จะส่งข้อความแจ้งเตือนในรูปแบบข้อความสั้นทางโทรศัพท์ไปยังผู้ดูแลอย่างอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่า ระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในกรณีจำลองสถานการณ์และใช้งานจริง

คำสำคัญ: ระบบเฝ้าติดตาม, ระบบแจ้งเตือน, ผู้สูงอายุ, เครือข่ายสื่อสารไร้สาย, การหกล้ม

Abstract

The trend of the age proportion of the Thai population is completely stepping into an aging society. One of the main problems is that the elderly being left alone spend their lives to do daily activities difficultly due to physical changes. For example, falls in the elderly are the most common accidents. Therefore the objectives of this research are (1) to develop an alarm and monitoring system for the elderly when the elderly have an accident or injury, and (2) to develop a WiFi network inside residences to bridge data communication between wireless sensing devices and the Raspberry Pi board used as a main controller. The

wireless sensing devices used to detect abnormal and emergency situations included a fall detector with an accelerometer, a motion detector with a camera and a distance sensor, and an emergency push button. When emergency situations were detected according to the pre-defined conditions, i.e., falling or pressing an emergency push button, or no motion within some time intervals, the Raspberry Pi board sent an SMS to a caregiver automatically. The experimental results showed that the intended objectives were achieved when the alarm and monitoring system was tested in both simulation scenarios and real-world situations.

Keywords: Monitoring systems, alarm systems, the elderly, wireless networks, falling

1) บทนำ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางอายุของประชากรแสดงด้วยสัดส่วนของประชากรในวัยต่างๆ เมื่อจำแนกประชากรออกเป็นกลุ่มอายุ 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ประชากรวัยเด็ก (อายุน้อยกว่า 15 ปี) วัยแรงงาน (อายุ 15-59 ปี) และวัยสูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) จะเห็นได้ว่า ในระหว่างปี พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2583 สัดส่วนของประชากรวัยเด็ก และวัยแรงงาน มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่สัดส่วนของประชากรสูงอายุ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และทำให้ประเทศไทยกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ [1] ผลจากการเปลี่ยนแปลงนี้ ทำให้เกิดปัญหาตามมาอีกมากมาย ซึ่งปัญหาที่พบมากที่สุดคือ ปัญหาผู้สูงอายุถูกทิ้งให้อยู่คนเดียว การที่ผู้สูงอายุอยู่เพียงลำพังจะมีอุปสรรคในการดำรงชีวิตหลายอย่างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย อีกทั้งยังเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในผู้สูงอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุบัติเหตุในผู้สูงอายุที่เกิดจากการพลัดตกหกล้ม [2] การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายนี้ ยังทำให้มีโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน เป็นต้น แนวทางในการแก้ปัญหาจากภาครัฐ เช่น การออกตรวจโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเดือนละครั้ง และ การให้มีอาสาสมัคร (อสม.) หมู่บ้านเข้ามา

ดูแลตรวจสอบสุขภาพของผู้สูงอายุ [3] แต่อาสาสมัครนั้นก็ไม่สามารถอยู่กับผู้สูงอายุได้ตลอดเวลาเพราะจำนวนผู้สูงอายุนั้นมีเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ตัวอาสาสมัครเองยังต้องปฏิบัติตามกิจวัตรประจำวันของตนเองอีกด้วย ดังนั้นการดูแลความปลอดภัยของผู้สูงอายุก็ยังไม่สมบูรณ์ ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในช่วงเวลาที่ผู้สูงอายุต้องอยู่บ้านเพียงลำพัง การช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงทีจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

Yu และคณะ [4] ได้ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งสำหรับการตรวจจับการล้มและใช้เครือข่ายบลูทูธในการระบุตำแหน่งที่เกิดการล้ม Lee และคณะ [5] ได้สร้างระบบการตรวจจับการล้มด้วยเซ็นเซอร์วัดความเร่งของโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟนและแจ้งไปยังผู้ดูแล ทั้งยังสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดการล้ม Ko และคณะ [6] ได้พัฒนาระบบเฝ้าติดตามผู้ป่วยสมองเสื่อมโดยใช้โทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน เพื่อบันทึกเส้นทางการเดินและตรวจจับการหกล้ม พร้อมทั้งแจ้งไปยังศูนย์บริการทางการแพทย์ ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน Xiang และ คณะ [7] นำเสนอระบบที่ใช้ omnidirectional vision เพื่อติดตามและจดจำท่าทางของผู้สูงอายุ พร้อมทั้งวิเคราะห์พฤติกรรม เพื่อประเมินความปลอดภัยของผู้สูงอายุ Juang และ Wu [8] ได้นำเสนอการตรวจสอบการหกล้มโดยใช้กล้อง ผู้สูงอายุไม่จำเป็นต้องสวมใส่อุปกรณ์ใดๆ Zhuang และ คณะ [9] ได้พัฒนาอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง ติดบริเวณหน้าอก เพื่อตรวจจับการหกล้ม และ แจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน

จากงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะพบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนั้น เน้นเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง หรือ บางอุปกรณ์ มีข้อจำกัดในการติดตั้งใช้งาน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจัดสร้างระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุขึ้น โดยมุ่งเน้นให้ครอบคลุมในทุกๆ ด้านตามความต้องการของผู้สูงอายุ และ ใช้อุปกรณ์หลายชนิดร่วมกันในการประเมินความปลอดภัยของผู้สูงอายุ อีกทั้งราคาต้องไม่สูงมากนัก กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้สูงอายุที่อยู่กันตามลำพัง อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นในระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนนี้ จะเชื่อมต่อกันด้วยเครือข่ายไร้สายวายฟาย (WiFi) เมื่อเกิดสิ่งผิดปกติหรือเหตุฉุกเฉิน ตัวควบคุมหลักจะแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผู้สูงอายุด้วยข้อความสั้นทางโทรศัพท์ (SMS) และ อินเทอร์เน็ต ในกรณีที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยแจ้งผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้

2) ระเบียบวิธีวิจัย

แนวคิดในการออกแบบระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน คือ พิจารณาทั้งความปลอดภัยจากอุบัติเหตุ การเจ็บป่วย และ กรณีฉุกเฉิน โดยได้ทำการสำรวจความต้องการของผู้สูงอายุ ผู้ดูแล และพยาบาลประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จนได้ข้อสรุปของระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุ คือ

1) อุปกรณ์ที่ผู้สูงอายุต้องสวมใส่ติดตัว ต้องมีขนาดเล็กเพื่อให้พกพาได้สะดวกและกันน้ำได้ เช่น กรณีผู้สูงอายุพกพาเข้าห้องน้ำเนื่องจาก ห้องน้ำ เป็นอีกสถานที่หนึ่ง ที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุกับผู้สูงอายุได้

2) อุปกรณ์ต้องมีน้ำหนักเบาและสามารถวางในบริเวณต่างๆ ได้สะดวก

3) สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลได้อย่างอัตโนมัติ

4) ประหยัดพลังงาน

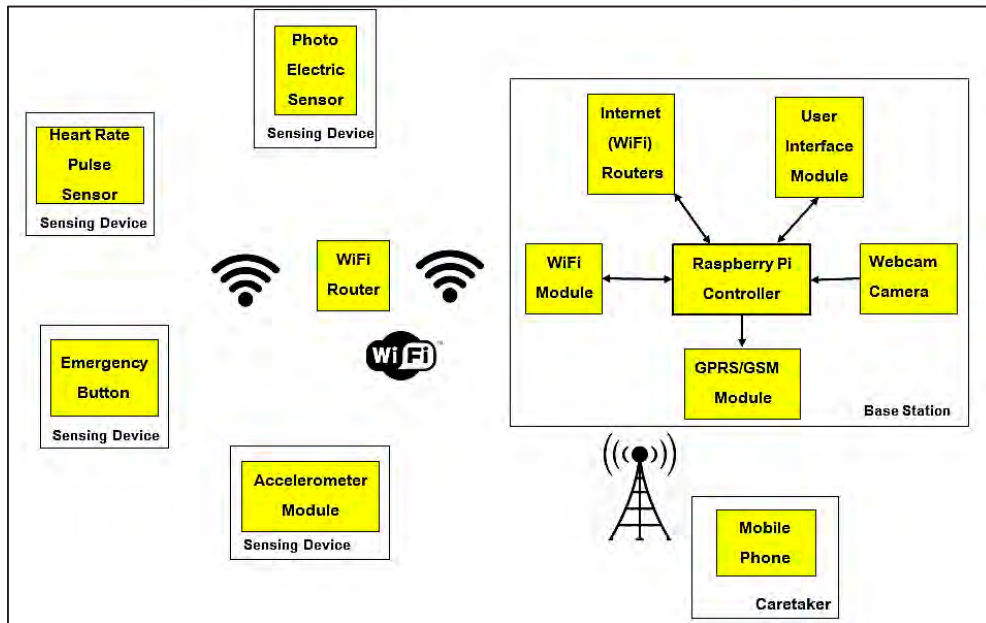
จากความต้องการข้างต้น คณะผู้วิจัยได้ออกแบบระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนเป็นดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ อุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย (wireless sensing devices) และ สถานีฐาน (base station) และมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1: การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของงานวิจัยที่ผ่านมา

งานวิจัย	ข้อดี	ข้อเสีย
Yu และคณะ [4]	1. ระบบตำแหน่งที่เกิดการล้มได้ 2. ใช้เครือข่ายไร้สายแบบ mesh	1. ต้องติดตั้ง relay nodes ให้ครอบคลุมพื้นที่ภายในบริเวณที่ต้องการตรวจจับ 2. ไม่ครอบคลุมหลายๆ กรณีที่อาจเกิดขึ้น 3. ไม่สามารถแจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟนได้
Lee และคณะ [5]	1. ระบบตำแหน่งที่เกิดการล้มได้ 2. ใช้อุปกรณ์เพียงโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน	1. ต้องมีโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน 2. ไม่ครอบคลุมหลายๆ กรณีที่อาจเกิดขึ้น
Ko และคณะ [6]	1. บันทึกเส้นทางการเดินและตรวจจับการหกล้มได้	1. ต้องมีโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน 2. ไม่ครอบคลุมหลายๆ กรณีที่อาจเกิดขึ้น
Xiang และ คณะ [7]	1. ไม่ต้องสวมใส่อุปกรณ์ใดๆ กับผู้สูงอายุ	1. ไม่สามารถตรวจจับในพื้นที่ที่ไม่มีกล้องได้
Juang และ Wu [8]	1. ไม่ต้องสวมใส่อุปกรณ์ใดๆ กับผู้สูงอายุ	1. ไม่สามารถตรวจจับในพื้นที่ที่ไม่มีกล้องได้
Zhuang และ คณะ [9]	1. อุปกรณ์มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา	1. ไม่ครอบคลุมหลายๆ กรณีที่อาจเกิดขึ้น 2. ไม่สามารถแจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟนได้

2.1) อุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย

อุปกรณ์ตรวจจับไร้สายเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์อินพุตแล้วส่งต่อไปยังสถานีฐานผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สาย หลักการในการออกแบบ คือ ใช้แบตเตอรี่ LiPo ชนิด 3.7 V จำนวน 2 ก้อน ยกเว้นสายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้มที่ใช้ขนาด 3.7 V จำนวน 1 ก้อน



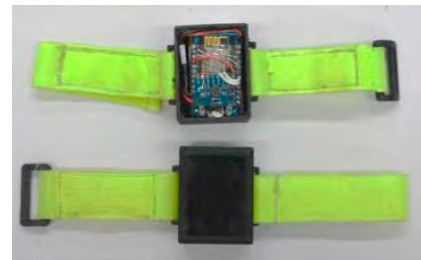
รูปที่ 1: ส่วนประกอบหลักของระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้เครือข่ายสาย

อุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย ใช้ Node MCU (ESP8266) เป็นตัวประมวลผล และ จะทำงานในสถานะ sleep mode เพื่อให้ประหยัดพลังงาน ยกเว้นสายรัดข้อมือ เนื่องจากต้องตรวจจับการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดได้จะถูกส่งกลับมายังตัวประมวลผล โดยจะส่งเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์ผิดปกติหรือฉุกเฉินไปยังสถานีฐานเท่านั้น เพื่อลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ตรวจจับไร้สายที่ใช้ในการส่งข้อมูล และ ช่วยลดภาระการประมวลผลที่สถานีฐาน

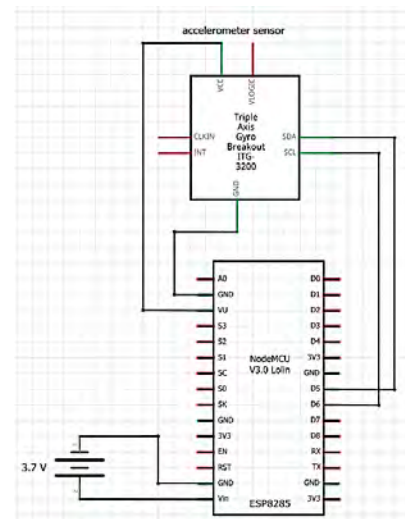
การเชื่อมต่อสื่อสารทั้งระบบเป็นลักษณะ ad hoc และ มี router เป็นตัวช่วยขยายสัญญาณ ทุกอุปกรณ์จะมีการกำหนด IP Address เฉพาะ และ มีการเชื่อมต่อกับสถานีฐานอัตโนมัติเมื่อเริ่มใช้งาน

เพื่อให้ครอบคลุมทั้งกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ การเจ็บป่วย และ กรณีฉุกเฉิน อุปกรณ์ตรวจจับไร้สายในโครงการวิจัยนี้ จึงประกอบไปด้วย

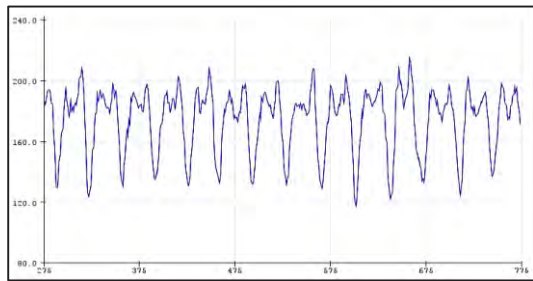
(1) สายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้ม ซึ่งจะสวมใส่ให้กับผู้สูงอายุ อุปกรณ์นี้ ทำหน้าที่ประเมินผู้สูงอายุว่ามีการหกล้มหรือไม่ อุปกรณ์ภายในที่สำคัญประกอบไปด้วย Node MCU และ เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (ADXL-345) ดังแสดงในรูปที่ 2 และการเชื่อมต่อยังวงจรทางไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 3 โดยที่เซ็นเซอร์วัดความเร่งจะส่งค่าความเร่งไปยัง Node MCU ผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ I2C แล้ว Node MCU จะคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ 3 มิติ [10] จากความเร่งทั้ง 3 แกนและส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน ก็ต่อเมื่อมีความเป็นไปได้ที่ผู้สูงอายุจะหกล้ม ไม่ใช่การล้มตัวลงนั่งหรือนอนตามปกติ ตัวอย่างเช่น ผู้สูงอายุเดินแกว่งแขนปกติ ขนาดของเวกเตอร์ 3 มิติ เป็นดังรูปที่ 4 ซึ่ง จะเห็นได้ว่ามีค่าที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง นั่นคือ ผู้สูงอายุยังมีการเคลื่อนไหวปกติ



รูปที่ 2: สายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้ม

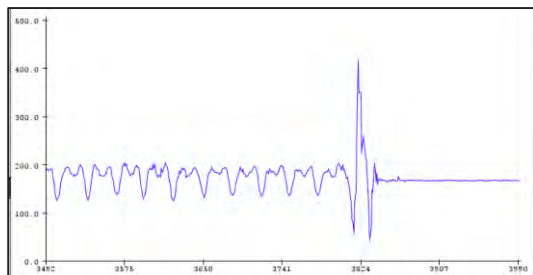


รูปที่ 3: วงจรทางไฟฟ้าของสายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้ม



รูปที่ 4: ขนาดของเวกเตอร์ความเร่ง เมื่อเดินแกว่งแขน

ส่วนกรณีลึมนั้น คณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลและพบว่า ค่าของขนาดของเวกเตอร์ที่เหมาะสมในการแยกแยะระหว่างการเคลื่อนไหวปกติ และการหกล้มหรือล้มตัวลง คือ 310 และ ในการแยกแยะระหว่างการหกล้ม และการล้มตัวลงหนึ่งหรือสองครั้ง จะตรวจจับค่าเวกเตอร์ความเร่งหลังจากผู้สูงอายุล้มตัวลงแล้ว ยังมีค่าสูงสุดย่อย (sub peak) บ่อยหรือไม่ ถ้าเกิดขึ้นบ่อย แสดงว่า ผู้สูงอายุล้มตัวลงหนึ่งหรือสองครั้ง แต่ถ้าเกิดขึ้นน้อย หรือ ไม่มีเลย แสดงว่า ผู้สูงอายุหกล้ม ดังนั้น ขั้นตอนการพิจารณาสรุปได้ดังต่อไปนี้ ขนาดของเวกเตอร์ความเร่งที่เกิน 310 มีจำนวน 1-2 ครั้ง หรือไม่ ถ้าใช่ จะมีการตรวจจับค่าสูงสุดย่อย (sub peak) ถ้าค่าสูงสุดย่อย เกิดขึ้นไม่เกิน 2 ครั้ง ภายใน 5 วินาที แจ้งการหกล้มไปยังสถานีฐาน ตัวอย่างขนาดของเวกเตอร์ความเร่ง 3 มิติในกรณีนี้เป็นดังรูปที่ 5



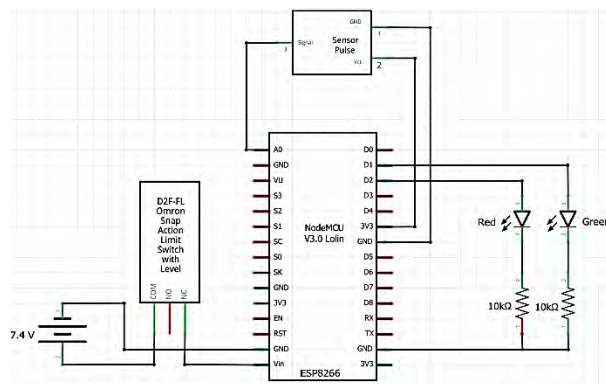
รูปที่ 5: ขนาดของเวกเตอร์ค่าความเร่งเมื่อผู้สูงอายุเดินแกว่งแขนแล้วล้มลงและหมดสติ

(2) อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ทำหน้าที่วัดอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อประเมินสุขภาพของผู้สูงอายุ ซึ่งอุปกรณ์ภายในที่สำคัญประกอบไปด้วย Node MCU, snap action limit switch, หลอดไฟ LED และ pulse heart rate sensor ดังแสดงในรูปที่ 6 และการเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 7 โดยต่อ pulse heart rate sensor เข้ากับ Node MCU ผ่าน analog input และ ต่อ snap action limit switch สำหรับทำหน้าที่เป็นสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟให้กับ Node MCU ขั้นตอนในการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ snap action limit switch ตรวจจับการวางนิ้ว ถ้ามีการวางนิ้ว แบตเตอรี่ Lipo จะจ่ายไฟฟ้าให้กับ Node MCU แล้วหลอดไฟ LED สีแดงสว่าง pulse heart rate sensor ส่งค่าไปยัง Node MCU เมื่อเสร็จสิ้นแล้ว Node MCU ส่งค่าอัตราการเต้นของหัวใจไปยังสถานีฐาน แล้วหลอดไฟ LED สีเขียวสว่างแทนที่ LED สีแดง ผู้สูงอายุ สามารถเอานิ้วออกได้

ในการใช้งาน จะให้ผู้สูงอายุตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุกวัน ระบบจะทำการบันทึกค่าไว้ เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่ง สามารถนำไปวิเคราะห์ถึงโอกาสที่ผู้สูงอายุจะเจ็บป่วยได้



รูปที่ 6: อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

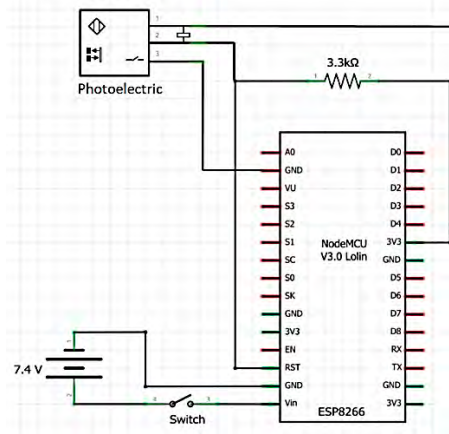


รูปที่ 7: วงจรทางไฟฟ้าของอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

(3) อุปกรณ์ตรวจจับการผ่าน ทำหน้าที่ตรวจวัดการผ่านของผู้สูงอายุ ณ ตำแหน่งที่กำหนด เช่น ตำแหน่งหน้าห้องนอน ห้องครัว หน้าบ้าน ซึ่งเป็นบริเวณที่ผู้สูงอายุ ต้องเดินผ่านเป็นกิจวัตรประจำวัน ข้อมูลส่วนนี้ จะประเมินจากการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุเอง อุปกรณ์นี้ ประกอบไปด้วย Node MCU และ photoelectric sensor ดังแสดงในรูปที่ 8 และการเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 9 ขั้นตอนในการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ Node MCU ทำงานในสถานะ sleep mode เมื่อมีคนเดินผ่าน สัญญาณจาก photoelectric sensor จะถูกส่งไปยังขา reset ของ Node MCU แล้ว Node MCU จะส่งค่าว่ามีคนเดินผ่าน 1 ครั้ง ไปยังสถานีฐาน แล้วกลับสู่สถานะ sleep mode



รูปที่ 8: อุปกรณ์ตรวจจับการผ่าน

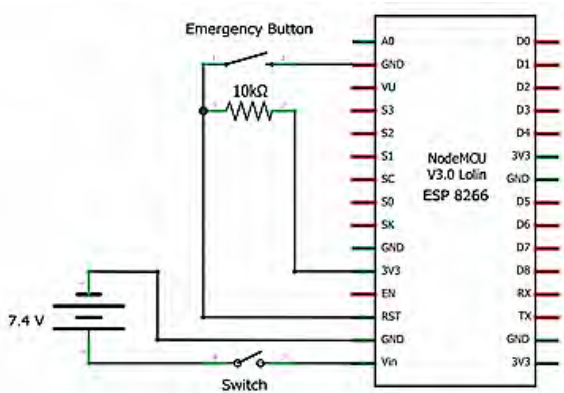


รูปที่ 9: วงจรทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ตรวจการผ่าน

(4) ปุ่มกดฉุกเฉิน ทำหน้าที่รับการกดกรณีฉุกเฉิน สัญญาณการกดปุ่มฉุกเฉิน จะส่งไปยังสถานีฐานผ่านเครือข่ายวายวายวาย ปุ่มฉุกเฉินถูกออกแบบมาให้ผู้สูงอายุสามารถนำมาวางใกล้ๆ ตัวผู้สูงอายุ หรือ วาง ณ ตำแหน่งที่สำคัญ ได้สะดวก เช่น ห้องนอน ห้องน้ำ เพื่อให้ผู้สูงอายุจะสามารถกดได้สะดวกทันทีที่มีเหตุฉุกเฉินเกิดขึ้น อุปกรณ์นี้ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ Node MCU และ ปุ่มฉุกเฉิน ดังแสดงในรูปที่ 10 และการเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 11 ขั้นตอนในการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ Node MCU ทำงานในสถานะ sleep mode เมื่อมีการกดปุ่มฉุกเฉิน สัญญาณจากปุ่มฉุกเฉิน จะถูกส่งไปยังขา reset ของ Node MCU แล้ว Node MCU จะส่งค่าว่ามีการกดปุ่มฉุกเฉิน ไปยังสถานีฐาน แล้วกลับสู่สถานะ sleep mode



รูปที่ 10: ปุ่มกดฉุกเฉิน

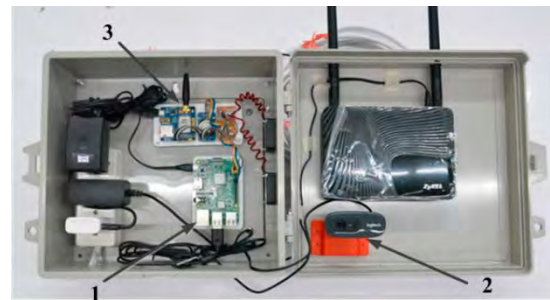


รูปที่ 11: วงจรทางไฟฟ้าของปุ่มกดฉุกเฉิน

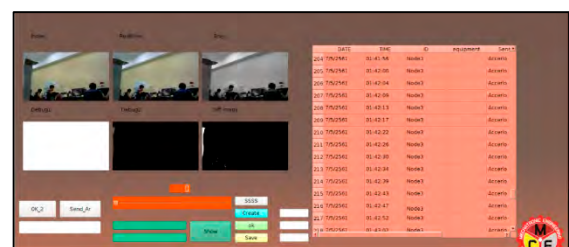
2.2) สถานีฐาน

สถานีฐานใช้บอร์ด Raspberry Pi 3 (รูปที่ 12 หมายเลข 1) เป็นตัวควบคุมหลัก ทำหน้าที่รับค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับไร้สายผ่านเครือข่ายวายวายวายแล้ว ทำหน้าที่ประมวลผลและแสดงผล พร้อมทั้งมีกล้อง (webcam Logitech c270h) สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ดังรูปที่ 12 (หมายเลข 2) ส่วนการแจ้งเตือน จะส่งเป็นข้อความสั้นทางโทรศัพท์ (SMS) ด้วย GPRS/GSM module (Gooouu Tech Mini IOT-GA6 GPRS / GSM module) ดังรูปที่ 12 (หมายเลข 3) และสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้ กรณีที่มีการเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตได้ โดยจะใช้คลาวด์แพลตฟอร์ม (Cloud Platform) ที่ชื่อว่า NETPIE (<http://www.netpie.io>) NETPIE เป็นตัวกลางที่ให้สิ่งต่างๆ (Things) สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ publish/subscribe ทางด้านอุปกรณ์นั้น จะมี client library ที่ชื่อว่า Microgear ทำหน้าที่สร้างและดูแลช่องทางการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE นอกจากนี้ NETPIE ยังมีรูปแบบของ Dashboard ที่เรียกว่า Freeboard ซึ่งสามารถนำไปแสดงผลในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับสถานีฐาน ใช้โปรแกรม Qt สำหรับสร้างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 13 และใช้ OpenCV library สำหรับการประมวลผลภาพเพื่อตรวจจับเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ในส่วนของฐานข้อมูลใช้ SQLite เพื่อเก็บข้อมูลทั้งจากกล้องและจากอุปกรณ์ตรวจจับไร้สายทุกตัว ข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาวิเคราะห์กิจกรรมประจำวันของผู้สูงอายุได้ เช่น เวลาเข้านอน และ เวลาตื่นนอน เป็นต้น และ วิเคราะห์แนวโน้มของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งสามารถบ่งบอกอาการป่วยได้



รูปที่ 12: สถานีฐาน



รูปที่ 13: โปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งาน

สถานการณ์ผิดปกติและฉุกเฉิน จะพิจารณาทั้งกรณีที่เกิดจากอุบัติเหตุ การเจ็บป่วย และฉุกเฉิน โดยแบ่งได้เป็น 4 กรณี ถ้าหากเป็นไปตามเงื่อนไขกรณีใดกรณีหนึ่ง ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลอย่างอัตโนมัติ ทั้ง 4 กรณีนี้ ได้แก่

- (1) ผู้สูงอายุไม่ได้เดินผ่านบริเวณที่กำหนดและกล้องตรวจจับไม่เจอ การเคลื่อนไหวในช่วงเวลาที่กำหนด และสายรัดข้อมือไม่ทำงาน
- (2) ผู้สูงอายุเกิดการล้มแบบฉับพลัน
- (3) มีการกดปุ่มฉุกเฉิน
- (4) อัตราชีพจร มีแนวโน้มลดลงในแต่ละวัน

3) ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ และทดสอบจริงในที่อยู่อาศัยของผู้สูงอายุ ในกรณีทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ พบว่า การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ, การกดปุ่มฉุกเฉิน และการตรวจจับการผ่านและเคลื่อนไหวทั้งแบบที่ใช้ photoelectric sensor และ กล้อง ทั้งหมดทำงานได้ถูกต้อง และ ในกรณีของสายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้มนั้น การจำลองแบ่งเป็น 3 ลักษณะ ดังตารางที่ 2 คือ การล้มแบบสะดุด (tripping), การล้มแบบลื่นไถล (slipping) และ การล้มเพราะหน้ามืด (fainting) ซึ่งการล้มทั้ง 3 ลักษณะมีความแตกต่างกัน คือ การล้มแบบสะดุด และการล้มแบบลื่นไถล จะเป็นการล้มแบบไม่ได้ตั้งใจ เป็นแบบทันทีทันใด แต่กรณีล้มเพราะหน้ามืด เป็นการที่ร่างกายค่อยๆ หبوطตัวลงมา อาจจะเร็วหรือช้า [9]

ตารางที่ 2: ความถูกต้องของสายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้ม จากการทดสอบ 20 ครั้ง

ลักษณะการล้ม	ความถูกต้องในการตรวจจับ (ครั้ง)	ร้อยละความถูกต้อง (%)
การล้มแบบสะดุด	17	85
การล้มแบบลื่นไถล	18	90
การล้มเพราะหน้ามืด	11	55

จากการทดลอง 20 ครั้ง พบว่าความถูกต้องเนื่องจาก การล้มเพราะหน้ามืด จะมีค่าต่ำสุด เพราะว่า เป็นการล้มที่ตรวจจับค่อนข้างยาก ต้องอาศัยเซ็นเซอร์ชนิดอื่นร่วมด้วย ส่วนในการแจ้งเตือน ผู้ดูแลจะได้รับข้อความผ่านโทรศัพท์มือถือ ดังตัวอย่างในรูปที่ 14

ในการติดตั้งทดสอบจริงในที่อยู่อาศัยของผู้สูงอายุนั้น คณะผู้วิจัยได้นำระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุติดตั้งจริงที่บ้านหนองแสง ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม โดยเลือกบ้าน 2 หลัง ที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นั่นคือ ผู้สูงอายุอยู่บ้านเพียงลำพัง เป็นเพศหญิง 1 ท่าน อายุ 73 ปี และ เพศชาย 1 ท่าน อายุ 68 ปี รูปที่ 15 แสดงตำแหน่งการวางปุ่มกดฉุกเฉิน ซึ่งเป็นบริเวณที่ผู้สูงอายุสามารถกดปุ่มได้สะดวก รูปที่ 16 แสดงการติดตั้งสายรัดข้อมือให้กับผู้สูงอายุ รูปที่ 17 แสดงตำแหน่งการติดตั้งสถานีฐาน กล้อง และ WiFi router โดยที่กล้องจะถูกติดตั้งให้มีมุมมองครอบคลุมบริเวณที่ผู้สูงอายุทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน และ รูปที่ 18 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการผ่าน โดยตรวจจับ ณ ตำแหน่งประตู

ทางออกของห้องนอน ในการทดสอบนี้ ได้ติดตั้งเป็นเวลา 7 วัน โดยเก็บข้อมูล วัน, เวลา, สถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเฝ้าติดตาม และแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุ ลงในฐานข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์



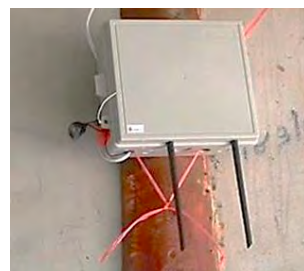
รูปที่ 14: ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้นทางโทรศัพท์ (SMS)



รูปที่ 15: ตำแหน่งการวางปุ่มกดฉุกเฉิน



รูปที่ 16: การใช้สายรัดข้อมือตรวจจับการเคลื่อนไหวและหกล้ม



รูปที่ 17: การติดตั้งสถานีฐานและ router



รูปที่ 18: ตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับการผ่าน

เมื่อทดสอบครบ 7 วัน คณะผู้วิจัยได้สอบถามผู้ใช้งานด้วยแบบประเมินความพึงพอใจหลังจากการใช้งาน พบว่า มีระดับความพึงพอใจในระดับดี ผู้สูงอายุมีความต้องการให้สายรัดข้อมือมีขนาดเล็กลง และ มีความกังวลเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

4) สรุป

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุ เมื่อผู้สูงอายุประสบอุบัติเหตุหรือเจ็บป่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีที่ผู้ป่วยอยู่เพียงลำพัง และเพื่อพัฒนาระบบสื่อสารเซ็นเซอร์ไร้สายภายในที่อยู่อาศัย ส่วนประกอบหลัก คือ อุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย ทำหน้าที่รับค่าต่างๆ จากเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์อินพุต แล้วส่งต่อไปยังสถานีฐาน ผ่านทางเครือข่ายวายฟาย สถานีฐานทำหน้าที่ประมวลผลและแสดงผล พร้อมทั้งตัดสินใจในการส่งแจ้งเตือนด้วยข้อความสั้นทางโทรศัพท์ (SMS) หรือ แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ต ได้ ผลการทดลอง พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ ทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์

งานวิจัยในอนาคต จะมุ่งเน้นไปที่ สายรัดข้อมือสำหรับตรวจจับการล้ม โดยจะปรับแก้ให้มีกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้ได้การตัดสินใจที่ถูกต้องมากขึ้น ขนาดวงจรจะมีขนาดเล็กลง และ มีการประจุไฟแบตเตอรี่ที่สะดวกมากขึ้น เช่น แบบไร้สาย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ คือ คุณปราโมทย์ หามาลา ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหนองแวง และ คุณสุกัญญา วัฒนประไพจิต พยาบาลวิชาชีพชำนาญการ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหนองแวง ตำบลแวงนาง อำเภอมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่สละเวลาในการหาสถานที่ในการทดสอบและให้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้สูงอายุ และ ขอขอบพระคุณ ผู้สูงอายุ ณ บ้านหนองแสง ตำบลแวงนาง อำเภอมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่เป็นผู้ทดสอบการใช้งานระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน ทำให้คณะผู้วิจัยได้ข้อมูลในการใช้งานจริง

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย วิศวกรรมศาสตร์บริการ (สาขาวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์) งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2561

REFERENCES

- [1] Office of the National Economic and Social Development Council, *Population projection for Thailand 2010 – 2040. (In Thai)*. Bangkok : Office of the National Economic and Social Development Council, 2013.
- [2] Y.S. Delahoz and M.A. Labrador, "Survey on fall detection and fall prevention using wearable and external sensors," *Sensors*, vol. 14, no. 10, pp. 19806–19842, 2014.
- [3] S. Eamsamai, R. Mhuansit and C. Thongmag, "An elderly care model among caregiving volunteers at Phukrang municipality, Amphur Praputthabat, Saraburi province," (In Thai). *Nursing Journal of the Ministry of Public Health*, vol. 22, no. 3, pp. 77-87, 2012.
- [4] T. Yu, A. Stamm and R. Hartanto, "Design and implementation of a Bluetooth low energy-based local area network for fall detection," in *Proc. 12th Conference of the International Sports Engineering Association*, Queensland, Australia, March 26-29, 2018.
- [5] Y. Lee, H. Yeh, K. Kim and O. Choi, "A real-time fall detection system based on the acceleration sensor of smartphone," *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 10, pp. 1–8, 2018.
- [6] C. Ko, F. Leu and I. Lin, "A wandering path tracking and fall detection system for people with dementia," in *Proc. 9th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications*, Guangdong, China, November 8-10, 2014.
- [7] Y. Xiang, Y. Tang, B. Ma, H. Yan, J. Jiang and X. Tia, "Remote safety monitoring for elderly persons based on omni-vision analysis," *PLoS ONE*, vol. 10, no. 5, e0124068, 2015.
- [8] L.H. Juang and M.N. Wu, "Fall down detection under smart home system," *Journal of Medical Systems*, vol. 39, no. 10, pp. 1–12, 2015.
- [9] W. Zhuang, X. Sun, Y. Zhi, Y. Han and H. Mao. "A novel wearable smart button system for fall detection," in *Proc. the 1st International Conference on Materials Science, Energy Technology, Power Engineering (MEP 2017)*, Hangzhou, China, April 15-16, 2017, pp. 020075-1 - 020075-6.
- [10] V. Muenruekam, V. Sudkratok, S. Surarochprajak and T. Thongkrau, "Automatic accident alert system using multi-layer perceptron," (In Thai). *TNI Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 49 – 53, 2017.

การประยุกต์ใช้ลีน ซิกซ์ ซิกม่า ในอุตสาหกรรมการผลิตแก้วไวน์

Application of Lean Six Sigma in Wine Glass Manufacturing Industry

พานุวัฒน์ ชนานสกุลวงศ์¹ อุษณีย์ ปุรินทรภิบาล²
Panuwat Tanasanskulwong¹ Ussanee Purintrapiban²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Department of Production Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi

¹panuwat_tanasan@hotmail.com

²ussaneei.pur@kmutt.ac.th

รับต้นฉบับ: 2 มีนาคม 2562; รับบทความฉบับแก้ไข: 16 พฤษภาคม 2562; ตอบรับบทความ: 17 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการผลิตแก้วไวน์ มีสภาวะการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วท่ามกลางการแข่งขันที่รุนแรง ทำให้ต้องมีการพัฒนาองค์กรอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง ราคาขายสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก งานวิจัยนี้นำแนวคิดวิธีลีน ซิกซ์ ซิกม่า ปรับปรุงกระบวนการผลิตแก้วไวน์ โดยดำเนินการ 5 ขั้นตอนได้แก่ ในขั้นตอนแรกการนิยามปัญหา ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ไร้ระนาบ จากนั้นในขั้นตอนที่สองการวัดผล ได้ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงตรงของระบบการวัด ขั้นตอนที่สามการวิเคราะห์ปัญหา งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ P-M เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาฐานแก้วไวน์ไม่ไร้ระนาบ ขั้นตอนที่สี่การปรับปรุงแก้ไข ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติ เพื่อกำหนดระดับปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ไร้ระนาบน้อยสุด และในขั้นตอนที่ห้าการควบคุมและกำหนดวิธีการควบคุม จากการดำเนินการพบว่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ไร้ระนาบลดลงจาก 3.20% เป็น 1.73% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งลดลงมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: แก้วไวน์, ลีนซิกซ์ ซิกม่า, การวิเคราะห์ P-M, การบีบขึ้นรูป

Abstract

Manufacturing in today's Glass Industry is rapidly changing as the result of the intense competition in the market nowadays. The organizations will have to be continuously developed in order to improve the production especially in term of cost reduction and price to be more competitive in the world market. This research aims to apply Lean Six Sigma for the production process improvement. It consists of five basic phases. The Define phase is the first phase of Lean Six Sigma. In this phase, a problem statement was set that was to reduce the percentage of non-conforming wine glass with non-flat at the bottom. The next one is the Measure phase. The precision and accuracy of the measurement system were analyzed. The third phase is the Analysis phase. To investigate the root causes of the problem, the Physical phenomena –

Mechanism Analysis was applied. The following phase is the Improve phase. The statistical techniques were used to determine the appropriate levels of the process parameters that lead to the minimum number of non-flat wine glass foot. The fifth phase is the Control phase. To ensure the process being managed and monitored properly, the controlling methods was proposed. As shown in the results, the percentage of non-conforming products had been decreased from 3.20% to 1.73%, which it is even lower than the target set.

Keywords: Wine Glass, Lean Six Sigma, P-M Analysis, Pressing Process

1) บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องแก้วบนโต๊ะอาหารโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์กลุ่มแก้วไวน์มีการแข่งขันที่สูงขึ้น ทั้งทางด้านราคาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้บริษัทผู้ผลิตเครื่องแก้วหลายรายพยายามสรรหาเทคโนโลยีในการผลิตที่ทำให้มีต้นทุนต่ำ และมีความได้เปรียบทางการแข่งขัน งานวิจัยฉบับนี้จึงต้องการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพและลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดในการผลิต เพื่อส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง จากการศึกษาพบว่าในปัจจุบันผลิตภัณฑ์แก้วไวน์ในโรงงานกรณีศึกษา มียอดการผลิตต่อปีประมาณ 3 ล้านชิ้น และพบปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต จากข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2560 ประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทแก้วไวน์ไม่ไร้ระนาบ คิดเป็น 3.20% ของการผลิตแก้วไวน์รุ่นที่ศึกษา ซึ่งมีมูลค่าความเสียหายรวมกว่า 797,000 บาท ดังนั้นงานวิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิตแก้วไวน์

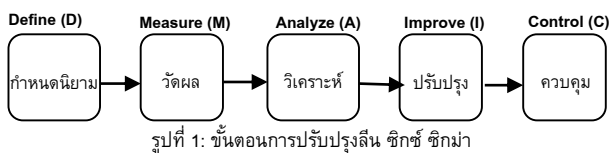
จากสภาวะการณ์ดังกล่าว หลักการลีนซิกซ์ ซิกม่า เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเข้ามาช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้เนื่องจากจุดมุ่งหมายของการทำ ลีนซิกซ์ ซิกม่า มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อ

สร้างผลกำไร โดยลดความแปรปรวน ลดความสูญเสียต่างๆ ผ่านกระบวนการ DMAIC [1] โดยใช้เทคนิค Physical phenomena – Mechanism Analysis ในการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ทราบถึงกลไกของการเกิดอาการที่ส่งผลกระทบต่อให้เกิดฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับน้ำหนักในเชิงกายภาพตามหลักการและกฎเกณฑ์ [2] จนสามารถลดสัดส่วนผลิตภัณฑ์ฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับน้ำหนัก เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพ

2) ทัศนวิสัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1) แนวทางการดำเนินงานหลักการสึน ชิกซ์ ชิกม่า [1]

สึน ชิกซ์ ชิกม่า เป็นการบูรณาการแนวคิดในการพัฒนาปรับปรุง Lean Manufacturing และ Six Sigma เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นการลดความไม่แน่นอน หรือการลดความผันแปรของกระบวนการ และการปรับปรุงขีดความสามารถในการทำงานให้ได้เป้าหมายที่กำหนด เพื่อนำมาซึ่งความพอใจของลูกค้า และผลที่ได้รับสามารถวัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน ระเบียบวิธีการแก้ปัญหาที่มีแบบแผนและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกวงการอุตสาหกรรม ตัวอักษรเป็นตัวย่อแทน 5 ขั้นตอนการปรับปรุง คือ DMAIC ขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้จะนำทีมงานด้วยหลักเหตุและผลตั้งแต่การกำหนดนิยามปัญหา ดังรูปที่ 1



ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้นำเอาหลักการสึน ชิกซ์ ชิกม่า และเครื่องมือทางสถิติไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิเช่น การแปรรูปพลาสติก [3] โดยสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลงจาก 58,120 ppm เหลือ 28,870 ppm รวมทั้งในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ [4] ที่ได้นำเทคนิค DMAIC มาใช้เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพของการประกอบสปริงในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถลดของเสียลงจาก 24,604 DPPM เหลือเพียง 4,545 DPPM หรือลดลงประมาณ 81.53 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ [5] ได้ดำเนินการค้นหาปัญหาและสาเหตุที่สำคัญ ตามหลักการสึน ชิกซ์ ชิกม่า เพื่อนำไปสู่การลดข้อบกพร่องจากกระบวนการเจาะและขึ้นสกรู สามารถลดข้อบกพร่องจากการประกอบลง 84 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาในการผลิตที่เกินค่ามาตรฐาน เพื่อแก้ไขขั้นตอนที่เป็นคอขวดในการผลิต โดยใช้การปรับสมดุลไลน์การผลิต ซึ่งสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 29 เปอร์เซ็นต์ และในอุตสาหกรรมแร่เหล็ก [6] มีการดำเนินการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเน้นการวิเคราะห์ของเสียโดยใช้การทำแผนภาพกิจกรรมของกระบวนการเตรียมแร่เหล็ก พบว่ากิจกรรมที่ไม่ใช่การเพิ่มมูลค่าประกอบด้วย 33.67% สำหรับส่วนที่สองนั้น จากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์การแปรรูป เกิดจากการปนเปื้อนจากเศษฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ แก้ไขโดยการออกแบบตัวกรองฝุ่นแบบใหม่โดยติดตั้งไวโรมอเตอร์และก๊าซไนโตรเจน เพื่อให้การดักจับเศษฝุ่นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกจากอุตสาหกรรมการผลิตแล้ว สึน ชิกซ์ ชิกม่ายังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการบริการ ดังในอุตสาหกรรมทางการแพทย์และ

โรงพยาบาล [7] ทำการลดต้นทุนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างถุงเลือดกับเข็มเจาะเลือด โดยการลดการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อหรือตัวคอนเน็คเตอร์ สิ่งที่ทำให้โครงการนี้ประสบผลสำเร็จคือ การวิเคราะห์กระบวนการเจาะเลือดอย่างละเอียดทำให้สามารถยกเลิก อุปกรณ์บางชิ้นได้ ส่งผลให้ในระยะเวลา 26 เดือน สามารถลดต้นทุนได้ 107,315 เหรียญ จากงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า สึน ชิกซ์ ชิกม่าประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2) แนวทางการวิเคราะห์ Physical phenomena – Mechanism Analysis (P-M Analysis)

การวิเคราะห์ P-M Analysis เป็นวิธีการที่ได้ถูกรวบรวมเพื่อใช้ปรับปรุงประเด็นที่เป็นปัญหาในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาโดย Shirose [2] ได้ให้นิยามไว้ดังนี้การวิเคราะห์ P-M Analysis หมายถึง “แนวความคิดที่ทำให้ทราบถึงกลไกของการเกิดปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจน โดยการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ของการเกิดความบกพร่องที่แท้จริงในเชิงกายภาพตามหลักการและกฎเกณฑ์ ทำให้สามารถรวบรวมปัจจัยทั้งหมดที่คิดว่าจะส่งผลกระทบต่อเกิดความบกพร่องนั้นได้โดยใช้หลักเหตุและผลจากการพิจารณาหลักการการทำงานของเครื่องจักร คน วัสดุ และวิธีการ ในงานวิจัยหลายงานที่ได้นำหลักการ P-M Analysis ประยุกต์ใช้ ดังเช่นในงานอุตสาหกรรมการตัดแผ่นโลหะด้วยเลเซอร์ [8] เพื่อหาสาเหตุและวิธีป้องกันปัญหาการหยุดกะทันหัน ของเครื่องตัดซีเอ็นซี เลเซอร์ ให้มีความพร้อมจากเดิม 91.50% เป็น 100% นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากโลหะแผ่น [9] โดยใช้หลักการ P-M วิเคราะห์หาสาเหตุ พบว่าสาเหตุของชิ้นงานเป็นรอยขีดข่วน คือ ขอบของแม่พิมพ์เกิดครีบ ทำให้ใส่พินล็อกแม่พิมพ์มีความสูงไม่สม่ำเสมอ เกิดรอยขีดข่วน และสามารถลดค่าใช้จ่ายจากข้อบกพร่องเรื่องชิ้นงานที่เป็นรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต

2.3) เทคโนโลยีการผลิตแก้ว [10]

รายละเอียดทฤษฎีในส่วนนี้มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์สาเหตุ โดยจะกล่าวถึง กระบวนการบ่มขึ้นรูปแก้ว สมบัติของแก้วหรือน้ำแก้วที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการขึ้นรูป ได้แก่ ความยืดหยุ่น ความหนืดและระยะเวลาที่ใช้ในการปลดปล่อยความเครียด โดยปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการลดความเครียดของแก้วคือความหนืดของแก้ว ความหนืดที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตจะสรุปไว้ในตาราง 1 ความหนืดที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง $10^3 - 10^7$ พอยส์ ความหนืดจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ดังนั้นช่วงความหนืดที่เหมาะสม ก็สามารถควบคุมได้โดยควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม นอกเหนือจากนั้นจะต้องคำนึงถึงค่าการขยายตัวเพราะความร้อนของแก้ว แรงตึงผิว รวมไปถึงการถ่ายเทความร้อน จากแก้วไปสู่แม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดความเครียดในแก้ว หากการถ่ายเทความร้อนดีมาก แก้วจะเริ่มแตกที่ผิวก่อน เนื่องจากเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวแก้วและภายในเนื้อแก้ว หรือหากการถ่ายเทความร้อนไม่ดีแก้วจะติดอยู่กับแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะได้ เนื่องจากแก้วหดตัวช้าทำให้หลุดออกจากแม่พิมพ์โลหะได้ยาก อย่างไรก็ตามการควบคุมการถ่ายเทความร้อนของแก้วทำได้ยากมาก

ตารางที่ 1 ความหนักที่เหมาะสมของแต่ละช่วงในขั้นตอนการผลิตแก้ว

กระบวนการผลิต	ค่า log (ความหนัก;พอยส์)
ขั้นตอนการหลอม	1.7 - 2.0
ขั้นการทำให้ส่วนผสมเข้ากัน	2.0 - 2.5
ขั้นตอนการขึ้นรูป และ หลังขึ้นรูป	2.5 - 8.0
-จุดอ่อนตัว	7.6
ขั้นตอนการอบอ่อน	12.0 - 15.0
-การอบอ่อน	13.0
-จุดความเครียดต่ำ	14.5

* $\log$ [ความหนักในหน่วยพอยส์] = $\log$ [ความหนักในหน่วยพาสคัลวินาที (Pa·S)] + 1
10 พอยส์ หรือ $10 P = 1 Pa \cdot S$

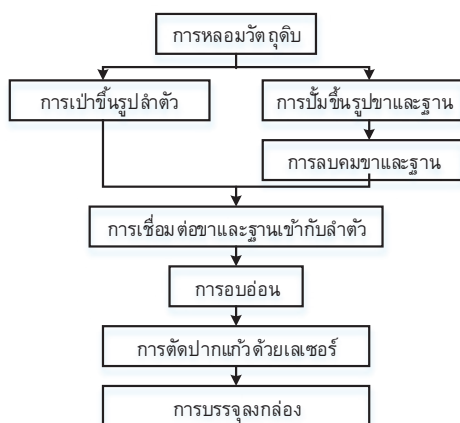
3) ระเบียบวิธีและขั้นตอนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในการลดปัญหาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ได้ระนาบ เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตแก้วไวน์ โดยดำเนินขั้นตอนการวิจัยตามขั้นตอน DMAIC ของหลักการสีน ซิกซ์ ซิกมา โดยรายละเอียดดังนี้

3.1) การศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดปัญหา (Define Phase) ผลิตภัณฑ์แก้วไวน์ของโรงงานกรณีศึกษา จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ลำตัวแก้ว (Blow) ขาแก้ว (Stem) ฐานแก้ว (Foot) ดังรูปที่ 2 โดยมีขั้นตอนกระบวนการผลิตทั้งหมด 8 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2: ส่วนประกอบของแก้วไวน์



รูปที่ 3: กระบวนการผลิตแก้วไวน์

ทั้งนี้ เพื่อให้เข้าใจถึงแนวคิดกระบวนการทำงานของโรงงานและความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้ส่งมอบและลูกค้าสำคัญ รวมถึงความคาดหวังของลูกค้าสำคัญที่มีต่อผลิตภัณฑ์แก้วไวน์ ตัวแบบ SIPOC

และความคาดหวังลูกค้าสำคัญต่อผลิตภัณฑ์แก้วไวน์ แสดงไว้ในรูปที่ 4 และตารางที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 4: ตัวแบบ SIPOC ของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 2: ความคาดหวังลูกค้าสำคัญต่อผลิตภัณฑ์แก้วไวน์

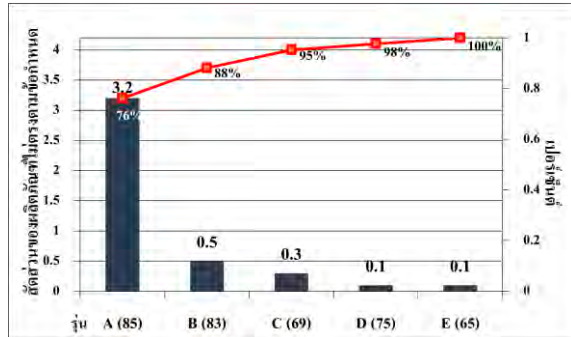
ประเภทของลูกค้า	ความคาดหวังลูกค้า	มุมมองลูกค้า
กลุ่มลูกค้าที่นำไปเสนอขายให้กับลูกค้าโรงแรมร้านอาหารระดับ 5 ดาว	ด้านคุณภาพ	ผลิตภัณฑ์ตรงตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ เนื้อแก้วมีความใสไม่มีฟองอากาศหรือจุดแตกขนาดเล็กซ่อนอยู่ รูปทรงในส่วนลำตัวขา และฐานไม่บิดเสียรูป
	ด้านราคา	ราคาขายต่อหน่วยเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ และราคาไม่สูงเกินกว่าคู่แข่ง
	ด้านการส่งมอบ	ส่งมอบตรงตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการโดยสินค้าตรงตามเวลาและสถานที่ที่กำหนด

จากการศึกษาข้อมูลทางด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ในกลุ่มลูกค้าส่งมอบต่างประเทศซึ่งเป็นลูกค้าสำคัญ ตั้งแต่เดือน ม.ค. - ธ.ค. 2560 ผ่านแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 5 จากรูปสามารถมองเห็นได้ชัดเจนว่าจากข้อมูลแสดงภาพรวม พบผลิตภัณฑ์แก้วไวน์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดมากที่สุด คือ ประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ได้ระนาบ (Rocker) คิดเป็นสัดส่วน 6.94% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด นอกจากนี้ ข้อมูลข้างต้นถูกเก็บสะสมตามเวลาและมีความสอดคล้องกับหลักการพาเรโต จึงตีความได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพ อีกทั้งสามารถสะท้อนถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาเรื้อรัง [11] โดยส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายระหว่างมีการร้องเรียนของลูกค้าเกิดขึ้น



รูปที่ 5: แผนภาพพาเรโตแสดงสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดฐานแก้วไวน์ในแต่ละประเภท

เมื่อพิจารณารุ่นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับนาบ ดังรูปที่ 6 จากรูปเป็นไปตามหลักการพาเรโตเช่นกัน โดยการจำแนกข้อมูลตามรุ่นแก้วไวน์สามารถมองเห็นได้ชัดเจนจากข้อมูลแสดงภาพรวมของรุ่นที่พบมากที่สุดคือ รุ่น A(85)



รูปที่ 6: แผนภาพพาเรโตแสดงสัดส่วนฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับนาบในแต่ละรุ่น

ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกศึกษาถึงสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับนาบในรุ่น A(85) และหาวิธีการเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด

3.2) การวัดสมรรถนะของกระบวนการ (Measure Phase)

3.2.1) การวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัด วิธีการตรวจสอบระบบของชิ้นงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุลงกล่องนั้น ทางบริษัทกรณีศึกษาจะใช้แผ่นเพลทที่มีความเรียบและได้รับนาบมาทำการตรวจสอบ ขั้นตอนการตรวจสอบ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำผลิตภัณฑ์แก้วไวน์วางลงบนเพลท
2. ใช้ปลายนิ้วกดลงบนปากแก้วไวน์
3. ตรวจสอบชิ้นงานนั้นเอียงไปมาหรือไม่

การพิจารณาคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามข้อกำหนด ผ่าน (G) คือ ชิ้นงานต้องอยู่นิ่งอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนไหวหรือไม่เอียงเมื่อใช้แรงกดลงขอบปากแก้ว และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด ไม่ผ่าน (NG) คือ ชิ้นงานที่เคลื่อนไหวหรือเอียงไปมาเมื่อใช้แรงกดลงขอบปากแก้ว โดยระบบการวัดของบริษัทกรณีศึกษา พนักงานตรวจสอบผ่านการประเมินรีฟิเททเบิล การประเมินผลความไม่ไปอัสของพนักงานตรวจสอบโดยมีความสามารถในการตรวจสอบที่ให้ผลเหมือนกันและถูกต้องตามคุณภาพแท้จริง ซึ่งมีการทดสอบความแม่นยำในการตรวจสอบซ้ำภายในกลุ่มเดียวกัน และการทดสอบซ้ำเมื่อเทียบกับชิ้นงานมาตรฐาน

3.2.2) การวัดผลสำเร็จของการแก้ไขปัญหา เพื่อเป็นการวัดผลสำเร็จของงานวิจัย แก้วไวน์รุ่น A (85) เป้าหมายในการลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด จากเดิม 3.20% เป็น 1.97% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ได้ดังสมการ

$$\begin{aligned} \text{Goal} &= \text{Baseline} + 75\% (\text{Entitlement} - \text{Baseline}) \quad (3.1) \\ &= 3.20 + 75\%(1.56 - 3.20) \\ &= 1.97\% \end{aligned}$$

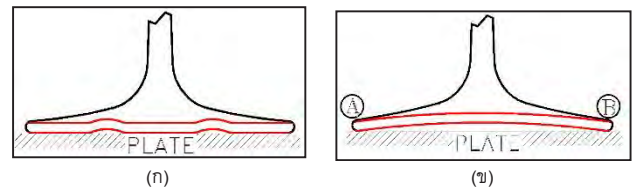
เมื่อ Goal คือ เป้าหมายของงานวิจัย

Baseline คือ เปอร์เซนต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดเฉลี่ย

Entitlement คือ เปอร์เซนต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดน้อยที่สุด 75% คือ ค่าที่โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้กำหนดขึ้น เพื่อต้องการลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลงมาจากค่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

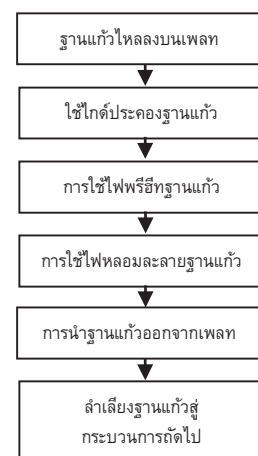
3.3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดจากกระบวนการผลิตแก้วไวน์ พบว่าประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับนาบ สามารถแบ่งแยกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ฐานเป็นคลื่นและฐานโค้ง โดยพบ 12% และ 88% ของผลิตภัณฑ์ประเภทฐานแก้วไวน์ไม่ได้รับนาบทั้งหมด ตามลำดับ ดังรูปที่ 7



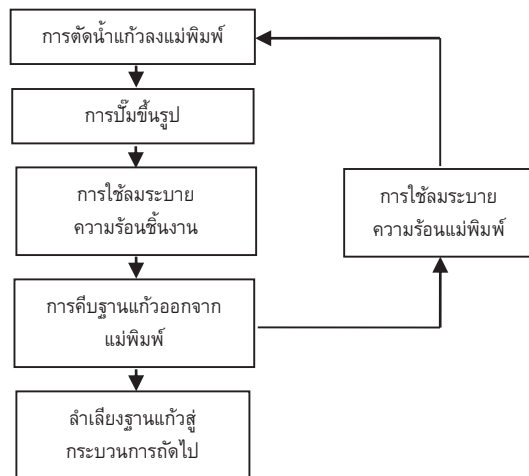
รูปที่ 7: ลักษณะฐานแก้วไม่ได้รับนาบ (ก) ฐานเป็นคลื่น (ข) ฐานโค้ง

จากรูปที่ 7 (ก) พบว่า ลักษณะฐานเป็นคลื่น เมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดและทำการศึกษารายละเอียดการผลิตแก้วไวน์อย่างละเอียด พบว่าในขั้นตอนบ่มขึ้นรูปขาและฐาน ไม่สามารถจะทำให้เกิดลักษณะฐานเป็นคลื่นได้ เนื่องจากขาและฐานแก้วหลังจากการบ่มขึ้นรูปขึ้นงานยังอยู่ในแม่พิมพ์จนกว่าขาและฐานแข็งตัว หลังจากนั้นจึงทำการคืบชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ สิ่งที่จะสามารถทำให้ฐานเป็นคลื่นได้นั้น ขอบชิ้นงานฐานแก้วจะต้องอยู่อย่างอิสระไม่ได้อยู่ในแม่พิมพ์ เมื่อขอบด้านข้างฐานได้รับความร้อนเกินจุดหลอมเหลวของแก้ว และมีแรงมากระทำจากด้านข้างของชิ้นงานอย่างรุนแรง จึงจะส่งผลทำให้ชิ้นงานเสียรูปฐานเป็นคลื่น ซึ่งตรงกับขั้นตอนการลบคมขาและฐาน พบในช่วงการใช้ไฟฟรียฐานแก้ว และการใช้ไฟหลอมละลายฐานแก้ว ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8: ขั้นตอนลบคมขาและฐาน

จากรูปที่ 7 (ข) ลักษณะฐานโค้ง เมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดและทำการศึกษาค้นคว้าขั้นตอนการผลิตแล้วพบว่าสิ่งที่สามารถทำให้ฐานโค้งได้นั้น ฐานแกว่มีการเสียรูปจากการเซ็ดตัวไม่สมบูรณ์ของน้ำแกว่ หรือมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างฐานแกว่กับแม่พิมพ์โลหะมากเกินไป จึงจะส่งผลทำให้ชิ้นงานเสียรูปฐานโค้งมีลักษณะโค้งในทิศทางตรงกันข้ามเสมอและมี 2 จุดสัมผัสพื้น จุด A และ B ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วจะตรงกับขั้นตอนบีบขึ้นรูปขาและฐาน อาจจะเป็นในช่วงการบีบขึ้นรูป การใช้ลมระบายความร้อนชิ้นงานและการใช้ลมระบายความร้อนแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9: ขั้นตอนบีบขึ้นรูปขาและฐาน

ขั้นตอนต่อไปนี้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดทั้ง 2 ลักษณะ ฐานเป็นคลื่น และฐานโค้ง ซึ่งเห็นได้ว่าลักษณะชิ้นงานมีตำแหน่งเสียหายที่ชัดเจน และซ้ำที่เดิมมีแพทเทิร์นเกิดขึ้นกับฐานแกว่ ซึ่งเครื่องมือที่จะมาใช้ในการวิเคราะห์หาสิ่งผิดปกติปรากฏของการเกิดความบกพร่องที่เรื้อรังนั้นในเชิงกายภาพตามหลักการและกฎเกณฑ์ ใช้หลักเหตุและผลจากการพิจารณาหลักการการทำงานของเครื่องจักร คน วัสดุ และวิธีการ [2] โดยใช้หลักการ P-M Analysis หลักการ 3 จึงทำให้การวิเคราะห์ P-M Analysis สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นตามหลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องจักร , กลไกการทำงานแนวทางการวิเคราะห์ P-M Analysis นั้นมีขั้นตอนการปฏิบัติอยู่ 8 ขั้นตอน คือ

3.3.1) ลักษณะฐานเป็นคลื่น

1. การทำให้ปรากฏการณ์มีความชัดเจน เพื่อแยกแยะแ่งผลลัพธ์ที่สังเกตได้ปรากฏการณ์ 5W1H โดยจะวิเคราะห์เริ่มจากถาม What, Where, When, Which, Who, How แล้วถามต่อด้วย Why ทุกครั้งเพื่อให้เห็นถึงความผันแปรของอาการที่ส่งผลต่อลักษณะฐานเป็นคลื่นจากการเก็บข้อมูลหน้างานมีอาการดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อาการที่ส่งผลกระทบบทำให้ฐานเป็นคลื่น

ลำดับ	อาการ
1	ชิ้นงานฐานแกว่ไม่อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลาง
2	หัวเบรินเนอร์อยู่ใกล้ชิ้นงาน

2. การวิเคราะห์ปรากฏการณ์เชิงกายภาพเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตัดสินใจโดยการวิเคราะห์ปรากฏการณ์เชิงกายภาพมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

- 1) การรวบรวมหลักการและกฎเกณฑ์
- 2) จัดทำแผนภาพโครงสร้างและกลไก
- 3) ศึกษาสภาวะเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางกายภาพ

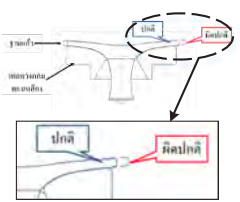
3. การพิจารณาสภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์พิจารณาว่าถ้าชิ้นส่วนหรือกลไกของชิ้นส่วนมีหน้าที่นั้น ไม่สามารถทำตามหน้าที่ได้แล้ว จะเชื่อมโยงสู่ปรากฏการณ์ของการเกิดอาการที่ทำให้ฐานแกว่เป็นคลื่น ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งในการพิจารณาสภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิดจำเป็นต้องพิจารณาหลักการเชิงเทคนิค

4. การพิจารณาความสัมพันธ์กับ 4M เพื่อรวบรวมปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ส่งผลให้สภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิด โดยการหาความสัมพันธ์นี้ต้องอยู่ในเชิงรูปธรรมและการระบุถึง 4M ที่เกี่ยวข้องต้องเป็นสำนวนที่สามารถวัดค่าได้เพื่อใช้ในการตรวจหาความผิดปกติเพื่อนำไปสู่การหาสาเหตุรากเหง้า ดังแสดงในตารางที่ 5

5. การพิจารณาสภาพที่ควรจะเป็น (ค่าเกณฑ์มาตรฐาน)

6. การพิจารณาวิธีการตรวจสอบได้รวม 2 ขั้นตอนตามแนวทางการวิเคราะห์แบบ P-M Analysis คือขั้นตอนการพิจารณาสภาพที่ควรจะเป็นหรือค่ามาตรฐาน เป็นขั้นตอนในการระบุเกณฑ์มาตรฐานของแต่ละรายการเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าความสัมพันธ์นั้นผิดปกติหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 4 สภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ของการเกิดความไม่ตรงข้อกำหนด

ปรากฏการณ์ (อาการ) ของการเกิดฐานเป็นคลื่น	การวิเคราะห์เชิงกายภาพ	สภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิด
ชิ้นงานฐานแกว่ไม่อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลาง 	เนื่องจากชิ้นงานหมุนโดน Guide ประกอบทำให้ชิ้นงานไหลไปด้านตรงข้ามขอบฐานยื่นออกมาจนกวเพลา	เมื่อฐานแกว่แข็งตัวแรงเสียดทานระหว่างผิวเพลทางกลมวัสดุทองเหลืองมีน้อยลง ทำให้ชิ้นงานสั่นออกนอกเพล
หัวเบรินเนอร์อยู่ใกล้ชิ้นงาน 	เนื่องจากระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับหัวเบรินเนอร์อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้มากทำให้เกิดความร้อนสะสม	การปรับตั้งระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับหัวเบรินเนอร์ใกล้กันมากเกินไป

ตารางที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า

ลักษณะอาการพื้นฐานเป็นคลื่น	สรุปผลการวิเคราะห์เหตุ
ชิ้นงานฐานแก้วไม่อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางเพลท	เมื่อฐานแก้วแข็งตัว แรงเสียดทานระหว่างผิวเพลททรงกลมทองเหลืองมีน้อยลง ทำให้ชิ้นงานลื่น ออกนอกเพลท
หัวเบรินเนอร์อยู่ใกล้ชิ้นงาน	การปรับตั้งระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับหัวเบรินเนอร์ใกล้กันมากเกินไป

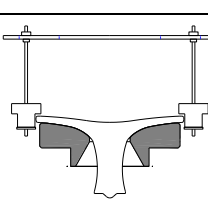
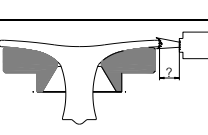
7. การค้นหาจุดบกพร่องเป็นขั้นตอนในการหาความผิดพลาดมากกว่าที่ยอมรับได้โดยวิธีกำหนดและต้องดำเนินการตรวจสอบในทุกความสัมพันธ์โดยมุ่งเน้นการระบุความสัมพันธ์ใดผิดปกติหรือมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับ

8. การเสนอแนวคิดในการปรับปรุงและการดำเนินการซึ่งวิธีการแก้ไขปัญหามิอาจปรากฏการณ์ไม่สามารถที่จะแก้ไขได้โดยตรงจึงต้องหาแนวทางป้องกันและแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดขึ้นอีกหลังจากที่ทำความเข้าใจกับแนวความคิดของการทำงานของการใช้ไฟลรอยต่อแม่พิมพ์ แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนกำหนดแนวคิดในการตอบโต้สาเหตุรากเหง้า โดยแบ่งออกเป็น 2 แนวความคิดดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 เกณฑ์มาตรฐาน วิธีการวัดเพื่อพิจารณาความผิดปกติของความสัมพันธ์และการตัดสินใจการค้นหาคำตอบ

ชิ้นส่วน	รายละเอียด	มาตรฐานการตรวจสอบ	การตรวจสอบ	ตัดสินใจ
Guide ประกอบชิ้นงาน	ออกแบบ Guide ใหม่	เช็ค Center Guide & เพลท	ใช้เวอร์เนียวัด	○
หัวเบรินเนอร์	ปรับตั้งระยะ	เช็ค ระยะห่าง	ใช้เวอร์เนียวัด	○
○ ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ✖ ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน				

ตารางที่ 7 แนวความคิดในการตอบโต้สาเหตุรากเหง้า

กระบวนการ	แนวความคิดในการตอบโต้สาเหตุรากเหง้า	รูปภาพประกอบ
กระบวนการใช้ Guide ประกอบชิ้นงาน	ทดลองออกแบบ Guide ใหม่เพื่อให้ล็อคชิ้นงานแนวแกน X และแกน Y เพื่อให้ชิ้นงานไม่เอียงออกไปด้านใดด้านหนึ่ง	
กระบวนการใช้เบรินเนอร์ลบคมและฐาน	ทดลองเช็คระยะหัวเบรินเนอร์ให้ห่างชิ้นงานที่ 20, 30 และ 40 mm.	

3.3.2) ลักษณะฐานโค้ง

1. การทำให้ปรากฏการณ์มีความชัดเจน เพื่อแยกแยะแฉงผลลัพท์ที่สังเกตได้ปรากฏการณ์ 5W1H โดยจะวิเคราะห์เริ่มจากถาม What, Where, When, Which, Who, How แล้วถามต่อด้วย Why ทุกครั้งเพื่อให้เห็นถึงความผันแปรของอาการที่ส่งผลต่อลักษณะฐานเป็นคลื่นจากการเก็บข้อมูลหน้างานมีอาการดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อาการที่ส่งผลกระทบทำให้ฐานโค้ง

ลำดับ	อาการ
1	ความหนาฐานแก้วบางกว่าฐานทั่วไป
2	ทอลมระบายความร้อนฐานแก้วมีจำนวนทอลมไม่เหมาะสม
3	ปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์มีปริมาณลมที่ไม่เหมาะสม

2. การวิเคราะห์ปรากฏการณ์เชิงกายภาพเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตัดสินใจโดยการวิเคราะห์ปรากฏการณ์เชิงกายภาพมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

- 1) การรวบรวมหลักการและกฎเกณฑ์
- 2) จัดทำแผนภาพโครงสร้างและกลไก
- 3) ศึกษาสภาวะเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องและการเปลี่ยนแปลง

ของปริมาณทางกายภาพ

3. การพิจารณาสภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์พิจารณาว่าถ้าชิ้นส่วนหรือกลไกของชิ้นส่วนมีหน้าที่นั้น ไม่สามารถทำตามหน้าที่ได้แล้ว จะเชื่อมโยงสู่ปรากฏการณ์ของการเกิดอาการที่ทำให้ฐานแก้วเป็นคลื่น ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งในการพิจารณาสภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิดจำเป็นต้องพิจารณาหลักการเชิงเทคนิค

ตารางที่ 9 สภาวะเงื่อนไขที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ของการเกิดความไม่ตรงข้อกำหนด

ปรากฏการณ์ (อาการ) ของการเกิดฐานโค้ง	การวิเคราะห์เชิงกายภาพ	สภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิด
ความหนาฐานแก้ว	เนื่องจากความหนาฐานแก้วมีความบางกว่าฐานอื่น จะส่งผลทำให้การเซตตัวของน้ำแก้วเร็วกว่าปกติ	การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำแก้วกับแม่พิมพ์มีความแตกต่างกันมากอาจส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการหดตัวเร็วกว่าปกติ
ทอลมระบายความร้อนฐานแก้ว	เนื่องจากการไหลระบายความร้อนฐานแก้ว 2 ท่อตรงกันข้ามทำให้ฐานแก้วบริเวณนั้นเย็นและเซตตัวเร็วกว่าบริเวณอื่น	การปรับตั้งทอลมที่ใช้ในการระบายความร้อนฐานแก้วใช้ในปริมาณที่มาก
ปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์	เนื่องจากใช้ลมในการระบายความร้อนแม่พิมพ์มาก ทำให้อุณหภูมิมีความแตกต่างสูงระหว่างน้ำแก้วกับแม่พิมพ์	การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำแก้วกับแม่พิมพ์มีความแตกต่างกันมากอาจส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการหดตัวเร็วกว่าปกติ

4. การพิจารณาความสัมพันธ์ 4M เพื่อรวบรวมปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ส่งผลให้สภาวะเงื่อนไขที่ก่อให้เกิด โดยการหาความสัมพันธ์นี้ต้องอยู่ในเชิงรูปธรรมและการระบุถึง 4M ที่เกี่ยวข้องต้องเป็นส่วนที่สามารถวัดค่าได้เพื่อใช้ในการตรวจหาความผิดปกติเพื่อนำไปสู่การหาสาเหตุรากเหง้า ดังแสดงในตารางที่ 10

5. การพิจารณาสภาพที่ควรจะเป็น (ค่าเกณฑ์มาตรฐาน)

6. การพิจารณาวิธีการตรวจสอบได้รวม 2 ขั้นตอนตามแนวทางการวิเคราะห์แบบ P-M Analysis คือขั้นตอนการพิจารณาสภาพที่ควรจะเป็นหรือค่ามาตรฐาน เป็นขั้นตอนในการระบุเกณฑ์มาตรฐานของแต่ละรายการเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าความสัมพันธ์นั้นผิดปกติหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 11

7. การค้นหาจุดบกพร่องเป็นขั้นตอนในการหาความผิดพลาดมากกว่าที่ยอมรับได้โดยวิธีกำหนดและต้องดำเนินการตรวจสอบในทุกความสัมพันธ์โดยมุ่งเน้นการระบุความสัมพันธ์ผิดปกติหรือมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับ

ตารางที่ 10 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า

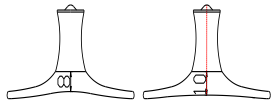
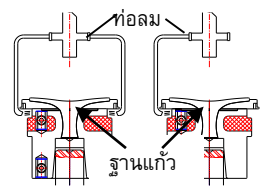
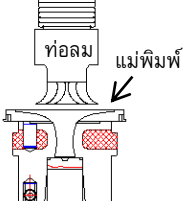
ลักษณะอาการฐานโค้ง	สรุปผลการวิเคราะห์เหตุ
ความหนาฐานแก้ว	ความหนาฐานแก้วส่งผลต่อการเชื่อมต่อของน้ำแก้วที่ความหนา 8 กับ 10 มิลลิเมตร ที่ได้มีการออกแบบไว้ตั้งแต่แรกในแต่ละรุ่นใช้ความหนาไม่เท่ากัน
ท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว	การใช้ท่อลม 2 ท่ออาจส่งผลให้การระบายความร้อนฐานแก้วได้เร็วกว่า 1 ท่อ
ปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์	การใช้ปริมาณลมที่มากอาจส่งผลให้อุณหภูมิแม่พิมพ์เย็นตัวลงทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำแก้วกับแม่พิมพ์ก่อนเข้าสู่การบ่มขึ้นรูป ค่าการปรับ 5 กับ 7 บาร์

ตารางที่ 11 เกณฑ์มาตรฐาน วิธีการวัดเพื่อพิจารณาความผิดปกติของความสัมพันธ์และการตัดสินใจการค้นหาค้นหาจุดบกพร่อง

ชิ้นส่วน	รายละเอียด	มาตรฐานการตรวจสอบ	การตรวจสอบ	ตัดสินใจ
ชุดแม่พิมพ์ฐานแก้ว	ปรับแก้ไข Drawing	เช็คความหนา	Check Sheet	○
ท่อลมที่ใช้กับฐานแก้ว	ติดตั้งให้ตรงตำแหน่ง	เช็คท่อลม	สายตา	○
ปริมาณลมที่ใช้กับแม่พิมพ์	ปรับระดับปริมาณลม	เช็คปริมาณลม	สายตา	○
○ ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ✗ ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน				

8. การเสนอแนวคิดในการปรับปรุงและการดำเนินการซึ่งวิธีการแก้ไขปัญหามองปรากฏการณ์ไม่สามารถที่จะแก้ไขได้โดยตรงจึงต้องหาแนวทางป้องกันและแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดขึ้นอีกหลังจากที่ทำความเข้าใจกับแนวความคิดของการทำงานกระบวนการบ่มขึ้นรูป แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนกำหนดแนวคิดในการตอบโต้สาเหตุรากเหง้า โดยแบ่งออกเป็น 3 แนวความคิดดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แนวความคิดในการตอบโต้สาเหตุรากเหง้า

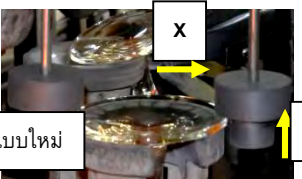
กระบวนการ	แนวความคิดในการตอบโต้สาเหตุรากเหง้า	รูปภาพประกอบ
กระบวนการบ่มขึ้นรูป	ทดลองปรับความหนาฐานแก้ว 8 และ 10 mm.	
กระบวนการใช้จำนวนท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว	ทดลองปรับจำนวนท่อลมที่ 2 และ 1 ท่อ	
กระบวนการใช้ปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์	ทดลองปรับปริมาณลมที่ 5 และ 7 บาร์	

3.4) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

สำหรับการปรับปรุงแก้ไขตามหลักการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าด้วยขั้นตอนการทำ P-M Analysis สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.4.1) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการลดรอยขีดและฐาน เพื่อแก้ไขปัญหาที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดลักษณะฐานเป็นคลื่น ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปรุงทั้ง 2 สาเหตุ 1. ออกแบบ Guide ใหม่ 2. ทดลองเช็คระยะหัวเบิร์นเนอร์ให้ห่างชิ้นงานที่ 20, 30 และ 40 mm. ดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ก่อนและหลังการปรับปรุง Redesign Guide ใหม่ให้
ล้อยื่นงานแนวแกน X และแกน Y

ก่อนการปรับปรุง	
หลังการปรับปรุง	

ตารางที่ 14 ผลการทดลองปรับระยะหัวเบรินเนอร์ให้ห่าง
ชิ้นงาน 20,30 และ 40 mm.

ระยะหัวเบรินเนอร์ กับชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	จำนวนฐานเป็นคลื่น (ชิ้น)
20	10
30	0
40	0 (แต่ขอบชิ้นงานลบคมไม่หมด)

สรุปผลการทดลองแก้ไขฐานเป็นคลื่น เมื่อใช้ Guide ที่ออกแบบใหม่พบว่าชิ้นงานฐานแก้วอยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลาง และการปรับเซตระยะหัวเบรินเนอร์ให้ห่างชิ้นงานที่ 30 มิลลิเมตร โดยที่ไม่ทำให้ฐานเป็นคลื่น เพื่อนำไปสู่การทดลองเพื่อยืนยันผล กับรุ่น A ฐานแก้วไวท์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร จำนวน 400 ชิ้น โดยมีสมมติฐานการทดลองดังนี้

H_0 : Redesign Guide และการปรับระยะห่าง 30 mm. ไม่มีผลต่อการเกิดปัญหาฐานแก้วเป็นคลื่น

H_1 : Redesign Guide และการปรับระยะห่าง 30 mm. มีผลต่อการเกิดปัญหาฐานแก้วเป็นคลื่น

หลังจากทำการทดลองดังแสดงผลในตารางที่ 15 ทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ 2 Proportions test และ ประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab17 (trial version) ดังแสดงในรูปที่ 10 จากรูปพบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.001 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H_0 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการปรับระยะห่าง 30 mm มีผลต่อการเกิดปัญหาฐานเป็นคลื่น กล่าวคือ หลังการปรับปรุงทำให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลักษณะฐานเป็นคลื่นลดลง

ตารางที่ 15 ผลการทดลองออกแบบ Guide ใหม่ และปรับระยะห่าง 30 mm.

	จำนวน ผลิตภัณฑ์ (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานที่ไม่ตรง ตามข้อกำหนด (ชิ้น)
ก่อนการปรับปรุง	400	10
หลังการปรับปรุง	400	0

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p
1 10 400 0.025000
2 0 400 0.000000

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.025
95% CI for difference: (0.00970004, 0.0403000)
Test for difference = 0 (vs $\neq$ 0): Z = 3.20 P-Value = 0.001

* NOTE * The normal approximation may be inaccurate for small samples.
Fisher's exact test: P-Value = 0.002

รูปที่ 10: การวิเคราะห์ผลหลังปรับปรุงผ่านโปรแกรม Minitab17 (trial version)

3.4.2) การปรับปรุงแก้ไขปัจจัยขั้นตอนปริมขึ้นรูป

1. การออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์ P-M Analysis มี 3 สาเหตุ คือ ความหนาฐานแก้วที่ใช้ในการออกแบบการผลิต ท่อลมระบายความร้อนของชิ้นงาน และปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์ นำปัจจัยเหล่านี้มาออกแบบการทดลองแบบ 2^k เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่สนใจดังกล่าว ทั้งนี้ทำการทดลองที่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (1) โดยเงื่อนไขในการทดลองเป็นผลมาจากการทำ P-M Analysis ภายใต้การทำงานของโรงงานกรณีศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ระดับต่ำ (-1)	ระดับสูง (1)	
A	ความหนาฐานแก้ว	8	10	มิลลิเมตร
B	ท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว	1	2	ท่อ
C	ปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์	5	7	บาร์

ตัวแปรตอบสนองของการทดลอง คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลักษณะฐานโค้งที่เจอในสิ่งตัวอย่างจำนวน 400 ใบ

2. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองและกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Binary Logistic Regression เนื่องจากตัวแปรตอบสนอง คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงแบบ Binomial พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลักษณะฐานโค้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ผลหลักของทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความหนาฐานแก้ว (A) ท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว (B) ปริมาณลมระบายความร้อน

ร้อนแม่พิมพ์(C) และส่วนที่มีอันตรกิริยา(A*C Interaction) และพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2 adj) เท่ากับ 87.01 เปอร์เซนต์ ซึ่งอยู่ในค่าที่ยอมรับได้จึงสรุปได้ว่า สมการถดถอยนี้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำมาพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม้ได้ระนาบได้ ดังรูปที่ 11

Binary Logistic Regression: Rock Glass versus C (Wind), A (Thickness), B (Tube)

```

Method: Logit
Link function: Logit
Categorical predictor coding: (1, 0)
Rows used: 8

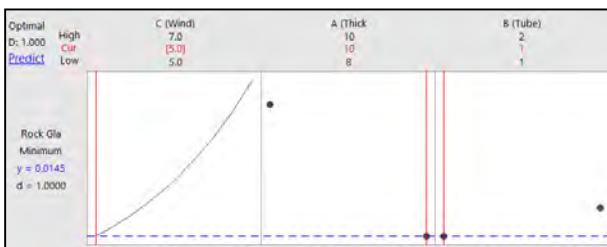
Response Information
Variable: Value Count Event Name
Rock Glass: Event 163 Rock Glass
Non-event 3037
Sample Size: Total 3200

Deviance Table
Source: DF Adj Dev Adj Mean Chi-Square P-Value
Regression: 4 40.123 10.0308 40.12 0.000
C (Wind): 1 4.615 4.6149 4.61 0.032
A (Thickness): 1 7.025 7.0250 7.04 0.008
B (Tube): 1 4.779 4.7791 4.78 0.029
C (Wind)*A (Thickness): 1 4.712 4.7118 4.71 0.030
Error: 3 1.392 0.4641
Total: 7 46.515

Model Summary
Deviance: Deviance R-Sq R-Sq(Adj) AIC
96.659 87.01% 1257.98
    
```

รูปที่ 11: ผลการวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Binary Logistic Regression

เมื่อได้ปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญแล้ว จึงทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมให้กับแต่ละปัจจัยโดยใช้หลักการ Optimization โดยใช้โปรแกรม Minitab17 ได้ผลการหาค่าที่เหมาะสมดังรูปที่ 12



รูปที่ 12: ผลการทำ Response optimizer เพื่อหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่ทำให้จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลักษณะฐานโค้งน้อยสุด

จากการทำ Response optimizer ได้ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 17 ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไวน์ไม้ได้ระนาบ จากการประมาณผ่าน Response optimizer ที่ 1.45%

ตารางที่ 17 ปัจจัยการปรับตั้งที่เหมาะสม

ปัจจัย	ระดับ
C (ปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์ "บาร์")	5
A (ความหนาฐานแก้ว "มิลลิเมตร")	10
B (ท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว "ท่อ")	1

3. การทดลองเพื่อยืนยันผล

ทำการทดลองเพื่อยืนยันผล ได้ทำการปรับเปลี่ยนระดับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลักษณะฐานโค้ง กำหนดปัจจัยด้านความหนาฐานแก้ว 10 มิลลิเมตร ด้านจำนวนท่อลมระบาย

ความหนาฐานแก้ว 1 ท่อ และปริมาณลมที่ใช้ในการระบายความร้อนแม่พิมพ์ 5 บาร์ ซึ่งได้ผลการปรับปรุงก่อนและหลังดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการปรับปรุง

	จำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด
ก่อนปรับปรุง	711,500	22,786	3.20
หลังปรับปรุง	170,750	2,954	1.73

สรุปผลการทดลองเพื่อยืนยันผลแก้ไขฐานเป็นโค้ง โดยกำหนดระดับปัจจัยที่ศึกษาตั้งที่ระบุไว้ข้างต้น กับการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น A ฐานแก้วไวน์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร จำนวน 170,750 ชิ้น โดยมีสมมติฐานการทดลองดังนี้

H_0 : ปัจจัยความหนาฐานแก้ว จำนวนท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว และปริมาณลมที่ใช้ในการระบายความร้อนแม่พิมพ์ ไม่มีผลต่อการปรับปรุงปัญหาฐานแก้วโค้ง

H_1 : ปัจจัยความหนาฐานแก้ว จำนวนท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว และปริมาณลมที่ใช้ในการระบายความร้อนแม่พิมพ์ มีผลต่อการปรับปรุงปัญหาฐานแก้วโค้ง

จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ 2 Proportions test และประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab17 (trial version) ดังรูปที่ 13 ซึ่งพบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H_0 จึงสามารถสรุปได้ว่าความหนาฐานแก้ว จำนวนท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว และปริมาณลมที่ใช้ในการระบายความร้อนแม่พิมพ์ มีผลต่อการเกิดปัญหาฐานแก้วโค้ง กล่าวคือ หลังการปรับปรุงทำให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดลักษณะฐานโค้งลดลง

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	22786	711500	0.032025
2	2954	170750	0.017300

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.0147252
 95% CI for difference: (0.0139836, 0.0154667)
 Test for difference = 0 (vs ≠ 0): Z = 38.92 P-Value = 0.000
 Fisher's exact test: P-Value = 0.000

รูปที่ 13: การวิเคราะห์ผลหลังปรับปรุงผ่านโปรแกรม Minitab17 (trial version)

3.5) การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

การควบคุมกระบวนการลดความคลาดเคลื่อน กำหนดมาตรการตอบโต้ฐานแก้วเป็นคลัสการตอบโต้สาเหตุรากเหง้าโดย

1. ออกแบบ Guide ใหม่ โดยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับผิดชอบ เป็นผู้สั่งเข้ามาติดตั้งแทนแบบเก่าที่มีอยู่

2. ระบุขั้นตอนการเช็คระยะห่างระหว่างหัวเบร็นเนอร์กับฐานแก้ว เพิ่มลงในเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน Work Instruction ระยะที่เหมาะสมในการปรับตั้งคือ 30 มิลลิเมตร และต้องปรับตั้งใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนรุ่นการผลิต

การควบคุมปัจจัยที่กระบวนการบ่มขึ้นรูปขาและฐานแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร ดังนี้

1. กำหนดค่าความหนา 10 มิลลิเมตร เหมาะสมในการออกแบบฐาน แก้วไว้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร ให้ระบุลงในคู่มือการออกแบบ เพื่อเป็นมาตรฐานในการออกแบบครั้งต่อไป

2. ปรับปรุงแก้ไขทอลมให้เหลือเพียง 1 ท่อ

3. กำหนดค่าปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์อยู่ที่ 5 บาร์ โดยระบุลงในเอกสาร Work Instruction ของทางแผนกการขึ้นรูป

4) สรุปผลการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยโดยใช้แนวทางสีน ซิกซ์ ซิกมาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์แก้วไว้นกรณีศึกษา ได้ดำเนินงาน 5 ขั้นตอนได้แก่ ในขั้นตอนแรกการนิยามปัญหา โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไว้นไม่ได้ระนาบ ขั้นตอนที่สองคือการวัดผล ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงตรงของระบบการวัด จากนั้นในขั้นตอนที่สามเป็นการวิเคราะห์ปัญหา งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค P-M Analysis เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาฐานแก้วไว้นไม่ได้ระนาบ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไม่ได้ระนาบ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ คือ 1.ฐานแก้วเป็นคลื่น โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดคือ Guide ประคองชิ้นงานไม่เหมาะสม และ 2.ฐานแก้วโค้ง ซึ่งปัจจัยที่มีผลคือ ความหนาฐานแก้ว ท่อลมระบายความร้อนฐานแก้วและปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์ ถัดไปเป็นขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สี่ กรณีที่ฐานแก้วเป็นคลื่นแก้ไขโดยการออกแบบ Guide ใหม่ และการปรับตั้งระยะห่างระหว่างฐานแก้วกับเบร็นเนอร์ ที่ค่า 30 มิลลิเมตร ส่วนกรณีฐานแก้วโค้ง ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อกำหนดระดับปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไว้นไม่ได้ระนาบน้อยสุด จากการดำเนินการพบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของขั้นตอนการบ่มขึ้นรูปขาและฐาน คือ ความหนาฐานแก้ว 10 มิลลิเมตร ท่อลมระบายความร้อนฐานแก้ว 1 ท่อ และปริมาณลมระบายความร้อนแม่พิมพ์ 5 บาร์ ขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุมและกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินการทั้ง 5 ขั้นตอน ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดประเภทฐานแก้วไว้นไม่ได้ระนาบหลังการปรับปรุงลดลง จากเดิมอยู่ที่ 3.20% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด สามารถลดลงเหลือเพียง 1.73 % ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งลดลงมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ 1.97% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ทำให้ต้นทุนในการผลิตรุ่น A (85) ลดลงถึง 87,850 บาทต่อครั้ง

ดังนั้น สีน ซิกซ์ ซิกมา จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปแก้วได้เป็นอย่างดี ด้วยการดำเนินงานตาม 5 ขั้นตอน DMAIC และสามารถชี้วัดผลสำเร็จของงานวิจัยออกมาเป็นตัวเลขได้ชัดเจน

REFERENCES

- [1] W. Suharitdamrong and P. Leesupsuk, *Tool Lean Six Sigma*. (In Thai). Bangkok: E.I.Square, 2011.
- [2] K. Shirose, *PM Analysis*. (In Thai). Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), 2003.
- [3] W. Boonpre, "Reducing defect in the manufacturing process of plastics factory by applying Six Sigma Methodology," *RESEARCH AND DEVELOPMENT JOURNAL*, VOL. 22, NO. 1, 2011.
- [4] K. Kowit and A. Raknoi, "Defect Reduction in Spring Assembly Process by Applying Lean Six Sigma Solution : A Case Study of a Electronic Factory," (In Thai). presented at the 34th National Graduate Research Conference, Khon Kaen University, 2015, pp. 255–267.
- [5] V. R. Morais, S. D. T. de Sousa, and I. da Silva Lopes, "Lean Six Sigma Project for Productivity Enhancement," in *Transactions on Engineering Technologies*, 2016, pp. 207–221.
- [6] L. Steere, M. Rousseau, and L. Durland, "Lean Six Sigma for Intravenous Therapy Optimization: A Hospital Use of Lean Thinking to Improve Occlusion Management," *Journal of the Association for Vascular Access*, vol. 23, no. 1, pp. 42–50, Mar. 2018.
- [7] S. Indrawati and M. Ridwansyah, "Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application," *Procedia Manufacturing*, vol. 4, pp. 528–534, Jan. 2015.
- [8] C. Surachet and P. Ussanee, "Application of P-M Analysis for increasing the availability rate of CNC Laser Cutting Machine in a Sheet Metal Process," presented at the 7th National Conference of Industrial Operations Development, Nonthaburi, 2016.
- [9] K. Teerapat "Expenses Reduction of Claim from Scratch Defects on Work Pieces in Sheet Metal Fabrication Industry," (In Thai). Master's thesis (Production Engineering), King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2011.
- [10] N. Laorodphan, *Glass Production Industry*. (In Thai). Chiang Mai: Maejo University, 2015.
- [11] K. Ploypanicharoen, *Principle of Quality Control*. (In Thai). Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), 2007.

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ด้วยภาพดิจิทัลผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องจักร

Design Investigation Quality System of Rice Grain Phenotype by Using Digital Images Combined with Machine Learning

กุลวดี เถนว่อง*¹ พูลพงศ์ สุขสว่าง*² ยรรยงค์ พันธุ์สวัสดิ์*³ ชลาธิป ทุมกานนท์*⁴
Kulwadee Tanwong*¹ Poonpong Suksawang*² Yunyong Punsawad*³ Chalathip Thumkanon *⁴

*กลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ หมวดศึกษาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

*Science and Mathematics General Education Eastern Asia University

¹kulwadee@eau.ac.th

#วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

#College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University

²psuksawang@gmail.com

@คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

@Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

³punsawad_y@silpakorn.edu

๔สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

๔Computer Science Faculty of Engineering Eastern Asia University

⁴chalathip@gmail.com

รับต้นฉบับ: 11 พฤศจิกายน 2561; รับบทความฉบับแก้ไข: 9 พฤษภาคม 2562; ตอบรับบทความ: 13 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ด้วยภาพดิจิทัลผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องจักรโดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว โดยงานทางด้านฮาร์ดแวร์ เป็นการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนช่วยลดภาวะการปรับปรุงภาพของเครื่องก่อนการนำภาพเข้าประมวลผล และสร้างไม้บรรทัดอ้างอิงรูปทรงเรขาคณิตขนาดของวัตถุบนภาพ กำหนดความกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร สำหรับงานทางด้านซอฟต์แวร์เน้นไปในการสร้างระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ด้วยภาพดิจิทัลผสมผสานการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อนำไปจำแนกกลุ่มตามเกณฑ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐาน ของกระทรวงพาณิชย์ พ.ศ. 2559 พบว่า การจำแนกระหว่างเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดกับข้าวท้องไขที่มีปริมาณท้องไขเพียงเล็กน้อยเป็นลักษณะเดียวที่ทำให้จำแนกกลุ่มมีความคลาดเคลื่อนทั้งผู้เชี่ยวชาญที่มองด้วยตาเปล่าและระบบที่ออกแบบ

คำสำคัญ: คุณภาพเมล็ดข้าว, ฟิโนไทป์, ภาพดิจิทัล, การเรียนรู้ของเครื่องจักร

Abstract

This research was aimed to design inspection system of the rice grain phenotypic quality, by using digital images combining machine learning. The research methodology divided into two part were hardware, and software. The research objective was developed rice grain phenotypic quality inspection system prototype. Hardware development was created shooting device for reducing noise, and burden for improving image quality before importing images into the process. And created geometric reference ruler to define the object size on the image, set to width of 0.5 centimeters, length of 1.5 centimeters. Software development was to created system to check the rice grain phenotype quality by using digital images combined with machines learning for classifying rice grain quality group according to the Thai jasmine rice

standard product criteria under the Ministry of Commerce 2016. The research found that, the classification between the full rice grain and the stomach egg rice grain with only a small amount of egg contents was only characteristic that makes the discriminant characteristics of both naked eye specialist and the system designed.

Keywords: Grain quality of rice grain, Rice grain phenotype, Digital Images, Machine learning

1) บทนำ

ข้าวขาวหอมมะลิเป็นสินค้าเกษตรที่มีการตรวจสอบมาตรฐาน 4004-2560 โดยสำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับมาตรฐานของคุณภาพ เพิ่มความเชื่อมั่นของผู้ซื้อ และยกระดับมูลค่าการส่งออกของข้าวไทย ควบคุมเกี่ยวกับ 1) รูปร่างเป็นส่วนภายนอก(ฟีโนไทป์) ซึ่งนำมาใช้สำหรับการกำหนดราคาและ 2) ลักษณะสำคัญเฉพาะเพื่อจำแนกคุณภาพข้าวเพื่อการส่งออก [1] นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่มีผลต่อราคาการประกวดข้าวโลก(The World's Best Rice) ที่ช่วยยกระดับราคาข้าวไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา ซึ่งการประกวดดังกล่าวนี้มีเกณฑ์กำหนด 4 ด้าน คือ ด้านกลิ่น รสชาติ ความเหนียวนุ่ม และรูปร่างลักษณะ [2]

ตารางที่ 1 : แสดงผลประเทศและพันธุ์ข้าวที่ชนะเลิศอันดับ 1 ในการประกวดข้าวดีที่สุดในโลก (The World's Best Rice) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 - 2561

ปี (พ.ศ.)	ประเทศ	ข้าว
2552-53	ไทย	หอมมะลิไทย 105
2554	มาเลเซีย	ปอซาน (Paw Son Rice)
2555	กัมพูชา	ผกามะลิ (Phka Rumdoul)
2556	กัมพูชา สหรัฐอเมริกา	ผกามะลิ (Phka Rumdoul) แคลิฟอร์เนีย โรส (California Rose)
2557	กัมพูชา ไทย	ผกามะลิ (Phka Rumdoul) หอมมะลิไทย 105
2558	สหรัฐอเมริกา	แคลิฟอร์เนีย โรส (California Rose)
2559-60	ไทย	หอมมะลิไทย 105
2561	กัมพูชา	อังกอร์(Maly Angkor)

แหล่งที่มา: ข้าวไทยพีบีเอส. (2560) [3]

จากผลการประกวดข้าวโลก พบว่าข้าวหอมมะลิของประเทศไทยอันดับลดลงในปีล่าสุดโดยเกณฑ์ที่ข้าวไทยยังคงได้รับคำชม คือ รสชาติ และกลิ่น แต่ทางด้านรูปร่างลักษณะภายนอกยังต้องมีการปรับปรุงทั้งนี้รูปร่างลักษณะของเมล็ดข้าวที่ปรากฏภายนอกนั้นเป็นผลมาจากยีน(Gene) และสภาพแวดล้อมผสมด้วย เรียกว่า “ฟีโนไทป์ (Phenotype)” [4] ที่ก่อให้เกิดปัญหา ถ้ามีการตรวจสอบกระบวนการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่การเริ่มปลูกจนกระทั่งถึงการจัดการคุณภาพเพื่อจำหน่ายตามเกณฑ์มาตรฐานก็จะส่งผลให้ราคาจำหน่ายสูง

ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพเพื่อจำหน่ายประเทศไทยมีหน่วยงานภาครัฐที่ให้การช่วยเหลือเกษตรกร อาทิเช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมการข้าว ศูนย์วิจัยข้าวแต่ละภูมิภาค เป็นต้น [5]



รูปที่ 1 : ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพข้าวส่งออกของประเทศ

โดยแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรศึกษาตั้งแต่การวิเคราะห์ ออกแบบ และวางแผน ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) และคน (People ware) ในการทำงานประสานร่วมกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ สำหรับงานวิจัยในประเทศไทยที่ได้มีการศึกษาเทคโนโลยีโฟโตนิกส์เพื่อการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยเครื่องมือดังกล่าวมีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) อยู่ภายในเครื่อง ผู้ที่จะใช้เครื่องมือดังกล่าวจำกัต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น หากเกษตรกรรายย่อยต้องการใช้ก็ต้องส่งผลิตภัณฑ์มายังหน่วยงานข้างต้น ก็จะเป็นการลำบาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ด้วยภาพดิจิทัลผลसानการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบคุณภาพข้าวเบื้องต้นได้ด้วยตนเอง

เพื่อออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว
โดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่องจักร

กระบวนการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของ
เมล็ดข้าว ดำเนินงานตามนิยามของมาตรฐานการส่งออกตาม
พระราชบัญญัติ มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) [6]
ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.1.3) แถบมาตรฐานสำหรับเทียบขนาดของวัตถุ: ใช้สำหรับการเปรียบเทียบขนาดของวัตถุจริงภายในภาพที่ได้ เพื่อหาขนาดของเมล็ดข้าวและนำไปจัดกลุ่มต่อไป

4) แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นการหาความต้องการ (Requirements) ของระบบ การพัฒนาระบบต้องศึกษาและวิเคราะห์ กระบวนการ การไหลเวียนของข้อมูล ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยนำเข้าทรัพยากรดำเนินงาน และผลลัพธ์ เพื่อทำการออกแบบ ระบบสารสนเทศใหม่ [8]



รูปที่ 2: สรปวงจรรการวิเคราะห์ ออกแบบระบบ

4.3) หลักการพื้นฐานในการประมวลผลภาพดิจิทัลตามกระบวนการทำงานประกอบด้วย [9]

4.3.1) *Image Representation และ Image Modeling* เป็นการสร้างภาพในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.3.2) *Image Enhancement* เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อแสดงผลผ่านจอโดยไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ

4.3.3) *Image Restoration* เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ข้อมูลที่ทราบสาเหตุ เช่น Noise หรือ filtering

4.3.4) *Image Analysis* เป็นการอธิบายลักษณะต่างๆในภาพ เช่น ขนาด หรือ การหมุนของวัตถุ

4.3.5) *Image Reconstruction from Projection* การจำลองเรขาคณิตของการเกิดภาพจาก sensor

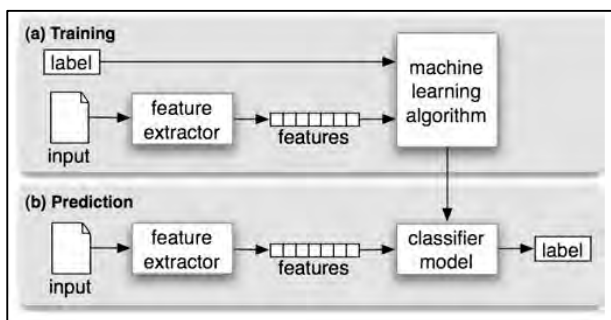
4.3.6) *Image Data Compression* การบีบอัดขนาดของภาพแต่ยังคงคุณภาพเดิม

4.4) การเรียนรู้ของเครื่องจักร (*Machine learning*) "เป็นสาขาวิชาสถิติที่ออกแบบมาสำหรับโลกของข้อมูลขนาดใหญ่" การเรียนรู้ด้วยเครื่องแตกต่างจากสถิติเพราะไม่ได้มุ่งเน้นไปที่สาเหตุและผล แต่เน้นที่การคาดการณ์โดยไม่ต้องพยายามทำความเข้าใจสาเหตุ มีวิธีการเรียนรู้จำแนกตามรูปแบบการเรียนรู้ได้ดังนี้

4.4.1) สร้าง *model* สำหรับปัญหาที่ต้องการ (*Feature Extraction*) แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้ ใน *Machine Learning* เช่นแปลงจากข้อมูล text และ image ไปอยู่ในรูปแบบชุดของตัวเลขวิธีการนี้จะช่วยลดขนาดข้อมูลที่ต้องประมวลผล ซึ่งนั่นคือ การลด resource ที่ต้องใช้การประมวลผลเป็นสิ่งสำคัญมาก ๆ ใน Big Data

4.4.2) การให้น้ำหนักและความสำคัญของข้อมูลที่จะใช้ในการสร้าง *model* (*Regularization*) เพื่อจัดการกับความซับซ้อนของ *model* ลดข้อมูลที่จำเป็นออกไป เพื่อให้ได้ *model* ที่เรียบง่าย

4.4.3) การตรวจสอบความถูกต้อง *model* (*Cross-validation*) เพื่อตรวจสอบ *model* ว่าทำนายได้ ต้องทำการทดสอบ *model* ด้วยข้อมูลที่ไม่นำมาสร้าง *model* แต่เป็นข้อมูลนอกช่วงเวลา



รูปที่ 3: วิธีการสร้างชุดค่าผสมของตัวแปร [10]

5) ขอบเขตของการวิจัย

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ในงานวิจัยนี้ใช้ข้าวหอมมะลิ(ข้าวขาว) ส่วนฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว (Rice grain phenotype) จะตรวจสอบเกี่ยวกับ ขนาด และรูปร่าง เป็นหลักในการดำเนินงาน โดยกำหนดขอบเขตดังนี้

5.1) คัดเลือกเมล็ดข้าวหอมมะลิ(ข้าวขาว) จากบริษัทผู้จำหน่ายข้าวหอมมะลิ โดยผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีดำเนินการคัดเลือกตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าข้าวออกเพื่อควบคุมข้าว [6]

ตารางที่ 2: การจำแนกชั้นของเมล็ดข้าวของประเทศไทยกับสหรัฐอเมริกา

ชั้นของเมล็ด	ไทย (มิลลิเมตร)	สหรัฐอเมริกา (มิลลิเมตร)
เมล็ดยาวชั้น 1	>7.0	>7.50
เมล็ดยาวชั้น 2	6.6-7.0	6.61-7.50
เมล็ดยาวชั้น 3	6.2-6.6	5.51-6.60
เมล็ดสั้น	<6.2	<5.50

5.2) นำเมล็ดข้าวหอมมะลิได้จากข้อ 5.1 ดำเนินการจัดกระทำให้เป็นข้อมูลดิจิทัล เพื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล (*Image Processing*)

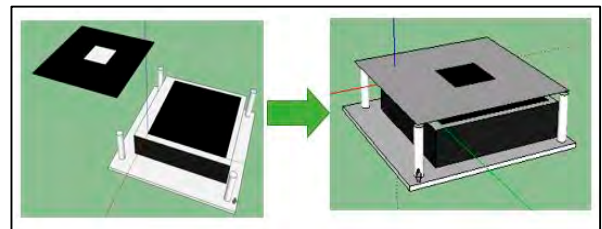
5.3) เมื่อได้ข้อมูลภาพในข้อ 5.2 นำมาดำเนินการประมวลผลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร (*Machine learning*) ทำการฝึกอบรม (*Training*) และ เรียนรู้ (*learning*) ข้อมูลต่อไป

6) ขั้นตอนการดำเนินงาน

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าวข้างต้นที่มี 2 ส่วนหลักดังนี้

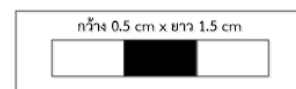
6.1) ฮาร์ดแวร์ (*Hardware*)

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพตามหลักของแสงและเงา (ร่างเป็นภาพต้นแบบ)



รูปที่ 4: Model ต้นแบบฮาร์ดแวร์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดแถบวัตถุทรงเรขาคณิตให้มีขนาดเหมาะสมกับวัตถุเพื่อเป็นมาตรวัดขนาด (ประมาณการจากขนาดของเกณฑ์เมล็ดข้าวชั้น 1)



รูปที่ 5: แถบวัตถุทรงเรขาคณิตกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 1.5เซนติเมตร

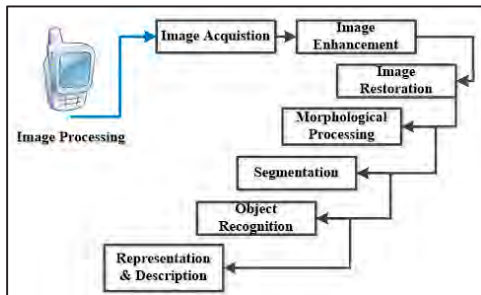
ขั้นตอนที่ 3 เลือกใช้อุปกรณ์ในการถ่ายภาพดิจิทัลซึ่งควรคำนึงถึงการนำมาติดตั้งโปรแกรมที่จะช่วยประมวลผลอัตโนมัติ อาทิเช่นระบบปฏิบัติการ ความเร็วในการประมวลผล หน่วยความจำ ความละเอียดของกล้อง และการเชื่อมต่อ เป็นต้น

6.2) ซอฟต์แวร์ (Software)

6.2.1) การได้มาของภาพ ทั้งนี้คุณภาพขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับภาพ ปริมาณภาพเบื้องต้นที่จะนำมาให้เครื่องจักรเรียนรู้ได้ ดังนี้

$$C_{n,r} = \binom{n}{r} = \frac{n!}{(n-r)!r!} \quad (1)$$

เป็นการจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน n สิ่ง เลือกคราวละ r สิ่ง โดยนำคุณลักษณะของเมล็ดข้าวตามเกณฑ์มาตรฐานจำแนกเป็นแต่ละชนิด และนำมาผสมกันเพื่อสร้างข้อมูลการเรียนรู้



รูปที่ 6: แสดงกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล

6.2.2) การปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นเพื่อการแสดงผลภาพ (Visual Interpretation) โดยการตรวจสอบ Histogram ของ Image ไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ

6.2.3) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ โดยตรวจสอบสัญญาณรบกวน

6.2.4) การหาขอบภาพ ด้วยวิธี Laplacian method

6.2.5) ตีวงวัตถุพื้นหน้าออกจากพื้นหลังโดยใช้ Threshold ด้วย Otsu's method

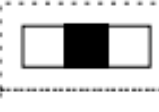
6.6.6) การเลือกลักษณะเด่นของข้อมูลเพื่อจำแนกความแตกต่างของวัตถุในภาพออกจากกัน ด้วยเทคนิค Watershed Segmentation

6.6.7) นำภาพดิจิทัลที่ได้เข้าสู่การฝึกอบรม (Training) และ เรียนรู้ (learning) ข้อมูล

7) ผลการวิจัย

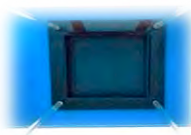
7.1) การออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้มีการสร้างให้มีขนาดที่สามารถวางสมาร์ทโฟนได้อย่างเหมาะสม และเว้นช่องว่างตรงกลางสำหรับเป็นตำแหน่งของกล้องเป็นแผ่นวางด้านบน สำหรับฐานด้านล่างภายในเป็นช่องว่างสำหรับใส่เมล็ดข้าว พร้อมทั้งมีแถบวัดรูปทรงเรขาคณิตที่มีขนาดที่ใช้ในการคำนวณขนาดจริงของเมล็ดข้าวได้ ซึ่งเมล็ดข้าวขาวหอมมะลิไทยที่สมบูรณ์ มีขนาดมากกว่า 7 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 8 มิลลิเมตร โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพ

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
1	ฐาน		- ขนาดสี่เหลี่ยมพื้นที่ด้านใน สำหรับใส่เมล็ดข้าว - ปูพื้นด้วยสีดำด้านลดการสะท้อนแสง - ด้านข้างเป็นท่อกลวงสำหรับใส่เสาวางแผ่นด้านบน 4 ต้น
2	ด้านบน		- ตรงกลางเจาะรูขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับเป็นตำแหน่งในการจับภาพของกล้องสมาร์ทโฟน
3	เสา		- เสาใส่ 4 ต้น ยาวเส้นละ 20 ซม. (ระยะมาจาก + 5 ซม. จากระยะที่ถ่ายได้ไกลที่สุดคือ 15 ซม.)
4	ท่อปรับระดับ		- ท่อปรับระดับในการถ่ายภาพขนาด 5 ซม. และ 10 ซม.
5	มาตรวัดขนาดวัตถุ		- แถบวัดขนาดวัตถุ กว้าง 0.5 ซม.*ยาว 1.5 ซม. แบ่งเป็น 3 ส่วน (ขนาดที่กำหนดมาจากสัดส่วนของเมล็ดข้าวที่ยาวมากที่สุดไม่เกิน 0.8 ซม.)

จากตารางที่ 3 อธิบายส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพที่ใช้จริงในงานวิจัยมีทั้งหมด 5 ชิ้นส่วน ประกอบด้วย ฐาน (ใส่เมล็ดข้าว และเป็นตำแหน่งวางเสาปรับระดับการถ่ายภาพ) แผ่นด้านบน (ปิดแสงและวางสมาร์ทโฟน) เสา (ใส่แผ่นด้านบนปิดแสงและวางสมาร์ทโฟน) ท่อปรับระดับ (ระยะโฟกัสของภาพ) และมาตรวัดขนาดวัตถุ (ตรวจสอบความเอียงและคำนวณขนาดเมล็ดข้าว)

ตารางที่ 4: การใช้งานอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพ

ขั้นตอน ที่	ภาพประกอบ	คำอธิบาย
1		- นำเสามาประกอบที่ฐานทั้ง 4 มุม
2		- ใส่ท่อปรับระดับ (ขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุที่ต้องการถ่าย หากจำนวนน้อยใช้ขนาดยาว 5 ซม. แต่ถ้าจำนวนมาก (80-100 เมล็ด) ใช้ขนาดยาว 10 ซม.)
3		- ติดมาตรวัดขนาดวัตถุบนพื้นด้านในฐาน
4		- ประกอบแผ่นด้านบน ล็อคด้วยขอบของท่อปรับระดับ
5		- นำสมาร์ทโฟนมาวางลงบนแผ่นด้านบน โดยให้กล้องอยู่ในช่องที่เจาะไว้เป็นตำแหน่งที่ใช้จับภาพ
6		- ภาพที่ได้จากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

จากตารางที่ 4 อธิบายการใช้งานอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายภาพมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน

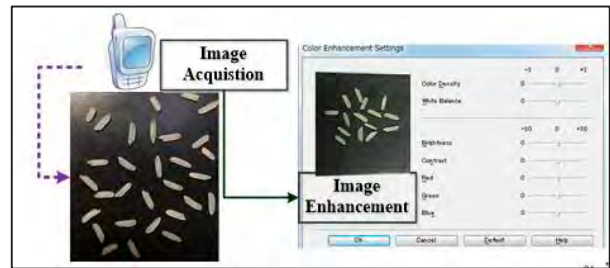
1. นำเสามาประกอบที่ฐานทั้ง 4 มุม
2. ใส่ท่อปรับระดับ
3. ติดมาตรวัดขนาดวัตถุบนพื้นด้านในฐาน
4. ประกอบแผ่นด้านบน
5. นำสมาร์ทโฟนมาวางลงบนแผ่นด้านบน
6. ภาพปรากฏในสมาร์ทโฟน

สำหรับการอธิบายนี้เป็นการถ่ายภาพโดยใช้กล้องของสมาร์ทโฟนโดยตรง มิได้ใช้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น แต่การทำงานดังกล่าวนี้ก็สามารถนำภาพส่งไปประมวลผลยังแอปพลิเคชันได้เช่นกัน

7.2) การออกแบบซอฟต์แวร์ (Software)

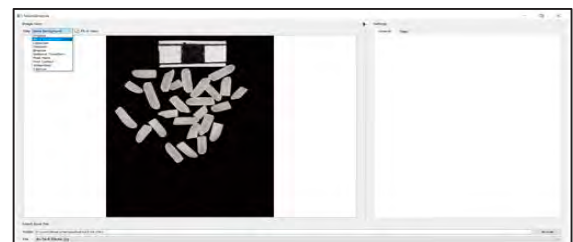
ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลงานวิจัยนี้มีการนำเทคนิคต่างๆเข้ามาช่วยในการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางฟิโนไทป์ของเมล็ดข้าว มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การได้มาของภาพทั้งนี้คุณภาพขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับภาพ



รูปที่ 7: การนำภาพดิจิทัลที่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นเพื่อการแสดงผลภาพ (Visual Interpretation)



รูปที่ 8: การปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นเพื่อการแสดงผลภาพ (Visual Interpretation)

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยตรวจสอบสัญญาณรบกวน เป็นการทำ sharpen ให้กับภาพ ดังนี้



รูปที่ 9: การปรับปรุงภาพโดยตรวจสอบสัญญาณรบกวน

ขั้นตอนที่ 4 การหาขอบภาพ ด้วยวิธี Laplacian method



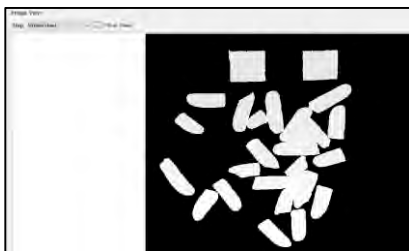
รูปที่ 10: การหาขอบภาพ ด้วยวิธี Laplacian method

ขั้นตอนที่ 5 ดึงวัตถุพื้นหน้าออกจากพื้นหลังโดยใช้ Threshold ด้วย Otsu's method



รูปที่ 11: ดึงวัตถุพื้นหน้าออกจากพื้นหลัง

ขั้นตอนที่ 6 เลือกลักษณะเด่นของข้อมูลเพื่อจำแนกความแตกต่างของวัตถุในภาพออกจากกัน ด้วยเทคนิค Watershed Segmentation



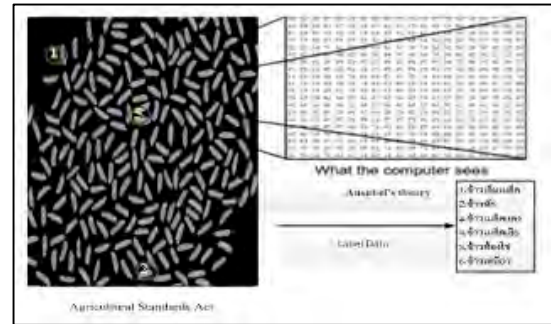
รูปที่ 12: ลักษณะเด่นของข้อมูลเพื่อจำแนกความแตกต่างของวัตถุในภาพออกจากกัน

ขั้นตอนที่ 7 ลักษณะภาพดิจิทัลที่ได้เข้าสู่การฝึกอบรม (Training) และเรียนรู้ (Learning) ข้อมูลต่อไป

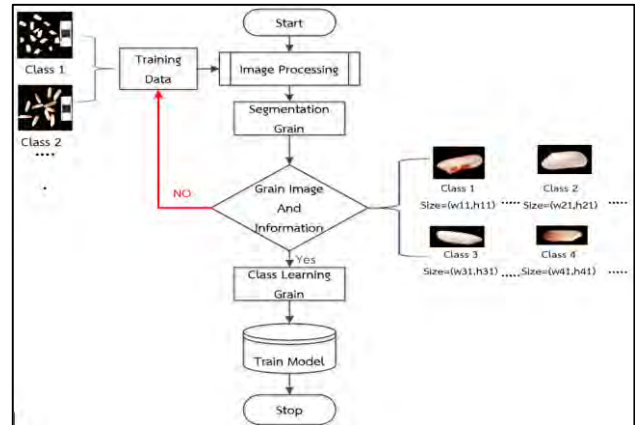


รูปที่ 13 ลักษณะภาพดิจิทัลสำหรับการฝึกอบรม (Training) และการเรียนรู้ (Learning)

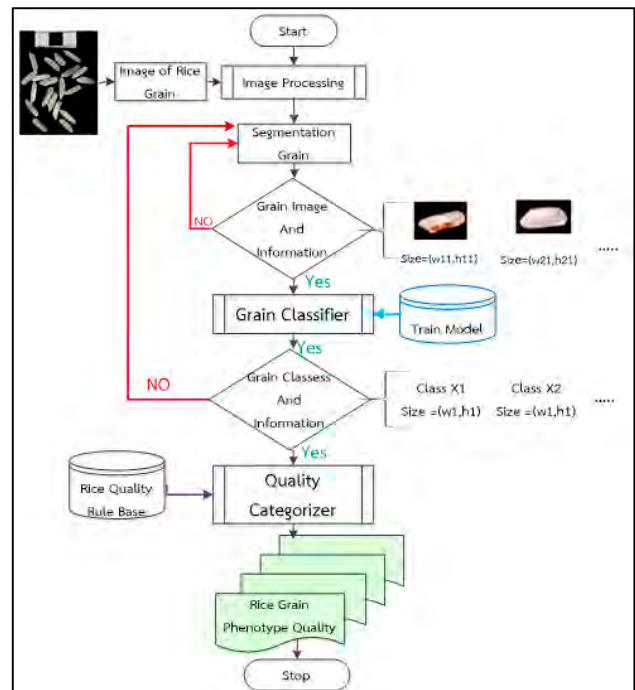
7.3) ออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร ขั้นตอนการดำเนินงานหลังจากการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัลเรียบร้อยแล้ว นำภาพแต่ละภาพมาทำการ label ข้อมูลภายใน



รูปที่ 14: การกำหนดรายละเอียดภาพตาม Subsumption Theory



รูปที่ 15: การนำเข้าภาพแสดงกระบวนการ Training Data 1 รอบใน 1 เงื่อนไข



รูปที่ 16: การจัดกลุ่มคุณภาพเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ด้วยหลักการทำงานของ Machine Learning

7.4) การตรวจสอบการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ ตามเกณฑ์กระทรวงพาณิชย์ พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าข้าวออกเพื่อควบคุมข้าว มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2559 แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ข้าวขาว 100% ข้าวขาว 5% ข้าวขาว 10% และข้าวขาว 15% โดยมีรายละเอียดลักษณะของเมล็ดข้าวเหล่านี้ที่ผสมอยู่ทั้ง 4 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหักปลายข้าวชั้ว ข้าวขัดสีต่ำกว่ามาตรฐาน ข้าวเมล็ดเหลือง ข้าวเมล็ดท้องไข ข้าวเมล็ดเสีย ข้าวเหนียว ข้าวเปลือก ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่นๆ รวม 13 ลักษณะ ซึ่งแต่ละลักษณะมีการผสมปะปนกันตามสัดส่วนที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน พ.ร.บ. ที่จำแนกข้าวออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆข้างต้น

การดำเนินงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างในการทดลองจำนวน 20-25 เมล็ดต่อ 1 ภาพซึ่งเป็นอัตราส่วน 1 ใน 4 ของปริมาณเมล็ดข้าวที่สุ่มตรวจคุณภาพตามมาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีจำนวนประมาณ 100 เมล็ดต่อ 1 ครั้งที่ตรวจสอบ โดยทำการคละคุณภาพของเมล็ดข้าวตัวอย่างโดยสุ่มอย่างง่ายตามหลักการจัดกลุ่มทำการนำทั้ง 13 ลักษณะมาผสมเพื่อทดสอบ ดังนี้ คละ 2 ลักษณะ คละ 3 ลักษณะ คละ 4 ลักษณะ คละ 5 ลักษณะ โดยทดสอบการคละแต่ละแบบจำนวน 10 ครั้ง โดยกำหนดเงื่อนไขการคละแต่ละลักษณะใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเดียวกันในการทดสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ และระบบที่ออกแบบ

จากนั้นนำการวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดข้าวที่ตรวจสอบโดยระบบที่ออกแบบนำมาเปรียบเทียบถูกต้องและระยะเวลาทำงานกับผู้เชี่ยวชาญทั้งนี้ลักษณะต่างๆ ของเมล็ดข้าวถูกคัดเลือกตามนิยามของคุณลักษณะของเมล็ดข้าวต่างๆตามมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย ห้าประการกระทรวงพาณิชย์ เรื่องกำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2559 ก่อนนำมาวิเคราะห์ทุกลักษณะก่อนนำมาใช้งาน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการตรวจสอบความถูกต้องของระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ครั้ง

การผสม คุณลักษณะ	ผู้เชี่ยวชาญ		ระบบที่ออกแบบ	
	ความถูกต้อง(ครั้ง)	%	ความถูกต้อง(ครั้ง)	%
2 ลักษณะ	9	90	9	90
3 ลักษณะ	9	90	8	80
4 ลักษณะ	10	100	8	80
5 ลักษณะ	10	100	9	90

จากตารางที่ 5 พบว่าการจำแนก 2 และ 3 คุณลักษณะเกิดข้อผิดพลาดในผู้เชี่ยวชาญ แต่ระบบพบข้อผิดพลาดในทุกลักษณะดังเช่นภาพต่อไปนี้ที่พบข้อผิดพลาด

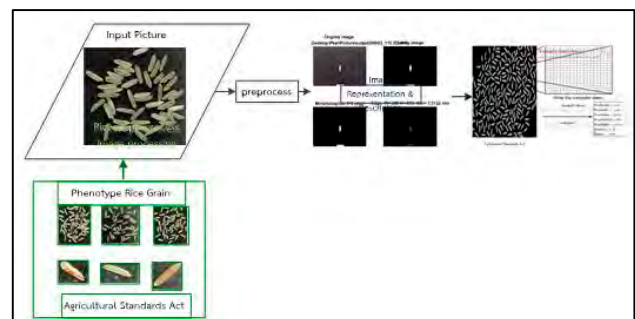


รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพที่พบปัญหาการจำแนกผิดพลาดของทั้งผู้เชี่ยวชาญและระบบที่คล้ายกัน

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการจำแนกลักษณะของระบบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์ กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ครั้ง

การผสม คุณลักษณะ	ผู้เชี่ยวชาญ	ระบบที่ออกแบบ
	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)
2 ลักษณะ	18.60	10
3 ลักษณะ	19.10	12.5
4 ลักษณะ	18.30	12.5
5 ลักษณะ	17.90	13

จากตารางที่ 6 พบว่าระยะเวลาการทำงานในการจำแนก 2 และ 3 คุณลักษณะของผู้เชี่ยวชาญช้ากว่าการจำแนก 4 และ 5 คุณลักษณะ แต่ระบบพบว่าระยะเวลาการทำงานในการจำแนกลักษณะเพิ่มขึ้นตามจำนวนการผสมลักษณะต่างๆลงไปภาพ



รูปที่ 18: การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวทางฟิโนไทป์

8) อภิปรายผล

ในการวิจัยนี้ ทำการตรวจสอบข้าวส่งออกวิเคราะห์คุณภาพข้าวให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ว่าด้วย เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2559 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวเพื่อการส่งออกด้วยหน่วยงานระดับชาติ ซึ่งเลือกทำการตรวจสอบเบื้องต้น คือ ขนาดหรือรูปร่างของเมล็ด (กว้างและยาว)

ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ (Hardware) พบว่าวัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์ในงานวิจัยนี้เพื่อช่วยลดปัญหาเหล่านั้นคือ ภาพวัตถุที่ไม่มืดเอียง แสงที่ทำให้เกิดเงาบนภาพ และการเบลอสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Patterson [10] “เชื่อว่าความสัมพันธ์ระหว่างซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์แบบลึก การมีฮาร์ดแวร์ของตัวเองจะเอื้อประโยชน์ในการพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถทำให้สองส่วนนี้ทำงานร่วมกันได้อย่างไม่ติดขัด [11] นอกจากนี้ ยังมีเรื่องของขนาดวัดขนาดเมล็ดข้าวเพื่อให้ได้ขนาดที่เทียบเคียงกับขนาดวัตถุจริงได้มีการกำหนดแถบอ้างอิงขนาดเพื่อช่วย

ให้การคำนวณหาขนาดที่แท้จริงของวัตถุในภาพได้ สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ต้นแบบระบบสำหรับวัดขนาดที่แท้จริงของวัตถุจากภาพฟิล์มเอกซเรย์ ของ สุจิตรา อุดยัเกษม และคณะ[12] พบว่า การใช้ไม้บรรทัดอ้างอิงขนาดสามารถวัดขนาดของวัตถุบนภาพฟิล์มเอกซเรย์ ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 99.48%

ส่วนที่ 2 ซอฟต์แวร์ (Software) พบว่าการทดสอบหน้าที่ (Function) ของซอฟต์แวร์ โดยใช้ภาพดิจิทัลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางพีโนโทปี ในเมล็ดข้าว 13 ลักษณะตามขนาดต่างๆ ผลการทดลองสอดคล้องกับ งานวิจัยเรื่อง การใช้ภาพดิจิทัลในการจำแนกคุณภาพเมล็ดข้าวทางพีโนโทปี [13] กล่าวว่า การใช้เทคนิคดังกล่าว ทำงานได้รวดเร็วและมีข้อผิดพลาดเมื่อเทียบกับมนุษย์น้อยกว่าเมื่อทำงานแบบเดิมๆ ระยะเวลาสั้น ดังผลการทดลองในตารางที่ 6

แต่มีบางภาพที่ไม่สามารถจำแนกลักษณะของเมล็ดข้าวได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 5 และ ระยะที่ใช้ในการประมวลผลที่ต่างกันดังปรากฏในตารางที่ 6 พบว่า การผสม 2 ลักษณะทั้งผู้เชี่ยวชาญและระบบที่ออกแบบพบข้อผิดพลาดในประเด็นเดียวกัน คือ การจำแนกระหว่างเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดกับข้าวท่อนไขที่มีปริมาณท่อนไขเพียงเล็กน้อย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพข้าวด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร [14] พบว่าการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรจำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลอย่างมากเพียงพอให้เครื่องสามารถสร้างประสบการณ์ให้กับตัวเองได้ ในกรณีที่คุณลักษณะของเมล็ดข้าวใกล้เคียงกันก็จะเป็นประเด็นที่ทำให้ผลการวิจัยคลาดเคลื่อนได้ง่าย หรือจะเป็นการจัดวางตำแหน่งของเมล็ดข้าวหากขีดติดกันก็จะทำให้ระบบประมวลผลคลาดเคลื่อน

สำหรับการออกแบบงานวิจัยนี้ ประเด็นสำคัญคือการจำกัดสภาพแวดล้อม ช่วงเวลาในการทดสอบ ลักษณะของวัตถุ ทั้งมนุษย์และเครื่องมือให้มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด เพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบกับมนุษย์ภายใต้ข้อจำกัดที่ถูกสร้างให้เหมือนกัน อีกทั้งเป็นการจัดการตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ว่าด้วย เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2559 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวเพื่อการส่งออก เนื่องจากท้ายที่สุดผลงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้กับการทำงานของเกษตรกรได้จริง

9) สรุปผล

การออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพทางพีโนโทปีของเมล็ดข้าวโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลส่งผลต่อการดำเนินงานของการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเริ่มต้นฝึกอบรมให้เครื่องจักรเรียนรู้ ตั้งแต่กระบวนการนำภาพเข้ามาสร้างเป็นคลังความรู้หากภาพที่นำเข้ามาไม่มีสัญญาณรบกวนมาก หรือการจำแนกคุณลักษณะของวัตถุไม่ชัดเจน หรือปริมาณภาพไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ จะเป็นเหตุให้การประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลคลาดเคลื่อน รวมทั้งการใช้เทคนิคในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการสูญหายของข้อมูลสำคัญในการเรียนรู้ของเครื่องจักรได้

ข้อสังเกตเพิ่มเติมในการใช้การออกแบบเทคนิคข้างต้น ผู้วิจัยควรมีการจัดวางเมล็ดข้าวก่อนการทดลองต้องไม่ให้เมล็ดข้าวขีดติดกัน หรือซ้อนทับกัน และไม่เกาะกันเป็นกลุ่ม รวมทั้งแสงที่ส่องสว่างต้องเหมาะสม ไม่เช่นนั้นการประมวลผลจะมีโอกาสผิดพลาดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่มอบตัวอย่างเมล็ดข้าวเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนบุคลากรเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาช่วยคัดเลือกเมล็ดข้าวเพื่อนำมาสร้างข้อมูลต้นแบบที่ถูกต้องตามเกณฑ์กระทรวงพาณิชย์ พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าข้าวออกเพื่อควบคุมข้าว มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2559

REFERENCES

- [1] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS), "Thai Jasmine Rice," (In Thai). ACFS 4000-2017.
- [2] The rice trader, "10th The Rice Trader World Rice Conference." [Online]. Available: <https://thericetrader.com/conferences/2018-wrc-hanoi/worlds-best-rice/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [3] Thai PBS News, "Thai Jasmine Rice 105 get the best taste of rice in the world." (In Thai). [Online]. Available: <https://news.thaipbs.or.th/content/267574>. [Accessed: 9-Nov-2018].
- [4] THAIBIOTECH.INFO. "What is Phenotype?." (In Thai). [Online]. Available: <https://www.thaibiotech.info/what-is-phenotype.php>. [Accessed: 5-Feb-2018].
- [5] Committee drafts strategic Foreign Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives, *Strategic Foreign Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives 2017-2021*. (In Thai). Bangkok: Office of Agricultural Economics, 2017.
- [6] Export Commodity Standards Act, *Subject: Standard product Thai Jasmine Rice and standard for Thai Jasmine Rice (Issue 3) 2016 Page 5, book 133, special episode 243 d*, Bangkok: Ministry of Commerce, 2016.
- [7] V. D. Daygon *et al.*, "Understanding the Jasmine phenotype of rice through metabolite profiling and sensory evaluation," *Metabolomics*, vol. 12, no. 4, pp. 63, Mar. 2016.
- [8] S. Tilley and H. J. Rosenblatt, *Systems Analysis and Design*, 11th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2016.
- [9] O. Jitpakde. *Digital Image processing*. (In Thai). Bangkok: Sakhonkit Printing & Media, 2009.
- [10] "Machine Learning & Supervised, Method combination of variables." [Online]. Available: https://media.lidn.com/dms/image/C4E12AQGPze4iPMbjAA/article-inline_images/shrink_1000_1488/0?e=2125872000&v=beta&t=HS40Lm4NrA7nINDDthjoXlpgVbNPQUmH9wPZ1xnlAM. [Accessed: 5-Feb-2018].
- [11] S. Tilley and H. J. Rosenblatt, *Systems Analysis and Design*, 11th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2016.
- [12] S. Adulkasem, J. Preechasuk, and W. Adulkasem, "A System Prototype for Accurate Measurement Size of Object in X-ray Image," (In Thai). *The Journal of KMUTNB*, Vol. 22, No. 1, pp. 90-98, 2012.
- [13] K. Tanwong, P. Suksawang, and Y. Punsawad, "Using Digital Image to Classify Phenotype of the Rice Grain Quality under Agricultural Standards Act." in *The 22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC) 2018*. Chiang Mai, Thailand, pp. 79-82, 2018.
- [14] K. Tanwong, P. Suksawang, and Y. Punsawad, "Development of Rice Grain Phenotype Quality Verification System using Machine Learning," *EAU Heritage Journal Science and Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 76-94, 2019.

การพัฒนาเกมผจญภัยบนพื้นฐานของกระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์ เพื่อเพิ่มพันธะทางการเล่น กรณีศึกษาเกมขับรถให้ถูกกฎจราจร Development of Adventure Game Base on Cybernetics Paradigm for Increasing Playing Engagement: A Case Study of Road Code

พีระพงศ์ ตระกูลแพทย์¹ รัตนโชติ เทียนมงคล²
Peerapong Trakulphat¹ Ratanachote Thienmongkol²

ภาควิชาสื่อมัลติมีเดีย คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
M.Sc. (Creative Media) Program/Faculty of Informatics, Mahasarakham University

¹peerapong.tra@msu.ac.th

²ratanachote.t@msu.ac.th

รับต้นฉบับ: 13 กุมภาพันธ์ 2562; รับบทความฉบับแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2562 ; ตอบรับบทความ: 16 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

การทำวิจัยนี้ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์สู่การพัฒนาเกมผจญภัยแนวทางใหม่บนพื้นฐานแนวคิดแบบไซเบอร์เนติกส์ รวมทั้งประเมินผลสัมฤทธิ์ของเกมนั้นแบบภายใต้กรอบแนวคิด Usability test โดยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเกม (ออกแบบ พัฒนา และคอมพิวเตอร์กราฟิก) และด้านจราจร กลุ่มตัวอย่างทดลองศึกษานำร่องก่อนการใช้งานจริง และกลุ่มผู้ทดสอบเกม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ต้นแบบเกมที่พัฒนามาจากการสังเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น, ต้นแบบเกมที่พัฒนามาจากกระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์ และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ของเกม ผลการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์ ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเป็นวิธีในการทำนายข้อมูล นำมาประเมินความสามารถของผู้เล่นเพื่อใช้กับไซเบอร์เนติกส์ ปรับระบบปัญญาประดิษฐ์ในเกมให้มีฝีมือสู้กับผู้เล่นเพื่อสร้างพันธะทางการเล่นได้เกมที่มีระบบประเมินความสามารถของผู้เล่น สามารถปรับระดับความยากของเกมตามความสามารถผู้เล่นได้ ซึ่งผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ของเกมนั้นแบบ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.07 ได้เกมผจญภัยแนวทางใหม่ที่สามารถเพิ่มพันธะทางการเล่นได้

คำสำคัญ: การพัฒนาเกมแนวทางใหม่, กระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์, การเพิ่มพันธะทางการเล่นเกม

Abstract

This research aims to examination and analysis of cybernetic paradigms, development of a new cybernetic-based adventure game and evaluation of the result of prototype games under the usability testing framework. The sample group consisted of game experts (designers, developers, computer graphics) traffic experts, experimental pilot studies and the game testers. The research tools included the following list: specialist interview questions, the prototype game developed from the

synthesis, the prototype game developed from cybernetic paradigms, and performance appraisal form. The results were divided into, a simple linear regression analysis could be adapted to utilize with cybernetics in assessing a player's ability, applied artificial intelligence (AI) to a player's abilities to create an engagement. Secondly, the development of a new adventure game based on cybernetics helped get a player rating system to adjust the difficulty of the game according to a player's abilities, the evaluation results of the prototype game under the usability testing framework were overall positive, with a point average 4.07 which meets the objective fulfillment.

Keywords: A new approach to game development, cybernetic paradigm, game engagement.

1) บทนำ

เกมดิจิทัลเป็นสื่อที่มูลค่ามหาศาล ส่งผลต่อการเติบโตของอุตสาหกรรมดิจิทัลของโลก แม้อัตราการเพิ่มตัวของผู้เล่นเกมมีสูงขึ้น แต่พฤติกรรมผู้เล่นในการเล่นมีความหลากหลาย ซับซ้อน และแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา ทำให้หลายเกมไม่ประสบความสำเร็จทั้งในเชิงธุรกิจ และการสื่อสารข้อมูลไปยังผู้เล่น จึงเกิดการศึกษาค้นคว้าหาวิธีเชื่อมโยงระหว่างผู้เล่นและเกมให้เกิดพันธะทางการเล่น เพื่อให้ผู้เล่นมีความพึงพอใจในเกมและกลับมาเล่นอีกอย่างต่อเนื่อง ด้วยการออกแบบเกมที่มีความยืดหยุ่นในการปรับแต่งโครงสร้างของเกมแบบพลวัต จะทำให้เกมสามารถเข้าถึงความต้องการและตอบสนองของบรรดาผู้เล่น ผู้วิจัยพบว่าทฤษฎีไซเบอร์เนติกส์มีหลักสำคัญในการปรับสมดุลให้ตรงตามเป้าหมายและกระจายการควบคุมไปยังองค์ประกอบย่อยต่างๆ ในวงจรการทำงานของระบบ ตั้งแต่การดำเนินกิจกรรมไปสู่การเปรียบเทียบผลที่ได้กับเป้าหมายที่ต้องการ แล้วเริ่มดำเนินการใหม่

ต่อเนื่องไปเป็นวงจร เพื่อประสิทธิภาพการทำงานได้ตรงตาม ประสิทธิภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับทฤษฎีการพัฒนาเกมที่มีผู้วิจัย จะทำการศึกษาค้นคว้าหาตัวแปรสำคัญที่จะใช้สร้างพันธะในการเล่น และสร้าง ให้เกิดจากความสมดุลระหว่างผู้เล่นกับภารกิจหลักของเกม โดยการ ปรับแต่งความท้าทายให้เหมาะสมกับความสามารถและทักษะของผู้เล่น ในขณะนั้น เพื่อสร้างความเชื่อมโยงกับประสบการณ์ทางอารมณ์ ระหว่างเกมกับผู้เล่นให้เกิดความพึงพอใจแบบต่อเนื่อง (Flow) ซึ่งผู้วิจัย เลือกพัฒนาเกมขับรถให้ถูกกฎจราจร มาเป็นเกมกรณีศึกษา เพราะการ ขับรถให้ถูกกฎจราจร มีผลต่อสังคม การเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มสูงใน ปัจจุบัน

สุดท้ายผู้วิจัยคาดหวังว่าการประยุกต์ใช้กระบวนการทศน์ไซเบอร์ เนติกส์ในการออกแบบเกมผจญภัยแนวทางใหม่เป็นต้นแบบเพื่อให้เกิด แนวคิดอันหลากหลายต่อยอดสู่การออกแบบเกมประเภทต่างๆ ต่อไป

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทศน์ไซเบอร์เนติกส์สู่การพัฒนา เกมและพัฒนาเกมผจญภัยแนวทางใหม่บนพื้นฐานแนวคิดแบบไซเบอร์ เนติกส์ รวมทั้งประเมินผลสัมฤทธิ์ของเกมต้นแบบที่ผลิตขึ้นภายใต้ กรอบแนวคิด Usability test

3) กลุ่มตัวอย่างทางการวิจัย

3.1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ และผลิตเกม แบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญ Game Designer จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญ Game Developer จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญ Game Graphic จำนวน 2 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้าน จราจร จำนวน 1 คน

3.2) กลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองเพื่อศึกษานำร่องก่อนการใช้งานจริง จำนวน 5 คน มาจากอาสาสมัคร

3.3) กลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้สื่อ จำนวน 51คน มาจากอาสาสมัคร ที่ ประกาศรับทางสื่อโซเชียลมีเดีย

4) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1) แบบสัมภาษณ์ตามกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อมูลสำคัญ เป็นแบบ สัมภาษณ์เชิงลึกอธิบายประเด็นคำถาม ลักษณะการถามเรียงตามลำดับ หัวข้อแบบปลายเปิดให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ แบ่งตาม ลักษณะงานผู้เชี่ยวชาญ

4.2) ต้นแบบเกมผจญภัยขับรถให้ถูกกฎจราจร (ยังไม่มีระบบไซเบอร์ เนติกส์) นำข้อมูลที่ได้จากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ มาใช้ในการออกแบบเกมต้นแบบ สำหรับ บันทึกข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองเพื่อศึกษานำร่องก่อนการใช้งานจริง

4.3) ต้นแบบเกมผจญภัยขับรถให้ถูกกฎจราจรที่พัฒนาจากกระบวนการ ทศน์ไซเบอร์เนติกส์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้สื่อ เล่นต้นแบบที่มี ระบบไซเบอร์เนติกส์ และไม่มีระบบไซเบอร์เนติกส์

4.4) แบบประเมินผลสัมฤทธิ์แบบออนไลน์ (Google Form) สำหรับกลุ่ม ตัวอย่างผู้ทดลองใช้สื่อ ทำการประเมินหลังเล่นต้นแบบเกม ทั้งเกมที่มี และไม่มีระบบไซเบอร์เนติกส์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และความพึงพอใจ

5) วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยประยุกต์จากทฤษฎี มนุษย์เป็นศูนย์กลางของการออกแบบ (HCD) [1] โดยมีรายละเอียด 6 ขั้นตอน ดังนี้

5.1) รวบรวมวรรณกรรม (literature reviews) การเก็บข้อมูลขั้นทุติยภูมิ โดยการวิเคราะห์รวบรวมข้อมูล เอกสาร, หนังสือ, ตำรา ทฤษฎีและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีความพึงพอใจอย่างต่อเนื่อง (Flow) [2] , ทฤษฎีการออกแบบเกม (Game Design Theory) [3]-[5] , ทฤษฎี ไซเบอร์เนติกส์ (Cybernetics) [6],[7], HCD [8] , Usability [9] ฯลฯ เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการทำวิจัยนี้

5.2) เก็บรวบรวมข้อมูล (collecting data) ในการวิจัยนี้ ได้แบ่งการเก็บ ข้อมูลออกเป็น 3 ระยะ

การเก็บข้อมูลระยะที่ 1 ทบทวนเอกสาร ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องใน งานวิจัยนี้ และสัมภาษณ์ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ตามความเชี่ยวชาญ เพื่อ เป็นแนวทางในการออกแบบสื่อเกมต้นแบบ เกมขับรถให้ถูกกฎจราจร

การเก็บข้อมูลระยะที่ 2 นำต้นแบบเกมผจญภัยขับรถให้ถูกกฎ จราจร (ยังไม่มีระบบไซเบอร์เนติกส์) มาบันทึกข้อมูลการเล่นจากกลุ่ม ตัวอย่างผู้ทดลองเพื่อศึกษานำร่องก่อนการใช้งานจริง จำนวน 5 คน โดยการบันทึกข้อมูลจะทำการระหว่างที่เล่นเกมโดยอัตโนมัติ ผู้ทดลองแต่ละคนต้องเล่น 3 ด้าน และด้านละ 2 ครั้ง รวม 6 ไฟล์ข้อมูลต่อผู้เล่น 1 คน ทั้งหมด 30 ไฟล์ข้อมูล นำมาหาค่าสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบค่าคงที่ของสมการเส้นตรง (ค่ามาตรฐานการเล่น) สำหรับใช้ตรวจสอบความสามารถผู้เล่นในระบบไซเบอร์เนติกส์แต่ ละด้านของเกม สุดท้ายระบบนี้จะถูกรวมในเกมต้นแบบสำหรับผู้ทดลอง ใช้สื่อต่อไป



รูปที่ 1: ผู้ทดลอง 1 ใน 5 เพื่อศึกษานำร่องก่อนการใช้งานจริง

junior_A00.csv															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1	time	kill	busNo	h_fire	dist	posX	posY	posZ	velX	velY	velZ	speed	rotY		
2	1	0	0	0	49	35.82	0.318322	77.24001	0	-1.19E-07	0	1.19E-07	1		
3	2	0	0	0	110	35.82	0.318322	76.29363	0	1.07E-06	0.079788	0.079788	1		
4	3	0	0	0	170	35.63403	0.318322	68.51064	0.00843	-5.96E-08	0.171791	0.171998	0.999687		
5	4	0	0	0	230	32.8856	0.318322	61.04054	0.11626	5.96E-07	0.110718	0.172	0.899817		
6	5	0	0	0	291	24.71028	0.318322	58.89356	0.171192	0	-0.01666	0.172001	0.663394		
7	6	0	0	0	351	16.23369	0.318322	60.21893	0.171421	1.79E-07	-0.0141	0.172	0.677507		
8	7	0	0	0	411	7.684552	0.318322	61.11247	0.171753	-1.19E-07	-0.00921	0.171999	0.68791		
9	8	0	0	0	472	-0.61809	0.318322	62.85514	0.142746	-5.96E-08	-0.09596	0.172001	0.458407		
10	9	0	0	0	531	-2.4967	0.318322	70.56999	-0.03738	2.38E-07	-0.16788	0.171997	-0.10674		
11	10	0	0	0	592	-2.66482	0.318322	79.10099	0.030134	-3.58E-07	-0.16934	0.172002	0.09262		
12	11	0	0	0	649	-7.62289	0.318322	85.47475	0.167454	3.58E-07	-0.03928	0.172	0.633367		
13	12	0	0	1	697	-11.6449	0.318322	84.77475	0	0	0	0	0.884521		
14	13	0	0	1	757	-15.3025	0.318322	83.37794	0.160333	0	0.032219	0.163538	0.779625		
15	14	0	0	1	812	-21.1089	0.318322	82.80447	0	0	0	0	0.659427		
16	15	0	0	2	872	-21.1202	0.318322	82.80595	0.005651	0	-0.00074	0.0057	0.660404		
17	16	0	0	2	933	-25.808	0.318322	83.1985	0.171417	0	-0.01414	0.172	0.677415		
18	17	0	0	2	993	-31.6016	0.318323	83.67651	0	-1.43E-06	0	1.43E-06	0.67742		
19	18	0	0	3	1052	-33.8598	0.318322	83.86277	0.122391	0	-0.01009	0.122806	0.677421		
20	19	0	0	3	1112	-41.2241	0.688795	83.1988	0.148132	0.002503	0.022362	0.149832	0.754824		
21	20	0	0	4	1173	-43.1017	0.521844	83.13467	-0.08342	-0.00458	-0.00475	0.083676	0.716792		
22	21	0	0	4	1233	-35.6375	0.574878	83.45112	-0.17192	0.001307	-0.00626	0.172039	0.713211		

รูปที่ 2: กราฟตัวอย่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลการเล่นเกม

การเก็บข้อมูลระยะที่ 3 นำสื่อเกมต้นแบบทั้ง 2 แบบ คือ เกมต้นแบบที่มีระบบไซเบอร์เนติกส์ และ เกมต้นแบบที่ไม่มีระบบไซเบอร์เนติกส์ ไปให้กลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้สื่อ (Sampling Group) จำนวน 51 คน โดยแต่ละผู้ทดสอบจะต้อง Download และเล่นเกมทั้งสองแบบให้จบ และทำการกรอกแบบประเมินผลสัมฤทธิ์แบบออนไลน์ (Google Form)

5.3) วิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) จำแนกการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลระยะที่ 1 (เชิงคุณภาพ) ผู้วิจัยใช้เทคนิควิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่จำแนกออกจากคำสำคัญ (Key Words) ทางกรวิจัย เพื่อที่จะนำไปกำหนดกรอบแนวคิดสำคัญ

การวิเคราะห์ข้อมูลระยะที่ 2.1 (การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย) เพื่อหาค่ามาตรฐานการเล่น โดยค่าดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในระบบไซเบอร์เนติกส์ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 1. กำหนดข้อมูลที่เราทราบค่าคือเวลาที่ผู้เล่นใช้ในการทำลายศัตรู และส่วนข้อมูลที่ต้องการทำนายคือจำนวนศัตรูที่ทำลายได้

ขั้นที่ 2. ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างก่อน โดยการเก็บตัวอย่างทั้งข้อมูลที่เป็นเวลาในการทำลายศัตรู และจำนวนศัตรูที่โดนทำลาย

ขั้นที่ 3. นำชุดของข้อมูลที่ได้นมา นำมาหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลแต่ละชุดตามสูตร

$$S_x = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (1)$$

เมื่อ

S_x เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลนั้นๆ

$\sum X$ เป็นผลรวมของข้อมูลของชุดข้อมูลนั้นๆ

n เป็นจำนวนข้อมูลของชุดข้อมูลนั้นๆ

ในขั้นตอนนี้เราจะได้ ค่าคงที่ 2 ตัวคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้ทำลายศัตรู และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนศัตรูที่โดนทำลาย

ขั้นที่ 4. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสองตามสูตร

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (2)$$

เมื่อ

r_{xy} เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X

กับ Y

$\sum X$ เป็นผลรวมของข้อมูลของชุดข้อมูลเวลาที่ใช้น

การทำลายศัตรู

$\sum Y$ เป็นผลรวมของข้อมูลของชุดข้อมูลจำนวนศัตรูที่

โดนทำลาย

n เป็นจำนวนข้อมูลของชุดข้อมูลนั้นๆ

ขั้นที่ 5. หาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยเชิงเส้นตามสูตร

$$b_1 = r_{xy} \frac{S_y}{S_x} \quad (3)$$

เมื่อ

b_1 เป็นค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระในสมการ

r_{xy} เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X

กับ Y

S_x เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลเวลาที่

ใช้ทำลายศัตรู

S_y เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลจำนวน

ศัตรูที่ถูกทำลาย

ขั้นที่ 6. หาค่าคงที่ในสมการถดถอยเชิงเส้นตามสูตร

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \quad (4)$$

เมื่อ

b_0 เป็นค่าคงที่ในสมการ

b_1 เป็นค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระในสมการ

$\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำลาย

ศัตรู

$\bar{Y}$ เป็นค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลจำนวนศัตรูที่ถูกทำลาย

ขั้นที่ 7. แทนค่า X เข้าไปในสมการตามสูตร

$$Y' = b_0 + b_1 X \quad (5)$$

เมื่อ

Y' เป็นจำนวนศัตรูที่ถูกทำลาย

X เป็นเวลาที่ผู้เล่นใช้ในการต่อสู้

b_0 เป็นค่าคงที่ในสมการ

b_1 เป็นค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระในสมการ

ผลลัพธ์จากสมการถดถอยเชิงเส้น จะทำให้ทราบถึงการทำนายว่า ณ เวลาใดๆ ผู้เล่นคนเดิมจะทำลายศัตรูได้เป็นจำนวนเท่าใด จะทราบ

คำตอบแม้เวลาที่ต้องการหาไม่ได้ในช่วงของชุดข้อมูลตัวอย่าง หากกำหนดให้ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์สมการจากชุดข้อมูลตัวอย่างเป็นค่ามาตรฐาน เมื่อประยุกต์นำไปใช้ในโปรแกรมเกม โดยสร้างคำสั่งให้เกิดการคำนวณอยู่ตลอดเวลาคอยจับจับค่าเวลาและจำนวนศัตรูที่ถูกทำลาย ในขณะที่ผู้เล่นกำลังเล่นเกม จะสามารถทำนายผลลัพธ์เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน จะได้เกณฑ์ในการวัดว่ามีความคลาดเคลื่อน สูงกว่าหรือต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอย่างไร

การวิเคราะห์ข้อมูลระยะที่ 2.2 ระบบไซเบอร์เนติกส์ที่สามารถปรับระดับความยากของเกมตามความสามารถผู้เล่น

ขั้นตอนการสร้างระบบไซเบอร์เนติกส์ ในเกมของงานวิจัยนี้ได้ถูกออกแบบ เป็น 6 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1. เก็บข้อมูลในการเล่นจากผู้เล่นหลายคน จำแนกข้อมูลที่ต้องการเป็นเวลาที่ใช้ในการทำลายศัตรู และจำนวนศัตรูที่ถูกทำลาย ณ เวลานั้น

ขั้นตอนที่ 2. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยให้เวลาที่ใช้ในการทำลายศัตรูเป็นชุดข้อมูลที่เรหาค่า และจำนวนศัตรูเป็นชุดข้อมูลที่ต้องการทำนายค่า ผลลัพธ์ที่ได้จะได้ค่าคงที่ (b_0) และค่าสัมประสิทธิ์ (b_1) ในสมการ (5)

ขั้นตอนที่ 3. นำค่าคงที่ (b_0) และค่าสัมประสิทธิ์ (b_1) ไปใช้ในเกม โดยการเขียนฟังก์ชันตามสมการเส้นตรง (5) เพื่อใช้ตรวจสอบค่าที่หน่วยเปรียบเทียบของระบบไซเบอร์เนติกส์ โดยทำการตรวจสอบค่าของผู้เล่น 2 ค่าคือ เวลาและจำนวนศัตรูที่ถูกทำลาย โดยหน่วยเปรียบเทียบจะนำ ค่าของเวลาเข้าไปในตัวแปร X ของสมการ แล้วคำนวณหาค่ามาตรฐานความสามารถผู้เล่น Y'

ขั้นตอนที่ 4. นำค่ามาตรฐานความสามารถผู้เล่น Y' ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ จำนวนศัตรูที่ผู้เล่นทำลายได้จริง ณ เวลานั้น เพื่อตรวจสอบดูว่าสูงกว่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่ามาตรฐานความสามารถผู้เล่น

ขั้นตอนที่ 5. นำผลลัพธ์ที่ได้ที่อยู่ในรูปของผลสะท้อน ไปสั่งการกระตุ้นฟังก์ชันเพื่อปรับเพิ่ม-ลดให้เกมกลับมาสุ่มกับผู้เล่นอีกครั้งครบวงจรหนึ่งรอบของไซเบอร์เนติกส์

ขั้นตอนที่ 6. เริ่มการทำงานของขั้นตอนที่ 1. ใหม่เป็นรอบถัดไปของไซเบอร์เนติกส์

นำค่ามาตรฐานมาใช้ในการตรวจสอบความสามารถของผู้เล่น โดยมีการเลือกในการตรวจสอบ ได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 โดยการให้ทั้งค่า a , b ในการตรวจสอบ โดยการแทนค่าเวลาที่ผู้เล่นใช้ในการเล่น เป็นค่า x ในสมการ $y = ax + b$ เมื่อได้ค่า y แล้วนำไปเทียบกับค่าที่ผู้เล่นทำลายศัตรูได้โดยตรง วิธีแบบนี้จึงให้ผลแม่นยำเฉพาะในกรณีที่มีการเร่งรัดเรื่องเวลา หรือมีการจำกัดเรื่องเวลา จึงจะทำให้ได้ผลการตรวจสอบที่เที่ยงตรง

แบบที่ 2 โดยการให้ค่า $2a$ ซึ่งเป็นค่าความชันของกราฟเป็นค่ามาตรฐานในการตรวจสอบ โดยต้องเทียบกับความชันของกราฟของผู้เล่นในช่วงขณะรอบของการตรวจสอบของไซเบอร์เนติกส์ โดยหาความชันจาก ความชันของกราฟผู้เล่นที่รอบปัจจุบัน

$$= \frac{(\text{จำนวนศัตรูที่ทำลายได้ที่รอบปัจจุบัน} - \text{จำนวนศัตรูที่ทำลายได้เมื่อรอบที่แล้ว})}{\text{ระยะเวลาหน่วยเป็นวินาทีในแต่ละรอบ}} \quad (6)$$

การประเมินความสามารถของผู้เล่น กำหนดเกณฑ์ในการประเมินแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ สถานะเล่นได้ระดับมาตรฐานระบบไซเบอร์เนติกส์จะไม่ทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ สถานะเล่นได้สูงกว่ามาตรฐานระบบไซเบอร์เนติกส์จะเริ่มทำการปรับเกมให้ยากขึ้น สถานะเล่นได้ต่ำกว่ามาตรฐานระบบไซเบอร์เนติกส์จะเริ่มทำการปรับเกมให้ง่ายขึ้น

การกระตุ้นการทำงานเพื่อปรับเปลี่ยนแก้ไขระดับความยากง่ายของระบบเกม จะดำเนินการต่อเนื่องเป็นรอบๆ ในแต่ละรอบ อยู่ที่รอบละ 30 วินาที ความสามารถของศัตรูที่สามารถปรับเปลี่ยนได้แก่การเพิ่มจำนวนศัตรูให้มากขึ้น การเพิ่มหรือลดความเร็วในการเคลื่อนที่ของศัตรู การเพิ่มระยะการค้นหาลูกเล่น ทำให้ศัตรูมีโอกาสเจอผู้เล่นมากขึ้น, การเพิ่มระยะในการที่ศัตรูตัดสินใจเริ่มยิงให้ไกลขึ้น การเพิ่มหรือลดความแม่นยำในการโยนอาวุธให้ตรงเป้าหมาย การเพิ่มระยะเวลาในการเร่งความเร็วรถของผู้เล่น

การวิเคราะห์ข้อมูลระยะที่ 3 (เชิงปริมาณ) เพื่อประเมินหาค่า Usability Test โดยวัดระดับคะแนน ตามหลัก Likert Scale 5 ระดับ รูปแบบหาค่าเฉลี่ยของความถี่ (Frequency analysis) กลุ่มผู้ทดลองเป็นผู้กรอกประเมิน หลังจากทดลองสัปดาห์ต้นแบบโดยค่าเฉลี่ยการประเมินประสิทธิภาพของสื่อ

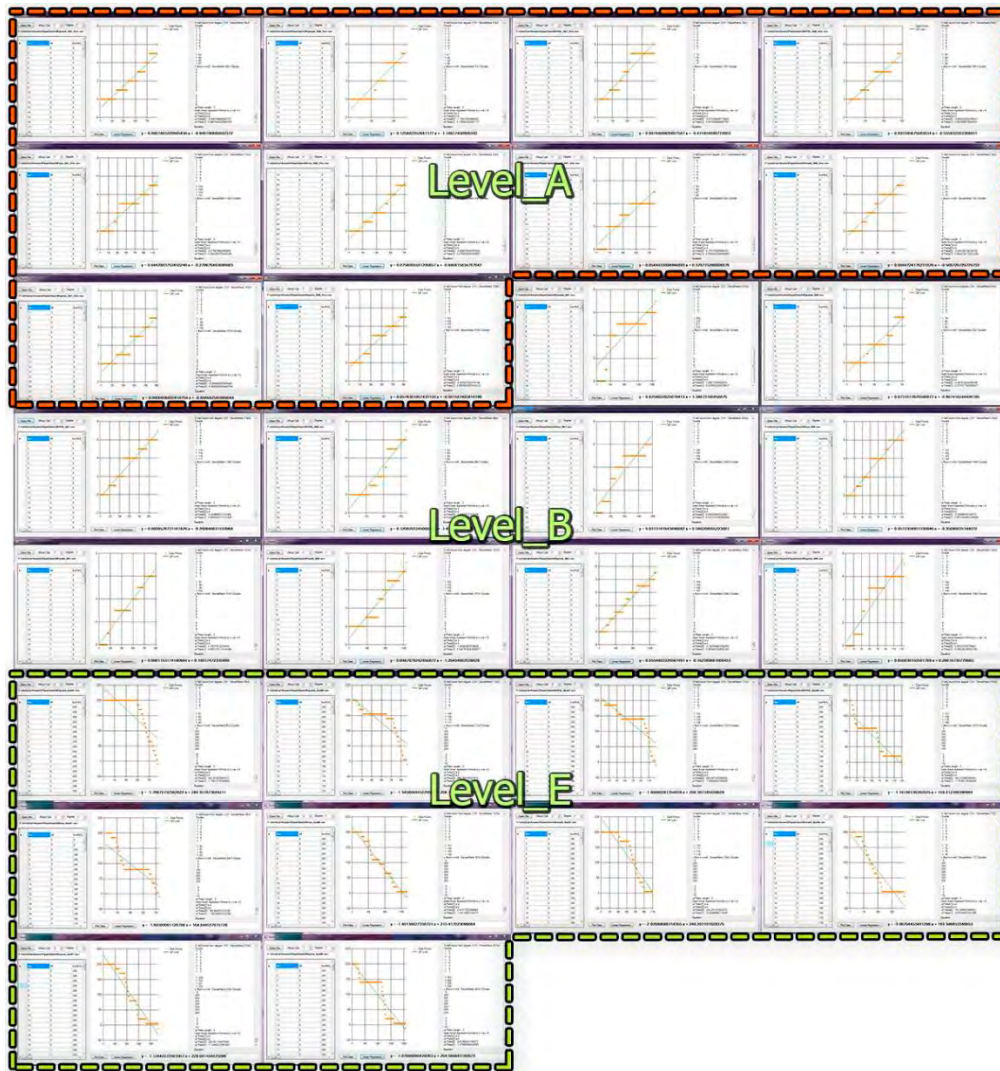
5.4) การออกแบบ (Design) เป็นการสังเคราะห์ตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ มากำหนดแนวทางในการออกแบบเกม โดยระหว่างการทำดำเนินการสร้างเกมจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองเพื่อศึกษานำร่องก่อนการใช้งานจริง ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์และสังเคราะห์ออกมาเป็นสมการสำคัญเพื่อสร้างระบบไซเบอร์เนติกส์ในเกมต้นแบบ

5.5) การวัดและประเมินผล (measure) เป็นการประเมินผลในรูปแบบ Usability Test 3 ด้านคือ ประสิทธิภาพ, ประสิทธิผล และความพึงพอใจในเกม กลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้สื่อจะทำการทดลองเล่น 2 เกม ได้แก่ เกมต้นแบบที่ไม่มีระบบไซเบอร์เนติกส์ และเกมต้นแบบที่มีระบบไซเบอร์เนติกส์ แล้วทำการกรอกแบบสอบถาม

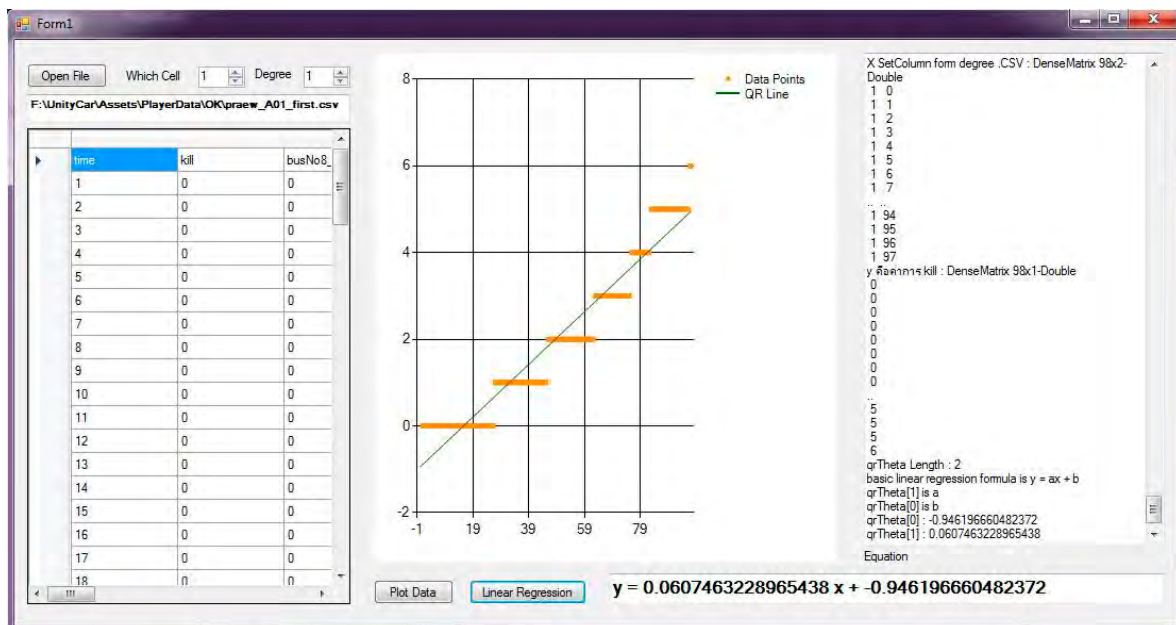
5.6) ชิ้นงานออกแบบสุดท้าย (final design) เป็นการนำผลสะท้อนที่ได้จากการประเมิน และจุดบกพร่องของโปรแกรม มาทำการปรับแก้ไขเพื่อให้ได้เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์

6) ผลการวิจัย

6.1) ได้ระบบประเมินความสามารถของผู้เล่น ทำได้จากการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อใช้ในการตรวจสอบระดับความสามารถของผู้เล่นแบบพลวัตในสมการของระบบไซเบอร์เนติกส์ในแต่ละด้าน ในเกมต้นฉบับนี้จะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา กับจำนวนศัตรูที่ถูกทำลาย การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลกระทำโดยการเก็บข้อมูลจากการเล่นเกมจากอาสาสมัคร



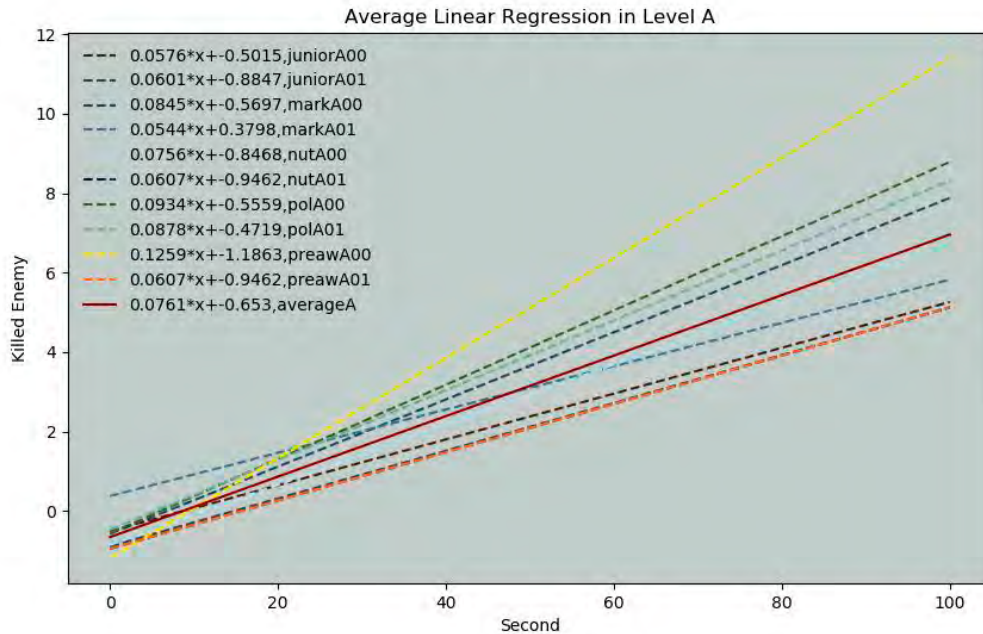
รูปที่ 3: ภาพรวมกราฟคำนวณหา linear Regression ของ Pilot Study



รูปที่ 4: ภาพตัวอย่างกราฟคำนวณหา linear Regression ของ Pilot Study ในด้าน Level A

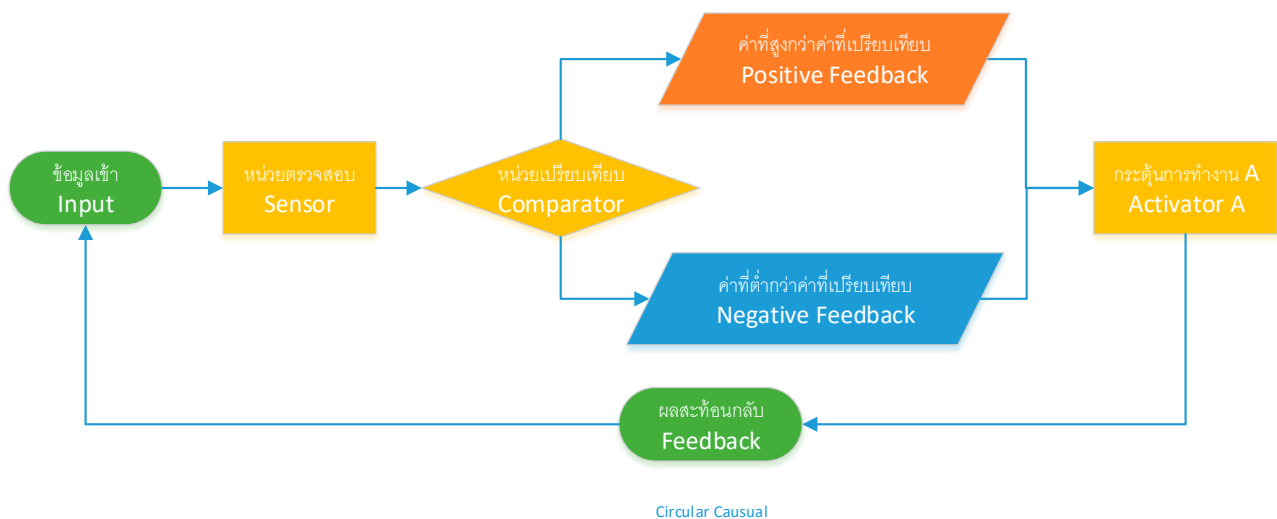
นำสมการ Linear Regression ทั้งหมด 10 อัน ที่ได้แต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ยทำให้ได้กราฟเส้นตรงค่ามาตรฐานที่ใช้ประเมินความสามารถผู้เล่น ค่าเฉลี่ยที่ได้มาคือ

- Level A ค่า $a = 0.06608408$, ค่า $b = -0.5360613$
- Level B ค่า $a = 0.04831968$, ค่า $b = -0.2136857$
- Level E ค่า $a = 1.578488$, ค่า $b = 206.6139$



รูปที่ 5: กราฟ linear Regression แสดงค่าเฉลี่ยของ Pilot แยกแต่ละบุคคล

6.2) ได้ระบบไซเบอร์เนติกส์ที่สามารถปรับระดับความยากของเกมตามความสามารถผู้เล่น



รูปที่ 6: แสดงโมเดลของระบบไซเบอร์เนติกส์

6.3) ได้เกมผจญภัยบนพื้นฐานของกระบวนการคิดไซเบอร์เนติกส์



รูปที่ 7: แสดงตัวอย่างในเกม

7) ผลสรุปการศึกษาและวิเคราะห์

ผลสรุปการศึกษาและวิเคราะห์ แยกเป็น 3 ด้านสำคัญ ดังต่อไปนี้

7.1) ผลสรุปการศึกษาและวิเคราะห์ในด้านการออกแบบและพัฒนาเกม

- เกมผจญภัยที่ดีจำเป็นต้องมีส่วนผสมของเกมต่อสู้และเกมเพื่อความเพลิดเพลิน ใน

- การออกแบบจำเป็นต้องแยกการออกแบบไปตามองค์ประกอบเกมทั้ง 9 ได้แก่ ผู้เล่น การกิจ แบบแผนขั้นตอนการเล่น กฎของเกม ทรัพยากร การต่อสู้ ขอบเขตของการเล่น ผลที่ได้รับ ส่วนประกอบทางด้านอารมณ์

- เกมควรมีเนื้อเรื่องเป็นแกนหลัก และเพื่อใช้ในการออกแบบการกิจ การเชื่อมโยงผู้เล่นไปสู่การกิจต่าง ๆ

- การออกแบบควรใช้แนวคิดของ HCD และ Usability เพื่อทดสอบหา Flow โดยจำเป็นต้องมีการทดสอบเกมอย่างต่อเนื่องในช่วงของการพัฒนา

7.2) ผลสรุปการศึกษาและวิเคราะห์ในด้านพันธะทางการเล่นและไซเบอร์เนติกส์

- ระบบของไซเบอร์เนติกส์ในเกมประกอบด้วย การรับข้อมูลในเกม, หน่วยตรวจสอบในเกม, หน่วยเปรียบเทียบในเกม เพื่อประเมินว่าผู้เล่นมีความสามารถในการเล่นระดับใด, หน่วยกระตุ้นในเกม สามารถกระตุ้นการทำงานในเกมเพิ่มหรือลดระดับความยากของเกม

- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ใช้ในการทำนายข้อมูลที่น่ามาดัดแปลงเพื่อใช้กับหน่วย Comparator ของไซเบอร์เนติกส์ ในการประเมินความสามารถของผู้เล่นได้ และปรับใช้ปัญญาประดิษฐ์ให้มีมือสู้กับผู้เล่นเพื่อสร้างพันธะทางการเล่น

- การตอบสนองเมื่อผู้เล่นมีปฏิสัมพันธ์กับเกมเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการเชื่อมโยงระหว่างผู้เล่นและเกมเข้าด้วยกันเป็นหนึ่งเดียวแบ่งได้เป็น การตอบสนองด้วยเหตุการณ์หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้นใหม่ เมื่อผู้เล่นตาย หรือชนะ หรือทำการกิจสำคัญในเกม การตอบสนองด้วยอนิเมชัน ใช้ได้ผลดีเมื่อต้องการแสดงผลพัชร์จากการกระทำของผู้เล่น การตอบสนองด้วยเสียง การตอบสนองผ่านทางส่วนปฏิสัมพันธ์ (UI) การตอบสนองผ่านทางประสิทธิภาพของผู้เล่น (UX) การตอบสนองด้วยการให้คำแนะนำต่างๆ เมื่อผู้เล่นต้องการความช่วยเหลือ

7.3) ผลการสรุปแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ของเกมต้นแบบ(เกมขับรถให้ถูกกฎจราจร) ที่ผลิตขึ้นภายใต้กรอบแนวคิด Usability test

ตารางที่ 1: แสดงข้อมูลด้านประสิทธิภาพของเกมต้นแบบ

ด้านประสิทธิภาพของเกมต้นแบบ	กลุ่มทดลอง 51 คน	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความง่าย (User Friendly) ของการควบคุมรถ	3.51	.834
ความเสถียรในการเล่น	3.76	.862
ความรวดเร็วในการแสดงผล	4.25	.717
ความเหมาะสมในการใช้ปริศนาในเกม	3.96	.692
ความชัดเจน ของกราฟิกในเกมต้นแบบ	4.37	.692
ความชัดเจน ของตัวอักษรในเกมต้นแบบ	4.39	.695
การจัดวาง มุมมองผู้เล่นของเกมต้นแบบ	3.98	.836
ความเหมาะสมในการเลือกใช้สีในเกมต้นแบบ	4.35	.627
ความเหมาะสมของเสียงประกอบต่างๆ ในเกมต้นแบบ	4.33	.683
รูปแบบของเกมตรงกับวัตถุประสงค์ในการขับรถให้ถูกกฎจราจร	4.12	.840

ตารางที่ 2: แสดงข้อมูลด้านประสิทธิผลของเกมต้นแบบ

ด้านประสิทธิผลของเกมต้นแบบ	กลุ่มทดลอง 51 คน	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ระดับความเหมาะสมในการจำลองสถานการณ์การจราจรในเกมต้นแบบ	3.96	.747
เกมมีผลทำให้ท่านรู้เครื่องหมายพื้นทางจราจรมากขึ้นในระดับใด	4.08	.821
เกมมีผลทำให้ท่านรู้ป้ายสัญลักษณ์ทางจราจรมากขึ้นในระดับใด	3.98	.836
เกมมีผลทำให้ท่านรับรู้สถานการณ์อันตราย ทางจราจรมากขึ้นในระดับใด	3.84	.903
เกมเสริมสร้างวินัยในการขับรถของท่าน ในระดับใด	3.86	1.040

ตารางที่ 3: แสดงข้อมูลด้านความพึงพอใจของเกมต้นแบบ

ด้านความพึงพอใจของเกมต้นแบบ	กลุ่มทดลอง 51 คน	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความน่าสนใจของเกมต้นแบบ	4.12	.739
ความสนุกสนานของเกมต้นแบบ	3.94	.759
ความเหมาะสมของระดับความยาก-ง่ายของเกมต้นแบบเมื่อ *ปิด* ระบบไซเบอร์เนติกส์	3.84	.758
ความเหมาะสมของระดับความยาก-ง่ายของเกมต้นแบบเมื่อ *เปิด* ระบบไซเบอร์เนติกส์	4.08	.659
ความรู้สึกรับรู้ถึงความแตกต่างเมื่อเปิดหรือปิดระบบไซเบอร์เนติกส์	4.04	.824
ความพึงพอใจ ในการทดลองเล่นเกมต้นแบบเมื่อเปิดระบบไซเบอร์เนติกส์	4.20	.693
ด้านความสนใจที่จะกลับมาเล่นเกมนี้หากมีการเพิ่มฉากในเกม	4.31	.735
ความรู้สึกลอยลางและน่าสนุกในการเล่น	4.27	.850

การประเมินผลสัมฤทธิ์โดยรวมอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.07 จากคะแนนเต็ม 5 คือระดับดีมาก ผลตรงตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 การประเมินคุณภาพสื่อปฏิสัมพันธ์ 3 ด้าน ประสิทธิภาพของเกม ประสิทธิภาพของเกม และความพึงพอใจในเกม

8) ข้อเสนอแนะ

8.1) นอกจากการใช้กระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์ในการเพิ่มพูนระนาบการเล่น ยังต้องมีการใช้องค์ประกอบอื่นๆ เช่นการใช้รูปแบบการเล่นตามสมมติฐาน การใช้ศิลปะ การใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์รูปแบบใหม่ในการออกแบบเกม

8.2) ไซเบอร์เนติกส์สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบแอปพลิเคชันอื่นๆ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับผู้ใช้ ซึ่งมีความต้องการหลากหลายเปรียบได้กับผู้เล่นเกมของงานวิจัยนี้

8.3) ไซเบอร์เนติกส์สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบเกมออนไลน์ ที่เป็นการเล่นระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ด้วยกัน โดยการออกแบบให้ไซเบอร์เนติกส์ทำหน้าที่เสมือนเป็นกรรมการควบคุมการเล่นในระบบผู้เล่นหลายคนเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ของผู้เล่นและระบบเกม

8.4) กระบวนทัศน์ไซเบอร์เนติกส์สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดด้วยการใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบ Machine Learning

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 กลุ่มเรื่องการขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่อนาคต หัวข้ออุตสาหกรรมดิจิทัล

REFERENCES

- [1] Ergonomics of human-system interaction Part 210: Human-centred design for interactive systems, ISO 9241-210, 2019.
- [2] M. Csikszentmihalyi, *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper Perennial Modern Classics, 2008.
- [3] T. Fullerton, *Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games*, 3rd ed. Boca Raton: A K Peters/CRC Press, 2014.
- [4] D. ARSENAULT, *Narration in the video game*. Montreal: University de Montreal, 2006.
- [5] N. Fortugno, "Design Principles for Casual Games." 2007. [Online]. Available: <http://www.gdcvault.com/play/1019227/Design-Principles-for-Casual>. [Accessed: 09-Dec-2016].
- [6] N. Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2nd ed. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1965.
- [7] W. R. Ashby, *An Introduction to Cybernetics*. USA: Springer, 1956.
- [8] G. O. Matheson, C. Pacione, R. K. Shultz, and M. Klügl, "Leveraging human-centered design in chronic disease prevention.," *American journal of preventive medicine*, vol. 48, no. 4, pp. 472–479, 2015.
- [9] J. Nielsen, "Usability 101: Introduction to Usability Nielsen Norman Group." 2012. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. [Accessed: 14-Jun-2017].

Forecasting and Purchasing Planning for Shelf Life-Limited Instruments Equipment Spare Parts

Sasithorn Kitti-udomporn¹ Suwitchaporn Witchakul²

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

¹sasithorn.kit@ku.th

²fengspw@ku.ac.th

Received: 30 November 2018; Revised: 30 May 2019; Accepted: 4 June 2019

Published online: 28 June 2019

Abstract

Forecasting and Purchasing Planning for Shelf Life-Limited Instruments Equipment Spare Parts with a case study of company, purchasing spare parts from factories by selecting a forecasting method and applying a mathematical model. The purposes of this research are to improve the inventory quantity to be suitable for customers' demand, to reduce holding cost and to minimize the total inventory cost. In the past, the company operations didn't have purchasing planning strategy in the case study, the purchasing would be ordered when the inventory level is 0 that result shortage spare parts sometimes and the company had the policy about the spare parts with a limited 5-years lifetime. There were 17 items or 80% of total expired spare parts value that would be taken for forecasting and purchasing planning in this case study. We propose a new strategy about applying a mathematical model for purchasing planning spare parts that minimize the total inventory cost by using a new safety stock (SS) and customers' demand that is the most accurate forecasting method with the lowest Mean Absolute Deviation (MAD) from 5 forecasting methods: 1) Moving Average, 2) Single Exponential Smoothing, 3) Double Exponential Smoothing, 4) Holt-Winters Smoothing, 5) Monte Carlo Simulation. From experiments, 17 items of the spare parts were the most suitable with Moving Average, Single Exponential Smoothing and Double Exponential Smoothing Method. In addition, this study calculated the new safety stock level at 95% confident level for new purchasing planning next year. Finally, The results of this study were found that the mathematical model for purchasing planning spare parts, could prevent the inventory shortage, reduce holding cost and minimize the total inventory cost from the current purchases of all items by 8,384,223 baht or decrease the average cost of 493,189.59 baht/year that is 17.55%

Keywords: Forecasting, Purchasing Planning, Inventory Control, Mathematical Model, Cost Minimization

I. INTRODUCTION

Inventory or raw materials is an important factor for business operation. In general, industrial factories stock about 10,000 – 50,000 lists of inventory. Therefore, to control the inventory effectively, the organizations have to know each inventory list [1][2]. If the management is improper; the negative effects might be on different parts of business operations such as production interruption because of material shortages, leading to a delay in deliveries and customers' dissatisfaction. As a result, forecasting and purchase planning is an option to minimize inventory cost for expired inventory, and to reduce loss of opportunity to provide customer service as well.

The industrial company for this case study was in business of production and distribution of measuring tools to industrial factory that imported spare parts from Japan and was a distributor. There are 2 methods of measuring tool production: make to order and make to stock. Make to order is the production according to customers' demand, whereas make to stock is the production for later distributing to customers. But In present, the company in this case study operated to sell the spare parts that is "make to stock" which was not suitable to customers' demand and amount of spare parts were over customers' demand. There were a lot of expired spare parts in the warehouse and these expired items were destroyed because of the company policy determined to destroy all expired spare parts from inventory when the spare parts of inventory have 5-years lifetime. Some raw material of spare parts has limit lifetime or technology of production has to be developed. This effect makes the company lose too much inventory costs and opportunity to invest money on other beneficial activities. In 2016, 27.38% of spare parts was expired or destroyed as shown in Fig. 1.

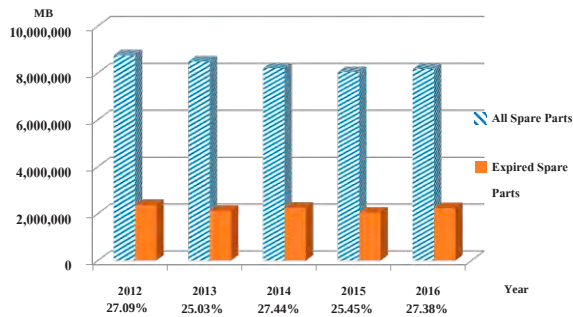


Fig. 1. Amount of spare parts was expired or destroy in 2012 – 2016

According to the above analysis of problems from previous studies, it is necessary to have comparative forecasting to find the best way to confirm the details. Time Series Forecasting [3] was used to compare Monte Carlo forecasting [4] and planning for purchasing inventory with limited lifetime. In this case uses the Lot Sizing Problem of Wagner and Whitin's method [5]-[9] for optimizes cost by linear programming. This problem will be used for solving minimize total cost.

Therefore, The process of this research as shown in Fig. 2, that studied 5 forecasting method to demand forecasting from customers' orders quantity in past of make to stock production in order to analyze the demand and orders quantity in the future. In addition, this study calculated the new safety stock level at 95% Service level for purchasing planning on next year. After that, the mathematical model was applied to plan the purchase of spare parts or determine the proper purchasing quantity and minimize the total cost of spare parts: ordering cost, holding cost, and shortage cost.

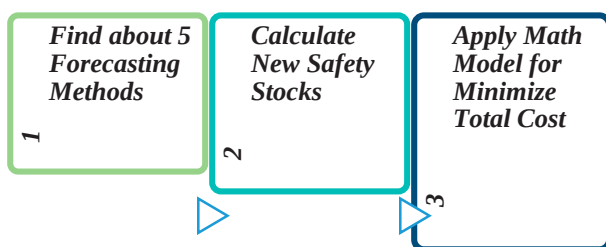


Fig. 2. The process of this research

II. OBJECTIVES

The main objectives of the study are as follows.

1. To improve the volume of the inventory storage suitable for customers' demand in past by using demand forecasting method.
2. To plan and determine the order quantity of spare parts on measuring tools with limited lifetime by using the mathematical model.

3. To minimize the total inventory cost of shelf life-limited spare parts at least 15%

III. RESEARCH METHODS

A. Problem analysis and data collection

The data from January 2012 to December 2016 were collected according to spare part categories and Pareto Graph Plot [10]. Fig. 3 shows that the mostly expired spare parts or destroy (80%) was on 17 items of all 54 items which was spare parts most important which was not suitable to customers' demand and impacted on higher cost from determine higher price thus the company wasted the investment and sales benefits.

In 2017, the manager director of the company decided to cancel about storage of spare parts. This result was inadequate spare parts at times or shortage cost.

This research analyzes spare parts all 17 items as shown in Fig. 3.

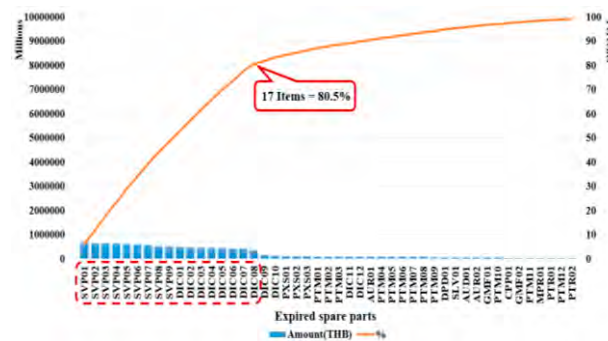


Fig. 3. Pareto chart for average costs of expired spare parts in 2012 – 2016

B. Notation

The following notations are used throughout this research in forecasting method, calculated the new safety stock and the mathematical formulation:

F_t	Forecasted value in period t
ℓ_t	Level estimated value in period t
n	Number of forecasting period
b_t	Trend estimated value in period t
S_t	Season estimated value in period t
A_t	Demand value in period t
P	Period for season
α	Smoothing constant
γ	Weighted smoothing for trend
δ	Weighted smoothing for season
t	Time period with $t = 1, 2, 3, \dots, n$ (month)

SS	Safety Stock
Z_α	Service standard level α
σ_{dL}	Standard deviation of lead time for spare parts
σ_d	Standard deviation of spare parts demand
L	Lead time for spare parts
X_t	Order quantity of spare parts in period t
Y_t	Order indication with order = 1, no order = 0
TC	Total cost (baht)
U	Price per a spare part (baht)
S	Cost per inventory purchase (baht)
H	Cost for inventory storage in period (per piece)
I_t	Quantity of ending inventory in period t
R_t	Quantity of received inventory in period t
D_t	Quantity of demand for spare parts in period t
MAX	The number of the maximum order per time
M	Maximum number

Where: $(0 \leq \alpha \leq 1)$, $(0 \leq \gamma \leq 1)$ and $(0 \leq \delta \leq 1)$

Both α and γ parameters of this research obtained from result ARIMA optimal in Minitab program, n parameter was used with all forecasting method that is $n = 12$.

C. Forecasting Methods

This present paper studied the customers' demand in past about spare parts model SVP01 for demand forecasting make to stock in the future. Five methods were used, namely 1) Moving Average, 2) Single Exponential Smoothing, 3) Double Exponential Smoothing, 4) Holt-Winter's Smoothing, and 5) Monte Carlo Simulation. This research predicted the order demand for 12 months in advance with the first 4 forecasting methods by using Minitab Version 17.

1) Moving Average Method:

$$F_{t+1} = \frac{(A_t + A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n+1})}{n} \quad (1)$$

2) Single Exponential Smoothing Method:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2)$$

3) Double Exponential Smoothing Method:

$$F_{t+n} = \ell_t + nb_t \quad (3)$$

$$\ell_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \quad (4)$$

$$b_t = \gamma(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (5)$$

4) Holt Winter's Method:

Additive

$$F_{t+n} = \ell_t + nb_t + S_{t+n-p} \quad (6)$$

$$\ell_t = \alpha(A_t - S_{t-1}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7)$$

$$b_t = \gamma(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (8)$$

$$S_t = \delta(A_t - \ell_t) + (1 - \delta)S_{t-1} \quad (9)$$

Multiplicative

$$F_{t+n} = (\ell_t + nb_t)S_{t+n-p} \quad (10)$$

$$\ell_t = \alpha(A_t / S_{t-1}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \quad (11)$$

$$b_t = \gamma(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (12)$$

$$S_t = \delta(A_t / \ell_t) + (1 - \delta)S_{t-1} \quad (13)$$

5) Monte Carlo Simulation Technique:

This technique is the repeated random sampling method to form mathematical model data, resulting in cost solving the problem of controlling cost in the inventory by using Microsoft Excel Program to apply Monte Carlo Simulation Technique as shown in TABLE I.

RN = Random Number

TABLE I. APPLICATION EXAMPLE OF MONTE CARLO SIMULATION TECHNIQUE

x	frequency	f(x)	F(X)	Range of RN
0	2	0.03333	0.00000	0.03333
1	1	0.01667	0.03333	0.05000
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
19	3	0.05000	0.95000	1.00000

After data was collected for 5 forecasting methods and selected the results of experiment from comparing the most accurate forecasting method with the lowest Mean Absolute Deviation (MAD).

6) Calculation of Mean Absolute Deviation (MAD):

This research used Mean Absolute Deviation (MAD) which is the technique for measuring precision to solve the problem of average error calculation considered differently from real sales and real forecasting regardless of symbol.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t| \quad (14)$$

D. Calculation of safety stock level (SS)

All spare parts of the factory used in the case study possessed constant lead time so if the spare parts demand is unstable, the lead time will be constant. The safety stock will be calculated at 95% Confidence level.

$$SS = Z_{\alpha} \sigma_{dL} \quad (15)$$

$$\sigma_{dL} = \sigma_d \sqrt{L} \quad (16)$$

E. Purchasing planning with a mathematical model

Wagner and Whitin's mathematical model was applied to calculate in the future order quantities of spare parts by using the previous demand data, to minimize the total cost of inventory, and to reduce the problem of shortage cost with the following equation.

$$MIN TC = \sum_{t=1}^T UX_t + \sum_{t=1}^T (SY_t + HI_t) \quad (17)$$

Subject to

$$I_t = I_{t-1} + R_t - D_t \quad ; \forall t \quad (18)$$

$$X_{t-1} = R_t \quad ; \forall t \quad (19)$$

$$X_t \leq MY_t \quad ; \forall t \quad (20)$$

$$Y_t = 0 \text{ or } 1 \quad ; \forall t \quad (21)$$

$$I_t \geq SS \quad ; \forall t \quad (22)$$

$$I_t \leq MAX \quad ; \forall t \quad (23)$$

In the formulation above, the objective function (17) represents the main objective to minimize the total inventory cost of purchasing. Constraint (18), the quantity of the ending inventory in period t is the same as the quantity of the previous one (I_{t-1}), increases the order quantity of the arrival inventory (R_t), and reduce the demand quantity of the inventory in period t (D_t). Constraint (19), the spare parts order has a one-month lead time. Constraint (20), if there is an order of the spare parts ($X_t > 0$), Y_t variable which equals 1. Constraint (21), the decision variable of a spare parts order is 0 or 1 in each period. Constraint (22), the inventory quantity is higher than or equal to the safety stock (SS). Constraint (23), the quantity of each inventory order is lower than or the equal to the maximum inventory (MAX).

IV. RESULT AND DISCUSSION

A. Forecasting findings

The raw data of previous 17 items on spare parts demand from 2012 to 2016 as shown in TABLE II. Those was forecasted with 5 forecasting methods: 1) Moving Average, 2) Single Exponential Smoothing, 3) Double Exponential Smoothing, 4) Holt Winters model, and 5) Monte Carlo Simulation.

TABLE II. THE RAW DATA OF 17 ITEMS ON SPARE PARTS DEMAND FROM 2012 TO 2016

Item	Year	Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sum
1	2012	SVP01	8	9	10	1	10	11	12	2	8	19	20	6	116
	2013		10	12	1	7	2	16	13	10	0	12	3	11	97
	2014		10	20	8	5	4	13	7	15	18	6	1	3	110
	2015		10	16	3	9	4	11	10	0	7	8	1	14	93
	2016		9	6	16	10	7	16	0	12	17	6	10	15	124
Average			9.4	12.6	7.6	6.4	5.4	13.4	8.4	7.8	10	10.2	7	9.8	108
2	2012	SVP02	7	4	13	8	10	12	11	5	15	10	9	14	118
	2013		12	13	10	0	8	12	14	9	15	18	12	13	136
	2014		19	10	15	17	16	19	12	15	7	0	6	8	144
	2015		12	13	10	6	14	11	15	19	17	1	10	5	133
	2016		18	10	7	11	16	12	9	12	15	4	10	5	129
Average			13.6	10	11	8.4	12.8	13.2	12.2	12	13.8	6.6	9.4	9	132
3	2012	SVP03	13	7	10	12	11	9	13	8	9	12	11	10	125
	2013		13	8	7	12	11	13	10	16	15	16	9	16	146
	2014		3	10	17	13	7	6	10	17	13	8	10	16	130
	2015		15	18	14	10	14	12	14	8	7	9	9	4	134
	2016		1	5	13	16	15	3	10	9	4	12	10	14	112
Average			9	9.6	12.2	12.6	11.6	8.6	11.4	11.6	9.6	11.4	9.8	12	129.4
4	2012	SVP04	9	14	11	15	12	8	14	10	9	12	15	16	145
	2013		15	11	12	7	15	12	8	10	15	12	9	11	137
	2014		14	8	14	7	5	13	9	15	8	11	14	10	128
	2015		8	3	12	7	9	13	11	8	1	7	11	9	99
	2016		10	4	7	12	11	9	13	8	9	12	11	7	113
Average			11.2	8	11.2	9.6	10.4	11	11	10.2	8.4	10.8	12	10.6	124.4
5	2012	SVP05	11	7	12	9	15	2	10	11	1	9	16	12	115
	2013		1	8	5	14	15	0	11	9	20	10	8	6	107
	2014		16	1	9	12	14	14	10	7	13	14	3	11	124
	2015		15	2	8	19	14	10	16	8	12	15	10	7	136
	2016		19	9	11	14	16	8	10	7	11	15	12	8	140
Average			12.4	5.4	9	13.6	14.8	6.8	11.4	8.4	11.4	12.6	9.8	8.8	124.4
6	2012	SVP06	11	10	14	4	6	19	10	9	13	1	8	7	112
	2013		9	10	16	19	4	18	14	12	7	11	15	18	153
	2014		9	6	18	3	10	12	7	8	11	10	16	4	114
	2015		14	12	1	9	8	14	6	11	4	10	6	2	97
	2016		16	8	8	4	2	17	10	7	0	11	9	11	103
Average			11.8	9.2	11.4	7.8	6	16	9.4	9.4	7	8.6	10.8	8.4	115.8
7	2012	SVP07	6	2	19	12	8	11	14	10	7	14	12	9	124
	2013		10	11	3	16	12	9	18	13	8	10	12	9	131
	2014		16	11	17	0	1	15	18	13	12	7	17	10	137
	2015		6	11	9	16	8	14	15	11	15	14	8	10	137
	2016		9	19	13	16	14	8	14	7	11	10	15	16	152
Average			9.4	10.8	12.2	12	8.6	11.4	15.8	10.8	10.6	11	12.8	10.8	136.2
8	2012	SVP08	7	8	13	10	11	12	9	14	13	10	6	7	120
	2013		10	8	12	17	16	11	14	18	10	9	14	15	154
	2014		6	11	10	8	14	16	19	7	14	11	5	16	137
	2015		11	13	7	14	15	16	11	14	10	17	8	16	152
	2016		12	8	13	12	6	10	11	13	9	5	10	13	122
Average			9.2	9.6	11	12.2	12.4	13	12.8	13.2	11.2	10.4	8.6	13.4	137
9	2012	SVP09	9	10	8	12	13	12	11	14	15	12	16	15	147
	2013		18	17	11	15	14	12	8	10	11	9	12	7	144
	2014		13	11	10	12	8	11	14	15	13	9	10	13	139
	2015		14	12	10	11	15	12	8	14	10	7	9	11	133
	2016		13	8	15	12	14	10	13	8	14	12	11	7	137
Average			13.4	11.6	10.8	12.4	12.8	11.4	10.8	12.2	12.6	9.8	11.6	10.6	140
10	2012	DIC01	12	14	13	10	9	18	12	13	18	11	9	16	155
	2013		6	10	5	13	13	18	13	7	15	9	11	2	122
	2014		10	1	18	12	11	14	2	11	2	6	18	1	106
	2015		9	18	6	9	1	17	11	5	19	15	17	12	139
	2016		11	10	3	13	14	9	12	7	15	11	8	10	123
Average			9.6	10.6	9	11.4	9.6	15.2	10	8.6	13.8	10.4	12.6	8.2	129
11	2012	DIC02	0	15	18	14	12	7	0	18	18	9	8	15	134
	2013		2	11	14	11	12	7	13	12	9	10	11	10	122
	2014		12	14	11	8	15	18	16	17	9	11	7	16	154
	2015		14	12	10	16	15	7	11	15	19	12	11	6	148
	2016		9	16	15	12	11	10	14	4	10	11	12	12	136
Average			7.4	13.6	13.6	12.2	13	9.8	10.8	13.2	13	10.6	9.8	11.8	138.8
12	2012	DIC03	8	9	15	11	14	16	12	14	9	13	16	10	147
	2013		12	13	14	12	11	9	20	22	16	18	20	16	183
	2014		15	9	14	12	13	17	11	8	14	14	10	6	143
	2015		11	13	16	12	11	10	13	12	8	14	13	10	143
	2016		12	15	4	14	9	13	10	11	12	8	10	7	125
Average			11.6	11.8	12.6	12.2	11.6	13	13.2	13.4	11.8	13.4	13.8	9.8	148.2
13	2012	DIC04	16	9	8	11	15	12	19	8	12	14	10	13	147
	2013		18	8	7	12	15	10	9	16	15	11	18	19	158
	2014		10	16	22	17	15	19	16	14	12	16	17	10	184
	2015		14	16	15	12	10	13	14	9	15	12	16	11	157
	2016		14	13	15	12	16	14	12	14	15	13	11	9	158
Average			14.4	12.4	13.4	12.8	14.2	13.6	14	12.2	13.8	13.2	14.4	12.4	160.8

Item	Year	Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sum
14	2012	DIC05	14	15	13	9	14	12	8	15	11	10	14	12	147
	2013		17	11	16	14	18	16	14	12	10	15	14	16	173
	2014		18	17	22	19	10	17	15	18	14	16	9	11	186
	2015		15	11	13	10	7	18	14	16	12	10	14	15	155
	2016		17	10	13	7	16	10	14	11	15	16	13	8	150
Average			16.2	12.8	15.4	11.8	13	14.6	13	14.4	12.4	13.4	12.8	12.4	162.2
15	2012	DIC06	14	3	7	13	14	6	8	14	9	10	15	5	118
	2013		19	14	9	10	15	12	3	8	19	20	11	9	149
	2014		10	7	18	1	12	7	11	2	20	12	6	9	115
	2015		10	8	10	10	4	15	8	20	5	19	14	1	124
	2016		10	15	12	2	4	12	10	16	14	11	12	10	128
Average			12.6	9.4	11.2	7.2	9.8	10.4	8	12	13.4	14.4	11.6	6.8	126.8
16	2012	DIC07	16	12	13	8	2	17	18	14	13	16	10	3	142
	2013		11	18	7	18	13	12	17	11	16	8	15	14	160
	2014		12	16	7	20	16	19	22	17	18	16	10	8	181
	2015		16	11	13	12	10	15	12	11	9	15	11	10	145
	2016		13	16	14	13	16	8	16	11	9	10	12	11	149
Average			13.6	14.6	10.8	14.2	11.4	14.2	17	12.8	13	13	11.6	9.2	155.4
17	2012	DIC07	11	15	13	11	5	10	7	12	15	1	4	13	117
	2013		10	7	8	11	4	19	14	5	8	6	9	7	108
	2014		19	2	9	17	16	11	10	18	16	4	5	19	146
	2015		9	14	16	3	12	12	14	8	9	5	10	14	126
	2016		11	14	10	9	4	12	16	6	12	14	13	8	129
Average			12	10.4	11.2	10.2	8.2	12.8	12.2	9.8	12	6	8.2	12.2	125.2

3 forecasting methods: 1) Moving Average, 2) Single Exponential Smoothing, 3) Double Exponential Smoothing were calculated with Minitab Program Version 17. 2 forecasting methods: Holt Winters and Monte Carlo Simulation methods were used solver with Microsoft Excel Program. The method of forecasting the evaluation was suitable for measuring the differences of actual data and the results were calculated with Mean Absolute Deviation (MAD). The lowest deviation is the more suitable the forecasting method. But Holt Winters method found delta parameter for 17 items or all items that is 0. So, this data can not use forecasting with Holt winter method because these items don't have seasonal data. The resulting summary of 4 forecasting methods are shown in Fig 4 and Fig. 5.

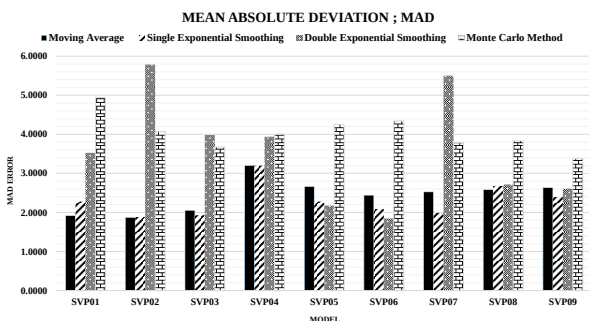


Fig. 4. The comparative results of forecasting error model SVP01 to SVP09

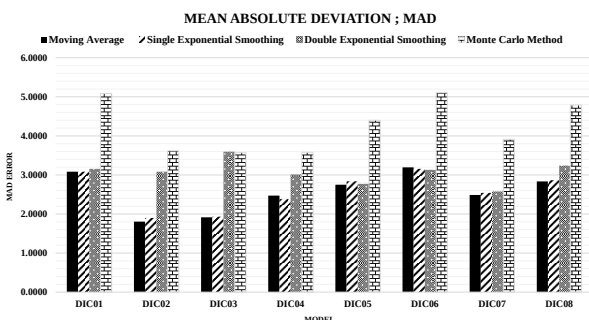


Fig. 5. The comparative results of forecasting error model DIC01 to DIC08

So The suitable forecasting method for 17 items, the Moving Average method is suitable for SVP01, SVP02, SVP08, DIC01, DIC02, DIC03, DIC05, DIC07, DIC08 while the Single Exponential Smoothing method is suitable for SVP03, SVP04, SVP07, SVP09, DIC04 and the Double Exponential Smoothing method is suitable for SVP05, SVP06 and DIC06 as shown in TABLE III.

TABLE III. THE RESULT METHOBS

Item	Model	Result Method	When n=? or alpha=?
1	SVP01	Moving Average	n = 12
2	SVP02	Moving Average	n = 12
3	SVP03	Single Exponential Smoothing	alpha = 0.01
4	SVP04	Single Exponential Smoothing	alpha = 0.08
5	SVP05	Double Exponential Smoothing	alpha = 0.49, gamma = 0.05
6	SVP06	Double Exponential Smoothing	alpha = 0.49, gamma = 0.06
7	SVP07	Single Exponential Smoothing	alpha = 0.03
8	SVP08	Moving Average	n = 12
9	SVP09	Single Exponential Smoothing	alpha = 0.27
10	DIC01	Moving Average	n = 12
11	DIC02	Moving Average	n = 12
12	DIC03	Moving Average	n = 12
13	DIC04	Single Exponential Smoothing	alpha = 0.03
14	DIC05	Moving Average	n = 12
15	DIC06	Double Exponential Smoothing	alpha = 0.58, gamma = 0.04
16	DIC07	Moving Average	n = 12
17	DIC08	Moving Average	n = 12

*** Alpha and Gamma were got from ARIMA of MINITAB 17

The forecasting method with the lowest Mean Absolute Deviation (MAD) was Moving Average. It can be concluded that this method is suitable for forecasting the suitable quantity of 17 items. In addition, the average demand of 17 items in the next 12 months was forecasted as shown in TABLE IV.

TABLE IV. THE RESULT OF FORECASTING

Product		Forecast in 2017 (pcs/month)											
Item	Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	SVP01	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
2	SVP02	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
3	SVP03	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
4	SVP04	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	SVP05	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10
6	SVP06	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11
7	SVP07	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
8	SVP08	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
9	SVP09	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
10	DIC01	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
11	DIC02	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	DIC03	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
13	DIC04	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	DIC05	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
15	DIC06	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
16	DIC07	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
17	DIC08	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

B. The current inventory orders

According to the actual orders of all items in 2017 as shown in TABLE V.

TABLE V. THE ACTUAL ORDERS OF ALL ITEMS IN 2017

Product		Actual Demand in 2017 (pcs/month)											
Item	Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	SVP01	11	8	14	12	14	10	9	15	10	10	11	7
2	SVP02	9	15	12	7	10	11	9	14	8	10	12	10
3	SVP03	15	10	7	12	10	15	9	11	12	8	9	10
4	SVP04	10	15	16	8	12	10	14	11	6	11	10	0
5	SVP05	12	11	9	7	10	8	9	14	16	11	10	5
6	SVP06	5	15	10	11	9	7	12	10	9	13	10	11
7	SVP07	10	12	9	14	11	8	9	12	10	13	10	7
8	SVP08	5	14	10	14	12	11	8	15	9	8	11	6
9	SVP09	7	9	12	12	10	8	14	11	10	7	18	8
10	DIC01	0	12	8	15	10	12	11	7	13	12	9	4
11	DIC02	11	9	10	14	15	9	12	12	14	10	11	8
12	DIC03	10	15	11	9	10	11	12	10	14	11	7	5
13	DIC04	10	12	14	14	11	8	12	10	11	14	18	9
14	DIC05	7	12	10	13	15	9	12	12	10	13	11	0
15	DIC06	5	16	11	9	14	10	11	15	20	12	14	8
16	DIC07	7	14	16	10	12	12	15	10	11	16	8	14
17	DIC08	5	15	12	11	16	14	10	11	20	12	9	10

The details of cost or amount spare parts in the current as shown in TABLE VI.

Example of 2 items that is model SVP01 and model SVP02. Model SVP01, the unit cost is at 26,240 baht per unit, the ordering cost is at 9,500 baht per order, the holding cost is at 656 baht of the unit cost per month (the holding cost is at 30% of the unit cost per year in the company is calculated for the inventory price) and the average shortage costs is at 150,000 baht per time from delayed delivery, lack of confidence and other. The safety stock is 0 pc and the maximum inventory storage is 25 pieces per month.

And model SVP02, the unit cost is at 22,600 baht per unit, the ordering cost is at 9,500 baht per order, the holding cost is at 565 baht of the unit cost per month. The safety stock is 0 pc and the maximum inventory storage is 25 pieces per month.

TABLE VI. THE DETAILS OF ALL ITEMS IN THE CURRENT

		Unit : Baht						
		2016						
Item	Model	SS	Max	Inv Begin.	Unit Cost	Ordering Cost	Holding Cost	
1	SVP01	0 pcs	25 pcs	25 pcs	26,240.00	9,500.00	656.00	
2	SVP02	0 pcs	25 pcs	20 pcs	22,600.00	9,500.00	565.00	
3	SVP03	0 pcs	25 pcs	22 pcs	22,360.00	9,500.00	559.00	
4	SVP04	0 pcs	25 pcs	24 pcs	22,350.00	9,500.00	558.75	
5	SVP05	0 pcs	25 pcs	22 pcs	21,600.00	9,500.00	540.00	
6	SVP06	0 pcs	25 pcs	20 pcs	20,650.00	9,500.00	516.25	
7	SVP07	0 pcs	25 pcs	22 pcs	20,395.00	9,500.00	509.88	
8	SVP08	0 pcs	25 pcs	24 pcs	18,600.00	9,500.00	465.00	
9	SVP09	0 pcs	25 pcs	25 pcs	18,250.00	9,500.00	456.25	
10	DIC01	0 pcs	35 pcs	32 pcs	13,360.00	7,750.00	222.67	
11	DIC02	0 pcs	35 pcs	30 pcs	15,815.00	7,750.00	263.58	
12	DIC03	0 pcs	35 pcs	28 pcs	14,600.00	7,750.00	243.33	
13	DIC04	0 pcs	35 pcs	30 pcs	15,250.00	7,750.00	254.17	
14	DIC05	0 pcs	35 pcs	35 pcs	13,200.00	7,750.00	220.00	
15	DIC06	0 pcs	35 pcs	25 pcs	11,750.00	7,750.00	195.83	
16	DIC07	0 pcs	35 pcs	26 pcs	11,670.00	7,750.00	194.50	
17	DIC08	0 pcs	35 pcs	34 pcs	10,350.00	7,750.00	172.50	

*** Holding cost parameter was used this research, The cost that represents all the costs associated with the storage of the inventory unit it is sold or used that is at 30% of the unit cost per year in the company is calculated for the inventory price.

*** Shortage costs is at 150,000 baht per time from delayed delivery, lack of confidence and other.

But this research has calculate new safety stock level for 17 items when the demand is unstable but the lead time is constant at the fixed confidence level (CI=95%) of equation (15) and equation (16) as shown in Fig. 6, it was found that the new safety stock of all items. That model SVP01 is 9 pieces and model SVP02 is 8 pieces. So, The details of all items as shown in TABLE VII.



Fig. 6 New safety stock for all items

TABLE VII. THE DETAILS OF ALL ITEMS FOR NEW PURCHASING PLANNING

		Unit : Baht					
		2017					
Item	Model	SS	Max	Inv Begin.	Unit Cost	Ordering Cost	Holding Cost
1	SVP01	9 pcs	25 pcs	25 pcs	26,240.00	9,500.00	656.00
2	SVP02	8 pcs	25 pcs	20 pcs	22,600.00	9,500.00	565.00
3	SVP03	7 pcs	25 pcs	22 pcs	22,360.00	9,500.00	559.00
4	SVP04	6 pcs	25 pcs	24 pcs	22,350.00	9,500.00	558.75
5	SVP05	8 pcs	25 pcs	22 pcs	21,600.00	9,500.00	540.00
6	SVP06	8 pcs	25 pcs	20 pcs	20,650.00	9,500.00	516.25
7	SVP07	8 pcs	25 pcs	22 pcs	20,395.00	9,500.00	509.88
8	SVP08	6 pcs	25 pcs	24 pcs	18,600.00	9,500.00	465.00
9	SVP09	5 pcs	25 pcs	25 pcs	18,250.00	9,500.00	456.25
10	DIC01	8 pcs	35 pcs	32 pcs	13,360.00	7,750.00	222.67
11	DIC02	7 pcs	35 pcs	30 pcs	15,815.00	7,750.00	263.58
12	DIC03	6 pcs	35 pcs	28 pcs	14,600.00	7,750.00	243.33
13	DIC04	6 pcs	35 pcs	30 pcs	15,250.00	7,750.00	254.17
14	DIC05	6 pcs	35 pcs	35 pcs	13,200.00	7,750.00	220.00
15	DIC06	9 pcs	35 pcs	25 pcs	11,750.00	7,750.00	195.83
16	DIC07	7 pcs	35 pcs	26 pcs	11,670.00	7,750.00	194.50
17	DIC08	8 pcs	35 pcs	34 pcs	10,350.00	7,750.00	172.50

This research analyzes spare parts all 17 items but this paper will show the process experiment of spare parts 2 items that is model SVP01 and model SVP02. Those are samples because they were most valuable of all expired spare parts and other 15 items were experiment as same as model SVP01 and model SVP02.

The inventory purchase of model SVP01 in the current year 2017 reveals the real purchasing demand, as presented in the D_t column in TABLE VIII. The total cost of this inventory order is 3,952,112 baht: 38,000 baht of ordering cost, 3,253,760 baht of item cost, 60,352 baht of holding cost, and 600,000 baht of 4 shortage costs.

TABLE VIII. PURCHASING OF MODEL SVP01 IN THE CURRENT

Model 1	SVP01	Unit cost		26,240	Ordering cost		9,500	Holding cost		656	h	0.3	It			Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total
		25	SS	MAX																
Month	Dt	Xt	Rt	Yi	M	25	SS	MAX	Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total							
1	11	0	0	0	0	14	0	25	0	0	9,184	0	9,184							
2	8	0	0	0	0	6	0	25	0	0	3,936	0	3,936							
3	14	33	0	1	100000	-8	0	25	9,500	865,920	0	150,000	1,025,420							
4	12	0	33	0	0	13	0	25	0	0	8,528	0	8,528							
5	14	26	0	1	100000	-1	0	25	9,500	682,240	0	150,000	841,740							
6	10	0	26	0	0	15	0	25	0	0	9,840	0	9,840							
7	9	0	0	0	0	6	0	25	0	0	3,936	0	3,936							
8	15	34	0	1	100000	-9	0	25	9,500	892,160	0	150,000	1,051,660							
9	10	0	34	0	0	15	0	25	0	0	9,840	0	9,840							
10	10	0	0	0	0	5	0	25	0	0	3,280	0	3,280							
11	11	31	0	1	100000	-6	0	25	9,500	813,440	0	150,000	972,940							
12	7	0	31	0	0	18	0	25	0	0	11,808	0	11,808							
										38,000	3,253,760	60,352	600,000	3,952,112						
										Grand Total										

And the inventory purchase of model SVP02 in the current year 2017 reveals the real purchasing demand, as presented in the D_t column in TABLE IX. The total cost of this inventory order is 3,444,920 baht: 38,000 baht of ordering cost, 2,757,200 baht of item cost, 49,720 baht of holding cost, and 600,000 baht of 4 shortage costs

TABLE IX. PURCHASING OF MODEL SVP02 IN THE CURRENT

Model 2	SVP02	Unit cost		Ordering cost		h	0.3				It			Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total
		22,600	9,500	565	20						SS	MAX						
Month	Dt	Xt	Rt	Yi	M													
1	9			0	0	11	0	25	0	0	6,215	0	6,215					
2	15	29	0	1	100000	-4	0	25	9,500	655,400	0	150,000	814,900					
3	12	0	29	0	0	13	0	25	0	0	7,345	0	7,345					
4	7	0	0	0	0	6	0	25	0	0	3,390	0	3,390					
5	10	29	0	1	100000	-4	0	25	9,500	655,400	0	150,000	814,900					
6	11	0	29	0	0	14	0	25	0	0	7,910	0	7,910					
7	9	0	0	0	0	5	0	25	0	0	2,825	0	2,825					
8	14	34	0	1	100000	-9	0	25	9,500	768,400	0	150,000	927,900					
9	8	0	34	0	0	17	0	25	0	0	9,605	0	9,605					
10	10	0	0	0	0	7	0	25	0	0	3,955	0	3,955					
11	12	30	0	1	100000	-5	0	25	9,500	678,000	0	150,000	837,500					
12	10	0	30	0	0	15	0	25	0	0	8,475	0	8,475					
										38,000	2,757,200	49,720	600,000	3,444,920				
										Grand Total								

C. Inventory purchase planning

1) Inventory purchase planning with a mathematical model where the new safety stock = 9 (SS = 9) and the forecasting demand of spare parts in 2017 for model SVP01.

According to TABLE X, the beginning inventory is 25 pieces (I_0) whereas the inventory demand in the first month (D_1) is 11 pieces. As a result from the mathematical model, the inventory purchasing is 17 pieces ($X_1 = 17$) and $Y_1 = 1$ is the purchasing demand. Therefore, the inventory in the first month ($I_1 = I_0 + R_1 - D_1$) is 14 pieces, the ordering cost is $S \times Y_1 = 9,500 \times 1 = 9,500$ baht, the item cost is $U \times X_1 = 26,240 \times 17 = 446,080$ baht, and the holding cost is $H \times I_1 = 656 \times 14 = 9,184$ baht.

The inventory demand in the second month (D_2) is 11 pieces. As a result from the mathematical model, the inventory purchasing is 0 piece ($X_2 = 0$), $Y_2 = 0$ which means no order, and the inventory transferred from the previous order in the first month (R_2) is 17 pieces. Therefore, the inventory ($I_2 = I_1 + R_2 - D_2$) in the second month is 20 pieces. The second month inventory is

more than the safety stock (SS), leading to no order in this month. The ordering cost is $S \times Y_2 = 9,500 \times 0 = 0$ baht, the item cost is $U \times X_2 = 26,240 \times 0 = 0$ baht, and the holding cost is $H \times I_2 = 656 \times 20 = 13,120$ baht.

As a result from the model in 2017; the ordering cost is 57,000 baht, the item cost is 3,043,840 baht, the holding cost is 110,208 baht, and the shortage cost is 0 baht. The total cost is 3,211,048 baht.

TABLE X. PURCHASING PLANNING WITH A MATHEMATICAL MODEL WHERE SAFETY STOCK = 9 (SS=9)

Model I	SVP01	Unit cost		26,240													
		Ordering cost	9,500														
		Holding cost	656	h	0.3												
										It			Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total
Month	Dt	Xt	Rt	Yi	M	25	SS	MAX									
1	11	17	0	1	100000	14	9	25	9,500	446,080	9,184	0	464,764				
2	11	0	17	0	0	20	9	25	0	0	13,120	0	13,120				
3	11	22	0	1	100000	9	9	25	9,500	577,280	5,904	0	592,684				
4	11	0	22	0	0	20	9	25	0	0	13,120	0	13,120				
5	11	22	0	1	100000	9	9	25	9,500	577,280	5,904	0	592,684				
6	11	0	22	0	0	20	9	25	0	0	13,120	0	13,120				
7	11	22	0	1	100000	9	9	25	9,500	577,280	5,904	0	592,684				
8	11	0	22	0	0	20	9	25	0	0	13,120	0	13,120				
9	11	22	0	1	100000	9	9	25	9,500	577,280	5,904	0	592,684				
10	11	0	22	0	0	20	9	25	0	0	13,120	0	13,120				
11	11	11	0	1	100000	9	9	25	9,500	288,640	5,904	0	304,044				
12	11	0	11	0	0	9	9	25	0	0	5,904	0	5,904				
										57,000	3,043,840	110,208	0	3,211,048			
										Grand Total							

The decision variables (X_t, Y_t), resulting from the mathematical model in TABLE IX, were applied with the 2017 inventory demand as presented in D_t column TABLE XI. The decision variables were simulated in real situations, with the recalculation of new safety stock (SS) at 9 pieces. When the real inventory demand is higher than the estimated forecasting demand, the inventory has reduced shortage costs, leading to the total cost of the inventory at 3,197,928 baht. As a result, it reduces the current total cost to 19.08%.

TABLE XI. SIMULATION OF USING DECISION VARIABLES IN REAL SIMULATION (SS=9)

Model	SV	Unit cost		Ordering cost		Holding cost		h	0.3	It			Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total
		26,240	9,500	656	0	25	SS			MAX							
Month	Dt	Xt	Rt	Yi	M	25	SS	MAX									
1	11	17	0	1	100000	14	9	25	9,500	446,080	9,184	0	464,764				
2	8	0	17	0	0	23	9	25	0	0	15,088	0	15,088				
3	14	22	0	1	100000	9	9	25	9,500	577,280	5,904	0	592,684				
4	12	0	22	0	0	19	9	25	0	0	12,464	0	12,464				
5	14	22	0	1	100000	5	9	25	9,500	577,280	3,280	0	590,060				
6	10	0	22	0	0	17	9	25	0	0	11,152	0	11,152				
7	9	22	0	1	100000	8	9	25	9,500	577,280	5,248	0	592,028				
8	15	0	22	0	0	15	9	25	0	0	9,840	0	9,840				
9	10	22	0	1	100000	5	9	25	9,500	577,280	3,280	0	590,060				
10	10	0	22	0	0	17	9	25	0	0	11,152	0	11,152				
11	11	11	0	1	100000	6	9	25	9,500	288,640	3,936	0	302,076				
12	7	0	11	0	0	10	9	25	0	0	6,560	0	6,560				
										57,000	3,043,840	97,888	0	3,197,928			
										Grand Total							

The summary of the comparative results from SVP01 purchasing planning is illustrated in TABLE XII.

TABLE XII. RESULTS OF THE PURCHASING PLANNING WITH THE MATHEMATICAL MODEL FOR MODEL SVP01

Model : SVP01	Unit : Baht	
	Current Order (SS = 0)	New Purchasing (SS = 9)
Ordering Cost	38,000	57,000
Item Cost	3,253,760	3,043,840
Holding Cost	60,352	97,088
Shortage Cost	600,000	0
Total	3,952,112	3,197,928

2) Inventory purchase planning with a mathematical model where the new safety stock = 8 (SS = 8) and the forecasting demand of spare parts in 2017 for model SVP02.

According to TABLE XIII, the beginning inventory is 20 pieces (I_0) whereas the inventory demand in the first month (D_1) is 11 pieces. As a result from the mathematical model, the inventory purchasing is 21 pieces ($X_1 = 21$) and $Y_1 = 1$ is the purchasing demand. Therefore, the inventory in the first month ($I_1 = I_0 + R_1 - D_1$) is 9 pieces, the ordering cost is $S \times Y_1 = 9,500 \times 1 = 9,500$ baht, the item cost is $U \times X_1 = 26,240 \times 21 = 474,600$ baht, and the holding cost is $H \times I_1 = 565 \times 9 = 5,085$ baht.

The inventory demand in the second month (D_2) is 11 pieces. As a result from the mathematical model, the inventory purchasing is 0 piece ($X_2 = 0$), $Y_2 = 0$ which means no order, and the inventory transferred from the previous order in the first month (R_2) is 21 pieces. Therefore, the inventory ($I_2 = I_1 + R_2 - D_2$) in the second month is 19 pieces. The second month inventory is more than the safety stock (SS), leading to no order in this month. The ordering cost is $S \times Y_2 = 9,500 \times 0 = 0$ baht, the item cost is $U \times X_2 = 26,240 \times 0 = 0$ baht, and the holding cost is $H \times I_2 = 565 \times 19 = 10,735$ baht.

As a result from the model in 2017; the ordering cost is 57,000 baht, the item cost is 2,712,000 baht, the holding cost is 85,880 baht, and the shortage cost is 0 baht. The total cost is 2,854,880 baht.

TABLE XIII. PURCHASING PLANNING WITH A MATHEMATICAL MODEL WHERE SAFETY STOCK = 8 (SS=8)

Model 2	SVP02	Unit cost 22,600		h	0.3	It			Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total
		Ordering cost	Holding cost			20	SS	MAX					
Month	Dt	Xt	Rt	Yt	M								
1	11	21	0	1	100000	9	8	25	9,500	474,600	5,085	0	489,185
2	11	0	21	0	0	19	8	25	0	0	10,735	0	10,735
3	11	22	0	1	100000	8	8	25	9,500	497,200	4,520	0	511,220
4	11	0	22	0	0	19	8	25	0	0	10,735	0	10,735
5	11	22	0	1	100000	8	8	25	9,500	497,200	4,520	0	511,220
6	11	0	22	0	0	19	8	25	0	0	10,735	0	10,735
7	11	22	0	1	100000	8	8	25	9,500	497,200	4,520	0	511,220
8	11	0	22	0	0	19	8	25	0	0	10,735	0	10,735
9	11	22	0	1	100000	8	8	25	9,500	497,200	4,520	0	511,220
10	11	0	22	0	0	19	8	25	0	0	10,735	0	10,735
11	11	11	0	1	100000	8	8	25	9,500	248,600	4,520	0	262,620
12	11	0	11	0	0	8	8	25	0	0	4,520	0	4,520
									57,000	2,712,000	85,880	0	2,854,880
									Grand Total				

The decision variables (X_t, Y_t), resulting from the mathematical model in TABLE XIV, were applied with the 2017 inventory demand as presented in D_t column TABLE XIV. The decision variables were simulated in real situations, with the recalculation of new safety stock (SS) at 8 pieces. When the real inventory demand is higher than the estimated forecasting demand, the inventory has reduced shortage costs, leading to the total cost of the inventory at 2,869,005 baht. As a result, it reduces the current total cost to 16.72%.

TABLE XIV. SIMULATION OF USING DECISION VARIABLES IN REAL SIMULATION (SS=8)

Model 2	SVP02	Unit cost 22,600		h	0.3	It			Ordering Cost	Item Cost	Holding Cost	Shortage Cost	Total
		Ordering cost	Holding cost			20	SS	MAX					
Month	Dt	Xt	Rt	Yt	M								
1	9	21	0	1	100000	11	8	25	9,500	474,600	6,215	0	490,315
2	15	0	21	0	0	17	8	25	0	0	9,605	0	9,605
3	12	22	0	1	100000	5	8	25	9,500	497,200	2,825	0	509,525
4	7	0	22	0	0	20	8	25	0	0	11,300	0	11,300
5	10	22	0	1	100000	10	8	25	9,500	497,200	5,650	0	512,350
6	11	0	22	0	0	21	8	25	0	0	11,865	0	11,865
7	9	22	0	1	100000	12	8	25	9,500	497,200	6,780	0	513,480
8	14	0	22	0	0	20	8	25	0	0	11,300	0	11,300
9	8	22	0	1	100000	12	8	25	9,500	497,200	6,780	0	513,480
10	10	0	22	0	0	24	8	25	0	0	13,560	0	13,560
11	12	11	0	1	100000	12	8	25	9,500	248,600	6,780	0	264,880
12	10	0	11	0	0	13	8	25	0	0	7,345	0	7,345
									57,000	2,712,000	100,005	0	2,869,005
									Grand Total				

The summary of the comparative results from SVP01 purchasing planning is illustrated in TABLE XV.

TABLE XV. RESULTS OF THE PURCHASING PLANNING WITH THE MATHEMATICAL MODEL FOR MODEL SVP02

Model : SVP02	Unit : Baht	
	Present	Purchasing Planning (SS=8)
Ordering Cost	38,000	57,000
Item Cost	2,757,200	2,712,000
Holding Cost	49,720	100,005
Shortage Cost	600,000	0
Total	3,444,920	2,869,005

And other 15 items were experiment as same as model SVP01 and SVP02. So, those were shown in TABLE XVI.

TABLE XVI. RESULTS OF THE CURRENT ORDER WITH THE NEW PURCHASING PLANNING FOR ALL ITEMS

Unit : Baht					
Current Order			New Purchasing		
Item	Model	SS	Total Cost	New SS	Total Cost
1	SVP01	0 pc	3,952,112.00	9 pcs	3,197,928.00
2	SVP02	0 pc	3,444,920.00	8 pcs	2,869,005.00
3	SVP03	0 pc	3,385,485.00	7 pcs	2,750,821.00
4	SVP04	0 pc	3,460,805.00	6 pcs	3,110,726.00
5	SVP05	0 pc	3,064,760.00	8 pcs	2,720,280.00
6	SVP06	0 pc	3,293,590.00	8 pcs	2,367,219.00
7	SVP07	0 pc	3,277,623.00	8 pcs	2,841,937.00
8	SVP08	0 pc	2,878,370.00	6 pcs	2,516,850.00
9	SVP09	0 pc	2,970,350.00	5 pcs	2,188,144.00
10	DIC01	0 pc	2,053,515.00	8 pcs	1,548,251.00
11	DIC02	0 pc	2,421,658.00	7 pcs	2,012,198.00
12	DIC03	0 pc	2,391,203.00	6 pcs	1,783,943.00
13	DIC04	0 pc	2,623,614.00	6 pcs	2,323,988.00
14	DIC05	0 pc	2,143,490.00	6 pcs	1,785,770.00
15	DIC06	0 pc	2,059,108.00	9 pcs	1,730,621.00
16	DIC07	0 pc	2,041,309.00	7 pcs	1,688,918.00
17	DIC08	0 pc	1,812,023.00	8 pcs	1,453,113.00

TABLE XVII. RESULTS OF THE PURCHASING PLANNING WITH THE MATHEMATICAL MODEL FOR ALL ITEMS

Unit : Baht							
Current Order			New Purchasing			Result	
Item	Model	SS	Total Cost	New SS	Total Cost	Reduce Cost	% Reduce
1	SVP01	0 pc	3,952,112.00	9 pcs	3,197,928.00	754,184.00	19.08
2	SVP02	0 pc	3,444,920.00	8 pcs	2,869,005.00	575,915.00	16.72
3	SVP03	0 pc	3,385,485.00	7 pcs	2,750,821.00	634,664.00	18.75
4	SVP04	0 pc	3,460,805.00	6 pcs	3,110,726.00	350,079.00	10.12
5	SVP05	0 pc	3,064,760.00	8 pcs	2,720,280.00	344,480.00	11.24
6	SVP06	0 pc	3,293,590.00	8 pcs	2,367,219.00	926,371.00	28.13
7	SVP07	0 pc	3,277,623.00	8 pcs	2,841,937.00	435,686.00	13.29
8	SVP08	0 pc	2,878,370.00	6 pcs	2,516,850.00	361,520.00	12.56
9	SVP09	0 pc	2,970,350.00	5 pcs	2,188,144.00	782,206.00	26.33
10	DIC01	0 pc	2,053,515.00	8 pcs	1,548,251.00	505,264.00	24.60
11	DIC02	0 pc	2,421,658.00	7 pcs	2,012,198.00	409,460.00	16.91
12	DIC03	0 pc	2,391,203.00	6 pcs	1,783,943.00	607,260.00	25.40
13	DIC04	0 pc	2,623,614.00	6 pcs	2,323,988.00	299,626.00	11.42
14	DIC05	0 pc	2,143,490.00	6 pcs	1,785,770.00	357,720.00	16.69
15	DIC06	0 pc	2,059,108.00	9 pcs	1,730,621.00	328,487.00	15.95
16	DIC07	0 pc	2,041,309.00	7 pcs	1,688,918.00	352,391.00	17.26
17	DIC08	0 pc	1,812,023.00	8 pcs	1,453,113.00	358,910.00	19.81

V. CONCLUSION

The purposes of this research are to improve the inventory quantity to be suitable for customers' demand, to reduce holding cost and to minimize the total inventory cost from Demand Forecasting Methods with the lowest Mean Absolute Deviation (MAD), new safety stock at 95% confident level and new purchasing planning for Shelf Life-Limited Instrument Equipment Spare Parts those were applied a mathematical model for purchasing planning spare parts to minimize the total inventory cost

According to the findings from the current study, the results of forecasting were shown in TABLE III (page 5). After new safety stocks and those were used in the new purchasing planning by solver the problem with mathematical model. That can reduce the total inventory cost.

Therefore, the results of the ordering of 17 items were compared with the comparison of the current order and the new purchasing planning as shown in TABLE XVII. It is contain with Ordering Costs, Costs, and Shortage Costs, as well as item costs, Moreover, it can minimize the total inventory cost from the current purchases by 17.55%

Consequently, this research can minimize the total inventory costs. If your company want to reduce costs or your company needs to manage costs, you can use this method to analyze and manage your costs.

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to gratefully acknowledge to Associate Professor Pichit Sukchareonpong and Assistant Professor Suwitachorn Witchakul for the helpful discussions and suggestions during the preparation of this research project. The author also thanks for the support of the Sales Department and for being an inspiration, making this research successful.

REFERENCES

- [1] P. Lalitaphorn, *Inventory Management in Supply Chains (in Thai)*. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), 2016.
- [2] W. Chaimee, *Supply Chain Management and Operations*. Bangkok: TPIM, 2009.
- [3] S. Rungmaneerat, W. Panyangam, and P. Wangphanitcharoen, "The Application of the Advanced Purchasing Planning for Raw Material with the Dynamic Model Material with the Dynamic Model," in *Industrial Engineering Conference Network (IE-Network 2012)*, The Cha-Am Methavalai Hotel, Phetchaburi, Thailand, 2012.
- [4] W. Phupha, "The Application of Monte Carlo Simulation Model to Determine Suitable Order Quantity: A Case Study of Raw Material Purchasing in Food Processing Factory," vol. 88, pp. 41-56, 2014.
- [5] K. Phabu, W. Panyangam, and N. Choomrit, "The Determination of Suitable Order Quantity with Dynamic Model: A Case Study of Rice Inventory at the Sample Rice Mill," presented at the Industrial Engineering Network Conference, Phetchaburi, 2012, pp. 1899-1904.
- [6] H. M. Wagner and T. M. Whitin, "Dynamic Version of the Economic Lot Size Model," *Management Science*, vol. 50, no. 12_supplement, pp. 1770-1774, Dec. 2004.
- [7] J. R. Evans, "An efficient implementation of the Wagner-Whitin algorithm for dynamic lot-sizing," *Journal of Operations Management*, vol. 5, no. 2, pp. 229-235, Feb. 1985.
- [8] J. J. Gonzalez and R. Tullous, "Optimal Lot Size Decisions Using the Wagner-Whitin Model with Backorders: A Spreadsheet Version," presented at the Second World Conference on POM and 15th annual POM Conference, Cancun, Mexico, 2004.



- [9] Z. Hu, and G. Hu, "A two-stage stochastic programming model for lot-sizing and scheduling under uncertainty," *Int. J. Production Economics*, vol. 180, pp.198-207, 2016.
- [10] G. Relph, and M. Newton, "Both Pareto and EOQ have limitation combining them delivers a powerful management tool for MRP and Beyond," *Int. J. Production Economics*, vol. 157, pp. 24-30, 2014.

การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาท แบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ

Improving the Performance of an Image Classification with Convolutional Neural Network Model by Using Image Augmentations Technique

พิมพา ชีวประกอบกิจ
Pimpa Cheewaparakobkit

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนานาชาติเอเชีย-แปซิฟิก
Faculty of Information Technology, Asia-Pacific International University
pimpa@apiu.edu

รับต้นฉบับ: 11 พฤศจิกายน 2561; รับบทความฉบับแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2562; ตอบรับบทความ: 16 พฤษภาคม 2562
เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

การจำแนกภาพเป็นหนึ่งในความท้าทายสำหรับมนุษย์และคอมพิวเตอร์ เพราะเป็นงานที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์ นักวิจัยพยายามที่จะแก้ปัญหาในหลายๆ ด้าน โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional neural network: CNN) ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการรับรู้ภาพการจำแนกภาพและการตรวจจับวัตถุ ในกระบวนการของ CNN โมเดล จะมีการสอนให้เครื่องเรียนรู้และทดสอบ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ และเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของเทคนิคการสร้างภาพเทียมแบบต่างๆ ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้รวบรวมจาก Canada Institute for Advanced Research (CIFAR-10) ซึ่งมีทั้งหมด 60,000 ภาพ แต่ละภาพมีขนาด 32x32 พิกเซล แบ่งเป็น 10 หมวด ในรอบแรกของการฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ จะใช้วิธี 10- fold Cross Validation ในการแบ่งข้อมูล 50,000 ภาพ สำหรับการฝึกสอนและ 10,000 ภาพเพื่อทดสอบ ในรอบที่ 2 ทำการสุ่มภาพจากทุกหมวดมาเพื่อสร้างภาพเทียม โดยจะสุ่มใช้เทคนิคการปรับสีของภาพ การหมุนภาพ การย่อ ขยายภาพ หรือการกลับด้านของภาพ อย่างใดอย่างหนึ่งในแต่ละภาพ จนได้ภาพใหม่จำนวน 10,000 ภาพ รวมกับของเดิม 50,000 ภาพ รวมทั้งสิ้น 60,000 ภาพ ทำการฝึกสอนใหม่ 300 รอบ ผลการทดลองพบว่าการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ ด้วยการสร้างภาพเทียมจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพแม่นยำสูงขึ้นจาก 84.79% เป็น 87.57%

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน, การจำแนกภาพ, เทคนิคการเพิ่มภาพ

Abstract

Image classification is one of the challenges for both humans and computers because it is a critical task. Researchers try to solve this task in many ways. In neural networks, Convolutional Neural Network (CNN) has been widely used for images recognition, images classifications, and objects detections. The process of CNN model includes training and testing. This paper aims to improve the performance of an image classification with Convolutional Neural Network model by using image augmentation technique and compare the accuracy of each technique. The dataset that we used in this paper was collected from Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR-10) dataset which consists of a total of 60,000 images. The color images are of size 32x32 in 10 different classes. In the first stage, the 10- fold cross validation method is used to divide 50,000 images for training 300 rounds and 10,000 images for testing. In the second stage, in order to create artificial images, 10,000 images were randomly-selected from all categories and applied the image augmentation technique such as color adjustment, rotation, zoom, or flip image to the image. This image augmentations technique were randomly selected only one technique and applied to one image. The training images were 60,000 images in total; 50,000 images from the first stage plus 10,000 new images. Then the computer trained the images for 300 rounds. The evaluation shows that after using image augmentations technique by creating artificial images, the accuracy of Convolutional Neural Network model performs better from 84.79% up to 87.57%

Keywords: Convolutional Neural Network, Image Classification, image augmentations technique

1) บทนำ

การจำแนกภาพเป็นหัวข้อสำคัญ ที่ได้รับความสนใจอย่างมาก ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากการจำแนกภาพที่มีลักษณะซับซ้อนส่วนใหญ่ต้องอาศัยคนในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกภาพ การพัฒนาโมเดลในการจำแนกภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดประเภทของภาพตามเนื้อหา นักวิจัยส่วนใหญ่อาศัยการกำหนดคุณลักษณะของภาพตามหมวดต่างๆ ด้วยตนเองก่อน [1] หลังจากนั้นจึงให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการแยกประเภทของภาพตามลักษณะที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามเมื่อภาพมีจำนวนมากก็จะเป็นปัญหาที่ยากเกินไปที่จะค้นหาคุณสมบัติจากภาพเหล่านั้น นี่คือนั่นหนึ่งในเหตุผลที่โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามามีบทบาทในไม่กี่ปีที่ผ่านมา

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) ได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาจัดหมวดหมู่ (Classification) และจำแนกภาพที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับมนุษย์ ลักษณะเด่นของ CNN คือในขั้นตอนของการฝึกสอน (train) จะทำการคัดเลือกคุณลักษณะเอง และทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์มากที่สุด ซึ่งแตกต่างจาก Machine learning แบบเดิม ที่มนุษย์เป็นคนกำหนดคุณลักษณะ (features) ให้กับเครื่องเพื่อฝึกสอน ซึ่งมีจุดอ่อนคือ ถ้าคุณลักษณะของภาพมีความซับซ้อน จะยากต่อการกำหนดคุณลักษณะจะทำให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ได้ไม่ดี และผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการทำนายของ CNN ยังขึ้นอยู่กับจำนวนและลักษณะของภาพที่ใช้ในการฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ภาพจำนวนมากในการฝึกสอน ดังนั้นการกำหนดจำนวนภาพและลักษณะของภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่ CNN มีข้อเสียคือใช้ทรัพยากรและเวลาในการประมวลผลมาก

นาย Tanner และ Wong [2] ได้พัฒนาแบบจำลองในการฝึกสอนการเรียนรู้เชิงลึกให้กับคอมพิวเตอร์ด้วยการเพิ่มรูปภาพ เพื่อให้ข้อมูลมีเพียงพอและเกิดประสิทธิภาพในการจำแนกภาพ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า PCA (principal component analysis) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและจับลักษณะสำคัญของภาพ PCA นี้จะทำการสร้างตัวแปรใหม่ขึ้นมาที่เรียกว่า Component เพื่อลดจำนวนตัวแปรลง แต่ยังคงสามารถอธิบายลักษณะและข้อมูลให้ได้มากที่สุด PCA เหมาะกับงานพวก image processing ที่ข้อมูลมีจำนวนตัวแปรมาก ๆ ต่อมา Hinton และคณะ [3] ได้นำเสนออัลกอริทึมการเรียนรู้อย่างที่มีประสิทธิภาพ คือ Contrastive Divergence (CD) ซึ่งแต่ละเลเยอร์ได้รับการฝึกสอนเป็นชั้น ๆ จากการเรียนรู้เชิงลึกซึ่ง จึงสามารถเป็นตัวแทนของลักษณะลำดับชั้นได้ โดยจะใช้หลายชั้นและค่าน้ำหนักที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามเมื่อมีการป้อนข้อมูลมีขนาดใหญ่เกินไปจึงต้องใช้เวลานานในการฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้

ในการนำเทคนิคการจำแนกภาพไปประยุกต์ใช้กับงานจะเห็นได้มากมาย ตัวอย่างเช่น Zafrulla, Brashear, Starner, Hamilton และ Presti [4] ได้ศึกษาความแตกต่างของภาษามือ ที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา และที่ใช้ในประเทศอังกฤษ และอีกท่านคือนักวิศวกรชาวญี่ปุ่น ชื่อ Makoto Koike [5] ต้องการคัดแยกแฉกจากสวนของเขาคือออกเป็น 9 แฉก ถ้าหากใช้คนเรียนรู้ความแตกต่างของแฉกแต่ละแฉก เช่น สี ความมันวาวของผิว จำนวนหนามและขนาดของหนาม ความโค้งงอของลูกแฉก ซึ่งต้องใช้เวลาเป็นเดือนๆ ในการเรียนรู้สำหรับการ

แยกแฉกในแต่ละแฉก ดังนั้นเขาจึง สร้างแบบจำลอง Machine Learning เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์เรียนรู้คุณสมบัติเชิงภาพของแฉก โดยเขาถ่ายภาพแฉกแต่ละแฉกต่าง ๆ จำนวน 7,000 ภาพ ขนาด 80x80 พิกเซลโดยใช้การประมวลผลแบบ Deep Learning เนื่องจากข้อมูลมีความซับซ้อน และผลการทดสอบในการแยกแฉกมีความถูกต้อง 95% แต่เมื่อลองใช้จริงกลับลดลงเหลือ 70% ซึ่งเขาดังสมมติฐานว่าสาเหตุน่าจะเกิดจากขนาดภาพที่เล็กเกินไป ทำให้รายละเอียดของหนาม และลักษณะเชิงภาพอื่นๆ หายไป หรือจำนวนภาพที่น้อยเกินไป ในงานวิจัยของ Hussain และคณะ [6] ได้ทำการเปรียบเทียบกลยุทธ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเพิ่มรูปภาพและประสิทธิภาพในการจำแนกพบว่า การลดสิ่งรบกวนในภาพ (Gaussian filters) มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพแม่นยำ 88% ซึ่งสูงกว่าการพลิกกลับด้านของภาพ (flips) ที่มีความแม่นยำเพียง 84% แต่ในทางตรงกันข้ามการจำแนกข้อมูลที่เป็นเสียง การเพิ่มเสียงรบกวนให้มากขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลประเภทเสียงจะลดลง มีความแม่นยำในการจำแนกเพียง 66% เท่านั้น

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ โดยในการทดลองจะทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพที่ได้จากการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพกับความแม่นยำในการจำแนกภาพแบบปกติที่ไม่ได้ใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ และเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของเทคนิคการสร้างภาพเทียมแบบต่างๆ เช่น การปรับสีของภาพ การหมุนภาพ การย่อ ขยายภาพ หรือการกลับด้านของภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับงานที่มีจำนวนรูปภาพอย่างจำกัด หรือการหารูปภาพเพิ่มทำได้ยาก และต้องการลดค่าใช้จ่ายและเวลาจากการเก็บภาพตัวอย่างจำนวนมาก

2) ทฤษฎี

2.1) โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN)

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) เป็นรูปแบบ architecture หนึ่งของ feed-forward neural networks จัดเป็นการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เช่นกัน [7] โดยจะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ในพื้นที่ย่อยๆ จากการแยกแยะคุณลักษณะเชิงภาพ เช่น สี ลายเส้น และอื่นๆ จากนั้นนำมาผสานกันเพื่อทำนายว่าภาพนั้นคือภาพอะไร ในการทำงานของ Convolutional Neural Network (CNN) จะมี 4 กระบวนการคือ

1. คอนโวลูชัน (Convolution) จุดประสงค์ของการทำคอนโวลูชันเพื่อต้องการระบุคุณลักษณะที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับภาพ โดยขั้นตอนนี้จะทำการสร้าง Sliding window (Filter) มาสแกนรูปภาพเพื่อแยกองค์ประกอบต่างๆ เช่น รูปทรงของเส้นขอบ สี โดยปกติภาพจะมีสีหลักๆ 3 สี คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว แบ่งเป็น 3 แชนแนล (Channel) ซึ่งแต่ละพิกเซลสามารถแทนค่าด้วยตัวเลขเพื่อบอกความเข้มของสี ตั้งแต่ 0-255 ในการทำภาพขาวดำจะใช้เพียง 1 แชนแนล สีดำแทนด้วยเลข 1 และสีขาวแทนด้วยเลข 0 จากนั้นจะใช้ filter เป็นตัวกรอง จากรูปที่ 1 (เมทริกซ์สีเหลือง ขนาด 3x3) ทำการ convolution กับภาพขาวดำ เพื่อเก็บค่าไว้ในเมทริกซ์ชุดใหม่ ที่เรียกว่า

คอนโวลิวชัน (Convolved Feature) หรือ ฟีเจอร์แมพ (feature map)
ดังรูป ที่ 2

1	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0

รูปที่ 1: การทำงานของตัวกรองค่า (Filter) บนภาพขาวดำ

4	3	

รูปที่ 2: เมทริกซ์ชุดใหม่หรือฟีเจอร์แมพ (feature map)

2. Rectified Linear Unit หรือ ReLU เป็น activation function จุดประสงค์ของการทำ ReLU เพื่อแปลงเมทริกซ์ฟีเจอร์แมพ จากข้อ 1 ให้อยู่ในรูปของ nonlinear คือไม่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น และช่วยแก้ปัญหาการไล่ระดับสีที่หายไป (gradient vanishing) โดยจะทำการแทนที่ค่าในพิกเซลที่เป็นลบด้วย 0 หลังจากทำ ReLU แล้วค่าที่ได้จะเป็นค่าบวกเท่านั้น ส่วนใหญ่นิยมใช้ Softmax function เพื่อความง่ายในการคำนวณและประสิทธิภาพของผลลัพธ์

3. การพูลลิ่ง (Pooling) เป็นการลดมิติของฟีเจอร์แมพให้มีขนาดเล็กลงแต่ยังคงรักษารายละเอียด ข้อมูลสำคัญของภาพไว้ การพูลลิ่งมีประโยชน์ในเรื่องความไวในการคำนวณ และแก้ปัญหา overfitting การพูลลิ่งสามารถจำแนกเป็นประเภทต่างๆ ได้เช่น พูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด (Max Pooling) ค่าเฉลี่ย (Mean Pooling) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 การพูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด (Max Pooling) [8]

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

max pool with 2x2 window and stride 2

6	8
3	4

รูปที่ 3: การพูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด(Max Pooling)

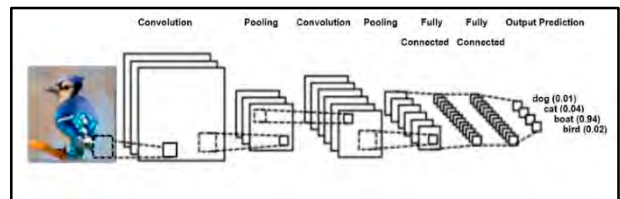
4. การเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์ (Fully Connected Layer) จากกระบวนการทั้ง 3 ขั้นตอน ที่กล่าวไว้ข้างต้น คือ

1) คอนโวลูชัน (Convolution) ทำการระบุคุณลักษณะที่สำคัญๆ และเกี่ยวข้องกับภาพ

2) Rectified Linear Unit (ReLU) ทำการแปลงเมทริกซ์ชุดใหม่หรือฟีเจอร์แมพ

3) การพูลลิ่ง (Pooling) ทำการลดมิติของฟีเจอร์แมพให้มีขนาดเล็กลงแต่ยังคงรักษารายละเอียด ข้อมูลสำคัญของภาพไว้

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนของคอนโวลูชัน (Convolution) ถึงการพูลลิ่ง (Pooling) จนกว่าจะเกิดการเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์ (Fully Connected Layer) เราสามารถอธิบายภาพรวมของขั้นตอนที่ 1 คอนโวลูชัน(Convolution) และขั้นตอนที่ 2 Rectified Linear Unit (ReLU) ไว้ด้วยกันได้ ดังนั้นในภาพที่ 4 จึงเห็นเพียงขั้นตอนของคอนโวลูชัน(Convolution) Pooling และ Fully Connected จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้เพื่อจะนำลักษณะเด่นๆ ที่สำคัญของรูปที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้ามาทำการสร้างเป็น Neural Network สำหรับการเรียนรู้และทำนายประเภทของรูปภาพ โดยจะทำการคัดกรองรูปที่รับเข้ามาและจัดให้อยู่ในรูปของคลาส (Classes) และผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าความมั่นใจ (Confident) ในทำนายประเภทของรูปภาพ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4



รูปที่ 4: การเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์โดยแสดงคลาสที่ทำนายและค่าความมั่นใจ

2.2) การเพิ่มภาพ (Image Augmentation)

การสร้างโมเดลเพื่อให้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ ทำนาย หรือจำแนกข้อมูลนั้นจำเป็นต้องอาศัยฐานข้อมูลเพื่อฝึกสอน (Training) ให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ การมีข้อมูลที่มากเพียงพอจะทำให้คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ได้ถูกต้องแม่นยำ แต่เนื่องจากบางครั้งข้อมูลที่มีอยู่นั้นมีจำนวนจำกัดดังนั้นเทคนิคการเพิ่มภาพ (image augmentation) จึงเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว [9] ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของเทคนิคการเพิ่มภาพไว้ว่า เป็นการสร้างภาพแบบอัตโนมัติ หรือเรียกได้ว่าเป็นการสร้างข้อมูลเทียมเพื่อขยายชุดข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะการเรียนรู้แบบเชิงลึก เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) [6] ได้อธิบายถึงการเพิ่มภาพ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การบิดหมุนภาพ พลิกกลับด้านในมุมต่างๆ ยืดภาพ หดภาพ เปลี่ยนสี การตัดบางส่วนของภาพออก ย่อ ขยาย และเทคนิคที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งก็คือ การลดความชัดเจนของภาพ ทำให้ภาพเพี้ยนไปจากความเป็นจริง [10]

3) วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้รวบรวมจาก Canada Institute for Advanced Research (CIFAR-10) ซึ่งมีทั้งหมด 60,000 ภาพ แต่ละภาพมีขนาด 32x32 พิกเซล แบ่งเป็น 10 หมวด ได้แก่ เครื่องบิน รถยนต์ นก แมว กวาง สุนัข กบ ม้า เรือ และรถบรรทุก



รูปที่ 5: ตัวอย่างภาพในแต่ละหมวด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ Keras และ Tensorflow โดยจะทำการสร้างโมเดลโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน และทำการวิเคราะห์จำแนกรูปภาพอยู่ในหมวดใด

การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย TensorFlow ซึ่งเป็นไลบรารีสำหรับใช้พัฒนา Machine learning เขียนด้วยภาษาไพทอน (Python) รองรับการทำงานกับโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ส่วน Keras เป็น Deep-learning library ในภาษาไพทอน (Python) ที่ใช้สำหรับบีตเป็นรูปภาพให้ต่างไปจากภาพเดิม โดยสามารถรันบน CPU และเพิ่มประสิทธิภาพโดยการรันบน GPU ได้ การทำงานของ Keras ไม่สามารถทำงานโดดๆ ได้ ทำได้เพียงแค่เป็น Front-end โดยมี Tensorflow ทำหน้าที่เป็น Back-end

สำหรับการติดตั้ง Keras และ Tensorflow ก่อนอื่นจำเป็นจะต้องติดตั้งเครื่องมือเหล่านั้นก่อน [11]

- 1) Visual Studio 2017 Community Edition ใช้สำหรับ Compile CUDA library
- 2) Anaconda (64-bit) with Python 3.6 แนะนำให้ Python เวอร์ชัน 3 เพราะใหม่และเสถียรมากกว่าเวอร์ชัน 2
- 3) CUDA V8 (64-bit) ใช้สำหรับ คำนวณบน GPU เช่น การคูณ Matrix parallel computing
- 4) cuDNN v6 สำหรับ CUDA 8.0 ใช้ประมวลผล Deep Neural Net (Convolution Neural Networks)
- 5) Keras เป็น Deep-learning library ในภาษาไพทอน (Python)
- 6) Tensorflow-gpu (1.4) เป็น Back-end สำหรับทำ Deep Neural Network

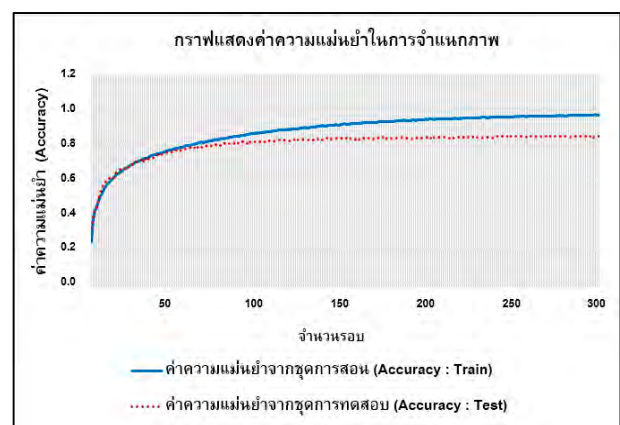
จากข้อมูลภาพที่มีทั้งหมด 60,000 ภาพ จะใช้ 50,000 ภาพในการฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ และอีก 10,000 ภาพเพื่อใช้ทดสอบความถูกต้องของโมเดล โดยใช้เทคนิค 10-fold Cross Validation ในการทดลองได้กำหนดให้คอมพิวเตอร์สุ่มภาพมาจำนวน 50,000 ภาพ จาก

10 หมวดหมู่ เพื่อฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ เป็นจำนวน 300 รอบ แล้วจึงนำภาพที่เหลืออีก 10,000 ภาพมาทดสอบความถูกต้องในการจำแนก ในขั้นตอนถัดไปจะใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ ซึ่งจะทำให้การสุ่มภาพจากทุกหมวดหมู่มา 10,000 ภาพ และทำการสุ่มใช้เทคนิคการปรับสีของภาพ การหมุนภาพ การย่อ ขยายภาพ หรือการกลับด้านของภาพ อย่างใดอย่างหนึ่ง ในแต่ละภาพ จนได้ภาพใหม่จำนวน 10,000 ภาพ แล้วจึงฝึกให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ใหม่ 300 รอบ แล้วจึงทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพก่อนและหลังการใช้เทคนิคการเพิ่ม

4) ผลการทดลอง

ในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยกำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์เรียนรู้จำนวน 300 รอบ และเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพก่อนและหลังการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ

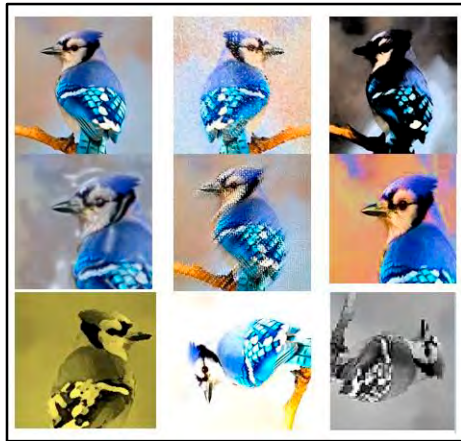
การจำแนกภาพก่อนใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ จำนวนรูปที่ใช้ในการฝึกสอน 50,000 ภาพ จำนวนเรียนรู้ 300 รอบ หากเปรียบเทียบกับจำนวนรอบในการฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้กับค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพ จะพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการฝึกสอนมากขึ้น ค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังรูปที่ 6 จากกราฟจะเห็นได้ว่าในรอบที่ 250-300 ค่าความแม่นยำในการทำนายเริ่มคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จึงหยุดการฝึกสอนที่ 300 รอบ เส้นที่แสดงค่าความแม่นยำจากชุดการทดสอบ มีค่า 96.90% ซึ่งมากกว่าค่าความแม่นยำที่ได้จากชุดทดสอบที่มีค่า 84.79%



รูปที่ 6: กราฟแสดงค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพของการฝึกสอนและการทดสอบ ก่อนการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ

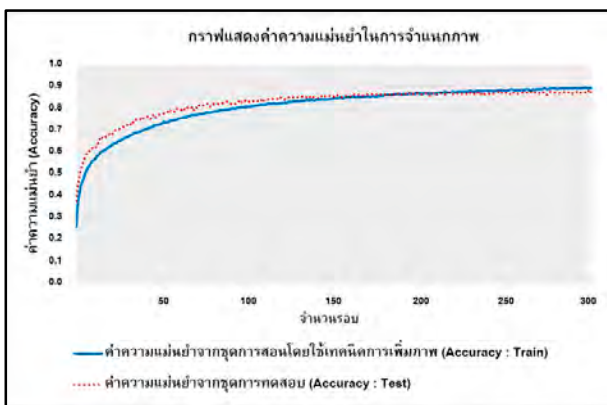
ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันนั้น จะใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ เหตุผลหลักที่ใช้เทคนิคการเพิ่มภาพนี้เพื่อลดปัญหา Overfitting ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่โมเดลทำนายได้ดีมากในขั้นตอนของการสอน (Training data) แต่เมื่อนำโมเดลนั้นไปทำงานกับข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (Testing data) ประสิทธิภาพในการทำนายต่ำมาก ซึ่งเป็นข้อมูลที่โมเดลไม่เคยเห็นมาก่อน และปัญหาจากการที่มีข้อมูลไม่เพียงพอในการฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้

การใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ โดยการสร้างภาพเทียมจากเทคนิคการปรับสีของภาพ หมุนภาพ ย่อ ขยายภาพ กลับด้านของภาพ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 7



รูปที่ 7: ตัวอย่างภาพที่ได้จากการสร้างขึ้นมาใหม่ (generate image augmentation)

ในการทดลองได้ทำการสุ่มภาพจากทุกหมวดมา 10,000 ภาพ และทำการสุ่มใช้เทคนิคการปรับสีของภาพ การหมุนภาพ การย่อ ขยายภาพ หรือการกลับด้านของภาพ อย่างใดอย่างหนึ่ง ในแต่ละภาพ จนได้ภาพใหม่เพิ่มขึ้นจากเดิมจำนวน 10,000 ภาพ เมื่อรวมกับของเดิมอีก 50,000 ภาพที่ใช้สำหรับฝึกสอนในครั้งแรก รวมเป็น 60,000 ภาพ แล้วจึงฝึกให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ใหม่ 300 รอบ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8: กราฟแสดงค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพหลังจากการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ

จากรูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพ หลังจากการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ เส้นทึบแสดงค่าความแม่นยำจากชุดฝึกสอน เมื่อใช้เทคนิคการเพิ่มภาพมีค่า 89.17% และเส้นประแสดงค่าความแม่นยำจากชุดทดสอบ 87.57% จะพบว่าเมื่อมีการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพแล้วค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพจากชุดทดสอบมีค่าสูงใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากชุดฝึกสอน

ตารางที่ 1 ทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพ ก่อนและหลังการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ ที่จำนวนการเรียนรู้ 100, 200

และ 300 รอบ จะพบว่าเทคนิคการเพิ่มภาพช่วยให้ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพหรือค่าในการทำนายถูกต้องสูงขึ้นจาก 84.79% เป็น 87.57% เพิ่มขึ้น 2.78%

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพก่อนและหลังการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ

จำนวนรอบการเรียนรู้	ความแม่นยำในการจำแนกภาพจากชุดทดสอบก่อนการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ (%)	ความแม่นยำในการจำแนกภาพจากชุดทดสอบหลังการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ (%)
100	81.96	83.76
200	83.03	86.50
300	84.79	87.57

หากทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพ ตามเทคนิคต่างๆ ของการสร้างภาพเทียม สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพด้วยเทคนิคต่างๆ

เทคนิคการสร้างภาพเทียม	ค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพ
การปรับสีของภาพ	85.26%
การหมุนภาพ	83.49%
การย่อ หรือ ขยายภาพ	86.84%
การกลับด้านของภาพ	83.71%

จากตารางที่ 2 จะพบว่า เทคนิคการสร้างภาพเทียมด้วยวิธีการย่อหรือขยายภาพ มีค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพสูงที่สุดคือ 86.84% รองลงมาคือ การปรับสีของภาพ 85.26% การกลับด้านของภาพ 83.71% และการหมุนภาพ 83.49% ตามลำดับ การที่เทคนิคการย่อหรือขยายภาพ มีค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพสูงที่สุด อาจเป็นเพราะการย่อภาพทำให้ความชัดเจนและความละเอียดของภาพที่ได้ลดลง ส่วนการขยายภาพทำให้ความชัดเจนของภาพที่ได้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อการเรียนรู้ของเครื่อง เมื่อนำภาพจากชุดทดสอบไปเปรียบเทียบกับภาพตัวอย่างจากชุดฝึกสอน ทำให้พบภาพที่มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น จึงทำให้ค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพถูกต้องสูง

จากผลการทดลองจะพบว่าเทคนิคการกลับด้านของภาพ ในงานวิจัยนี้คือ 83.71% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hussain และคณะ [9] ที่ได้ทำการทดลองเทคนิคการเพิ่มภาพด้วยการกลับด้านของภาพ ได้ค่าความแม่นยำ 84%

5) สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ จะช่วยให้การฝึกสอนคอมพิวเตอร์ให้เรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และจำนวนรอบในการฝึกสอนซ้ำๆ ก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน ยิ่งมีจำนวนรูปภาพมาก และจำนวนรอบในการฝึกสูง ความแม่นยำในการจำแนกรูปภาพก็สูงขึ้นด้วย แต่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่า ควรใช้กี่ภาพ และจำนวนรอบ

ในการฝึกสอนควรเป็นเท่าใด เพราะประสิทธิภาพในการทำนายขึ้นอยู่กับชนิดของภาพ ที่มีความซับซ้อนแตกต่างกัน เช่น จำแนกภาพใบหน้าของคน กับจำแนกภาพวัตถุ สิ่งของ ซึ่งการจำแนกภาพใบหน้าคนที่มีความใกล้เคียงกันมากและมีความซับซ้อนมาก ควรมีจำนวนภาพที่มากและรอบในการฝึกสอนที่สูง แต่หากต้องการจำแนกภาพนี้เป็นรถยนต์ หรือ เรือ ซึ่งความซับซ้อนไม่มาก จำนวนภาพและรอบในการเรียนรู้จะไม่จำเป็นต้องมากเท่าการจำแนกภาพใบหน้าคน สำหรับจำนวนรอบที่ใช้ในการฝึกสอน สามารถเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพกับจำนวนรอบในการฝึกสอน หากค่าความแม่นยำในการจำแนกถึงจุดที่สูงในระดับที่พอใจและค่าเริ่มคงที่ ก็สามารถหยุดการฝึกสอนได้

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดล CNN ในอนาคต สามารถทำได้โดย 1) การเพิ่มจำนวนรอบในการฝึกสอน (training) ให้มากขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้ได้ ทำการ training เพียง 300 รอบเท่านั้น 2) ใช้เทคนิคการเพิ่มจำนวนภาพให้มากยิ่งขึ้น ข้อควรคำนึงถึงคือการเพิ่มรูปภาพให้มีจำนวนมากขึ้น เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (training) ก็จะนานตามไปด้วยเช่นกัน

REFERENCES

- [1] N. Dalal, and B. Triggs, "HISTOGRAMS OF ORIENTED GRADIENTS FOR HUMAN DETECTION," *IEEE Computer Society Conference On Computer Vision And Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 886–893, 2005.
- [2] M. A. Tanner, and W. H. Wong, "The Calculation of Posterior Distributions By Data Augmentation," *Journal Of The American Statistical Association*, vol. 82 No. 398, pp.528–540, 1987.
- [3] G. E. Hinton, S. Osindero, and Y.W. Teh, "A FAST LEARNING ALGORITHM FOR DEEP BELIEF NETS," *NEURAL COMPUTATION*, vol.18, no.7, pp.1527 –1554, 2006.
- [4] Z. Zafrulla, H. Brashear, n T. Starner, H. Hamilton, and P. Presti, "American Sign Language Recognition With the Kinect," *ICMI '11 Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces*, pp. 279-286, 2011.
- [5] T. Siriborvornratanakul, "Five questions with Deep Learning: Automatic cucumber sorting system from pictures @Cucumber Farm in Japan (Part 2/2)."[Online]. Available: <https://mgronline.com/daily/detail/9590000091327> [Accessed: 20-Dec-2018].
- [6] Z. Hussain, F. Gimenez, D. Yi and D. Rubin. "Differential Data Augmentation Techniques for Medical Imaging Classification Tasks," *AMIA Annual Symposium Proceedings Archive*, pp. 979-984, 2018.
- [7] C. Niyomthum, "What is CNN?." [Online]. Available: <https://medium.com/@thebear19/neural-network-101-cnn-with-tensorflow-fd5d515e979b>. [Accessed: 04-Oct-2018].
- [8] Mc. Ai, "Let's see how CNN Thinks!!!" [Online]. Available: <https://mc.ai/มาลองดูวิธีการคิดของ-cnn-ai/>. [Accessed: 10-Nov-2018].
- [9] M. D. Bloice, C. Stocker, and A. Holzinger, "Augmentor: An Image Augmentation Library for Machine Learning," *The Journal of Open Source Software*, vol.2. pp. 1-5, 2017.
- [10] C. Shorten, "Image Augmentation Examples in Python." [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/image-augmentation-examples-in-python-d552c26f2873>. [Accessed: 10-Nov-2018].
- [11] P. Bee, "How to install Keras + Tensorflow (GPU version) on windows 10." [Online]. Available: <https://medium.com/boobeejung/วิธีการติดตั้ง-keras-tensorflow-gpu-version-บน-windows-10-บทความนี้เขียนขึ้นเพื่อหลายๆ-คนที่ทำ-e8e3f5105baa>. [Accessed: 04-Oct-2018].
- [12] K. Jarrett, K. Kavukcuoglu, M. Ranzato and Y. LeCun, "What Is The Best Multi-Stage Architecture for Object Recognition?," in *2009 IEEE 12th International Conference On Computer Vision*, pp. 2146–2153, 2009.

การปรับปรุงงานมาตรฐานด้วยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวการทำงาน ด้วย Time Prism Software(กรณีศึกษาอุตสาหกรรมสิ่งทอ)

Research Kaizen of Standardized Work Analysis with Motion Study by Time Prism Software (Case study: Textile Industry)

วิจิณัฐ ภักพรมินทร์

Vithinut Phakphonhamin

สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Industrial Management Faculty of Business Administration, Thai-Nichi Institute of Technology

vithinut@tni.ac.th

รับต้นฉบับ: 27 พฤศจิกายน 2561 ; รับบทความฉบับแก้ไข: 8 พฤษภาคม 2562; ตอบรับบทความ: 13 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดรอบเวลาการทำงานด้วยการปรับปรุงงานมาตรฐานโดยเทคนิคการวิเคราะห์ด้วย Video และการศึกษาการเคลื่อนไหวในการทำงานโดยใช้โปรแกรม Time Prism Software Ver. 1.9.0 การทำวิจัยปรับปรุงงานใช้กรณีศึกษาจากอุตสาหกรรมสิ่งทอของกระบวนการผลิตแผนกเย็บเสื้อแจ๊คเก็ตสภาพปัจจุบันพบว่าผลผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดคือ 144 ตัวต่อวันจากที่กำหนด 190 ตัวต่อวันและได้ดำเนินการบันทึกภาพ VDO ในกลุ่มงานขั้นตอนที่ 9 เพื่อศึกษารอบเวลาการทำงานเท่ากับ 4.50 นาทีต่อชิ้นและเมื่อเทียบกับ Takt time เท่ากับ 3.42 นาทีต่อชิ้นแสดงถึงรอบเวลาการทำงานนั้นสูงเกินค่าเป้าหมายและได้ดำเนินการวิเคราะห์การปรับปรุงการทำงานด้วย ECRS ในการจัด Layout และจัดลำดับขั้นตอนใหม่เพื่อลดความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวส่งผลให้รอบเวลาการทำงานลดลงจาก 4.50 นาทีต่อชิ้นเป็น 3.37 นาทีต่อชิ้นผลต่างของรอบเวลาทำงานลดลงเป็น 1.13 นาทีคิดเป็นร้อยละ 25.11 และส่งผลให้ผลผลิตจากเดิม 114 ตัวต่อวันเป็น 195 ตัวต่อวันคิดเป็นผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 71.05

คำสำคัญ: งานมาตรฐาน, วิเคราะห์การเคลื่อนไหว, Time Prism Software, อุตสาหกรรมสิ่งทอ

Abstract

The purposes of this research were to reduce the cycle time by improving the standard work by using Video Analysis Technique and study of Motion study using Time Prism Software Ver.1.9.0. for improvement case study from the textile Industry by the production process of the sewing department. Presently, it was found that the target yield was 114 units per day, while the required 190 units per day. So, it did not achieve the target. By VDO recording in task group 9 was conducted to study the Cycle time of 4.50 minutes per piece. And

Compared to the Takt time of 3.42 minutes per piece, the cycle time is too high. The ECRS has also been updated to provide new layouts and procedures to reduce waste from movement. As a result, the cycle Time decreased from 4.50 minutes per piece to 3.37 minutes per piece. The difference in Cycle time was reduced to 1.13 minutes that was 25.11%. This resulted in a yield of 114 per day for 195 days. The yield per day was 71.05%.

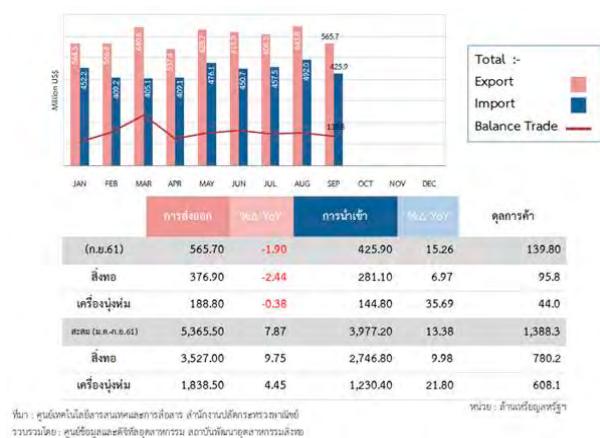
Keywords: Standardized work, Motion study, Time Prism Software, Textile Industry,

1) บทนำ

ในสภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้น ณ ปัจจุบันส่งผลให้ธุรกิจอุตสาหกรรมนั้นมีต้นทุนที่สูงมากขึ้นด้วยภาวะเศรษฐกิจค่าแรงที่สูงขึ้นและการขาดแรงงานในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้นความเจริญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับส่งข้อมูลการออกแบบที่หลากหลายที่สำคัญอีกอย่างคือเทคโนโลยีและวิทยาการในการบริหารการผลิตที่สามารถทำให้การผลิตมีคุณภาพสูงขึ้นตรงตามความต้องการของตลาดหรือผู้บริโภคในเวลาที่กำหนดและต้นทุนต่ำโดยแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตที่ดำเนินการด้วยการศึกษาการทำงานและการปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นดังนั้นการบริหารจัดการระบบการบริหารการผลิตเป็นส่วนหนึ่งของการบูรณาซอฟต์แวร์เพื่อพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์และปรับปรุงงานและเป็นเครื่องมือให้สะดวกต่อประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการผลิตแบบโตโยต้าการจัดทำตารางงานมาตรฐานผสม Yamazumi Chart และการนำไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจอุตสาหกรรมอื่นๆ

จากศูนย์ข้อมูลและดิจิทัลอุตสาหกรรมสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอในเดือน ตุลาคม 2561 [1] ได้คาดการณ์สถานการณ์อุตสาหกรรม

สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย พบว่าภาพรวมการค้าระหว่างประเทศของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทยในช่วงเดือนมกราคม-กันยายน 2561 ดังรูปที่ 1 แสดงถึงการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.87 คิดเป็นมูลค่า 5,365.50 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยแบ่งเป็น (1) การส่งออกกลุ่มสิ่งทอมีมูลค่า 3,527.00 ล้านดอลลาร์สหรัฐขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.75 และ (2) การส่งออกกลุ่มเครื่องนุ่งห่มมีมูลค่า 1,838.50 ล้านดอลลาร์สหรัฐขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.45 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับในเดือนกันยายน 2561 พบว่าการส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีมูลค่า 565.70 ล้านดอลลาร์สหรัฐลดลงร้อยละ 1.90 แบ่งเป็น (1) การส่งออกกลุ่มสิ่งทอมีมูลค่า 376.90 ล้านดอลลาร์สหรัฐลดลงร้อยละ 2.44 และ (2) การส่งออกกลุ่มเครื่องนุ่งห่มมีมูลค่า 188.80 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ลดลงร้อยละ 0.38



รูปที่ 1 : ภาพแสดงรวมการค้าระหว่างประเทศของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทยเดือนกันยายน 2561 และ (สะสม) เดือนมกราคม-กันยายน 2561

จากสถานการณ์การแข่งขันในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีการแข่งขันที่สูงขึ้น เนื่องจากการสูญเสียศักยภาพการแข่งขันด้านแรงงานให้กับผู้ส่งออกรายใหญ่ อย่างเช่น จีน บังคลาเทศ เวียดนาม และประเทศไทย เสียเปรียบด้านสิทธิประโยชน์ทางภาษีในตลาดสหภาพยุโรปโดนตัดสิทธิ Generalized System of Preferences – GSP และการเสียเปรียบด้านต้นทุนที่อยู่ในระดับต่ำกว่า ทำให้ผู้ผลิตอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทยต้องปรับตัวโดยเน้นการเสริมสร้างศักยภาพในการผลิตพร้อมทั้งยกระดับคุณภาพการผลิตตลอดจนลดการสูญเสียกระบวนการผลิตเพื่อรักษาสวนแบ่งตลาดเครื่องนุ่งห่มของไทยนี้ควรเร่งพัฒนาสินค้าให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเพื่อศักยภาพการแข่งขัน

จากปัจจัยดังกล่าวจำเป็นต้องศึกษางานวิจัยการประยุกต์ใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์การทำงานและปรับปรุงงานโดยการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ (Time Prism) เพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาการวิเคราะห์การทำงานและปรับปรุงงานมาตรฐานโดยการลดรอบเวลาการทำงาน (2) เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์งานให้มีผลผลิตที่สูงขึ้น

2) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

● การศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study) คือการศึกษาวิธีการทำงานจากการบันทึกและวิเคราะห์วิธีการทำงานขององค์การที่กำลังทำอยู่เพื่อเสนอวิธีการทำงานแบบใหม่อย่างมีระบบและประยุกต์ใช้กับเครื่องมือในการทำงานให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลการศึกษาวิธีการทำงานจะช่วยให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการในการทำงานให้มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) และสิ่งแวดล้อมในการทำงานเป็นสำคัญและการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study) การใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ขั้นตอนของการปฏิบัติงานเพื่อจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและสรรหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดและเร็วที่สุดในการปฏิบัติงานนั้นๆทั้งนี้รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงานสภาพการทำงานเครื่องมือต่างๆเช่น Process Flow Chart เป็นต้น

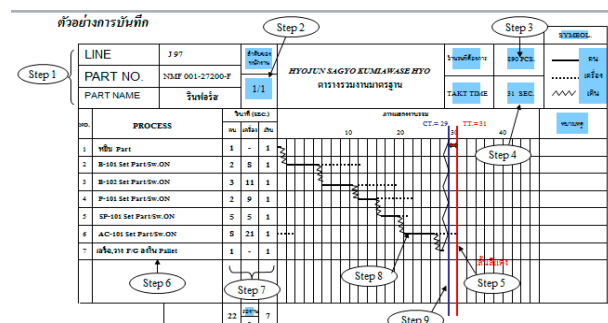
● การลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการ ECRS คือ เป็นหลักการที่ประกอบด้วยกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเสียเปล่าหรือMUDA ลงได้เป็นอย่างดี การกำจัด (Eliminate) คือการพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเสียเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป

การรวมกัน (Combine) คือความสามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้

การจัดใหม่ (Rearrange) คือการจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นหรือการรอคอยเช่นในกระบวนการผลิตหากทำการสลับขั้นตอนในการทำงานทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

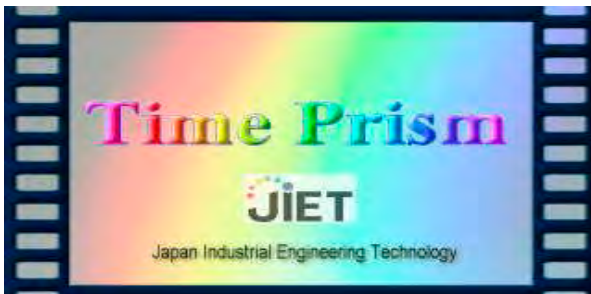
การทำให้ง่าย (Simplify) คือการปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้นโดยอาจจะออกแบบจิก (Jig) หรือFixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้นซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ [2]

● ตารางงานมาตรฐานผสม (Standardized Work Combination Table) คือการทำงานที่ผสมผสานระหว่างคน, เครื่องจักร, อุปกรณ์ให้สำเร็จตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดตามลำดับขั้นตอนการทำงานโดยไม่มีมุดะและใช้ Takt Time เป็นตัว กำหนดเวลาหรือ Just In Time นั้นเอง ดังรูปที่ 2 [3]



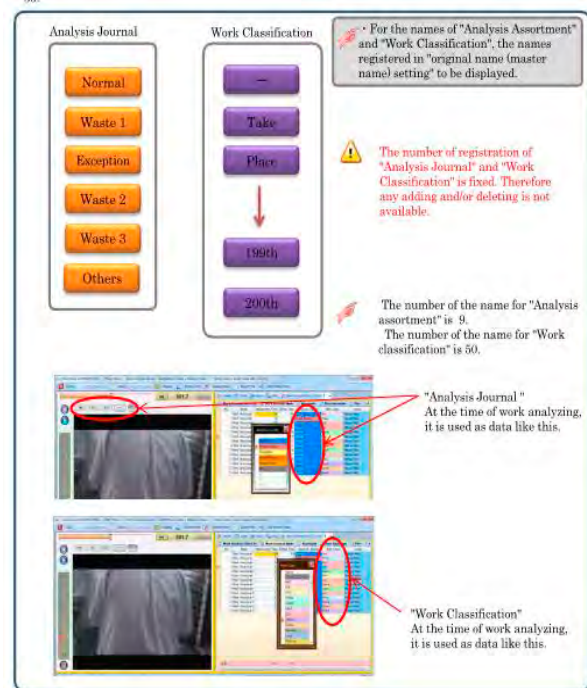
รูปที่ 2: ตารางงานมาตรฐานผสม

● หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับการปรับปรุงงานมาตรฐานด้วยเทคนิคการใช้ซอฟต์แวร์ (Time Prism Software) การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์งาน [4] เป็นวิธีการที่ใช้ผลการวัดและการที่จะปรับปรุงการผลิตและประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของงานและการแบ่งการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐาน การตรวจสอบและปรับปรุงการทำงานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมซึ่งจะเป็นซอฟต์แวร์ช่วยการวิเคราะห์การทำงานให้บรรลุเป้าหมายที่สำคัญของ Industrial Engineering-IE อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยฟังก์ชันที่สามารถใช้ได้ตั้งแต่ผู้เริ่มต้น สำหรับการโคเซ็น สิ่งสำคัญอันดับแรกคือ การหาความสูญเสีย กิจกรรมที่สำคัญจะไม่สามารถดำเนินได้โดยปราศจากการพบของเสีย สิ่งสำคัญลำดับต่อไปคือการโคเซ็น ได้อย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ดี เพราะกิจกรรมโคเซ็นนั้น ต้องการที่จะโคเซ็นตัวมันเอง โปรแกรม Time Prism ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ง่ายที่จะทำการแสดงด้วยภาพเคลื่อนไหวต่างๆ และเป็นเครื่องมือสนับสนุนให้คุณดำเนินกิจกรรมโคเซ็นได้อย่างราบรื่นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: Time Prism Software

Time Prism ประกอบด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้ คือ ฟังก์ชันการวิเคราะห์งาน คือวิเคราะห์ความสูญเสียและปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพด้วยฟังก์ชัน "การแสดง" ฟังก์ชันงานหน่วยงาน คือ ข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชัน "การแสดง" ทำให้งานหน่วยงานได้รับการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ ฟังก์ชันการตรวจสอบการเปรียบเทียบ คือ ข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชัน "การแสดงผล" จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาของพนักงาน และเทคนิคต่างๆที่เคยทำมาด้วยฟังก์ชันการเปรียบเทียบ ฟังก์ชันการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ คือ จากข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชัน "การแสดงผล" สามารถใช้ฟังก์ชันการตรวจสอบผลการวิเคราะห์รายงานคำแนะนำ การรายงานข้อมูลที่ดีทำขึ้นเป็นต้น ฟังก์ชันในการสร้างแผนงานมาตรฐานการรวมกันคือ มีการจัดทำฟังก์ชันการทำแผนภูมิการรวมกันของงานมาตรฐาน (คน-เครื่องจักร-แผนภูมิ) และส่งออกไฟล์เป็นไฟล์ Excel ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: ฟังก์ชันการทำงานของ Time Prism Software

2.2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการประยุกต์การใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้ากรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ [5] เป็นการศึกษาวิธีการวิจัยในครั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแบบทันเวลาพอดีโดยการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตและศึกษาปรับปรุงการกระบวนการการทำงานให้เหมาะสมโดยระบบการผลิตแบบโตโยต้าเข้ามาประยุกต์ใช้ในสายการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานจากผลการศึกษพบว่า เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตลดลงร้อยละ 73.68 และสินค้าสำเร็จรูปลดลงร้อยละ 39.92 ประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.14 ความสามารถในการลดเวลานำลดลงร้อยละ 9.64 นอกจากนี้ยังสามารถตอบสนองได้ทันต่อความต้องการของลูกค้ายังเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่องค์กรอีกด้วย

งานวิจัยการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตทางเคมเวสในโรงงานอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปของเนอริทเทิร์นแอทไทร์จำกัด [6] เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาการทำงานของพนักงานในโรงงานตัวอย่างเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาวิธีการการทำงานใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้หลักการ การกำจัด – การรวมกัน – การจัดใหม่ – การทำให้ง่าย (ECRS) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นทางเคมเวสและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมโดยวิธีการศึกษาเวลามาตรฐานของการทำงานและแบบบันทึกการจับเวลาการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัยพบว่าสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตจาก 44.44 นาทีเป็น 41.42 นาที หรือลดลงร้อยละ 6.79 และลดขั้นตอนการผลิตโดยการรวบรวมขั้นตอนการผลิตเข้าด้วยกันช่วยทำให้ขั้นตอนในการผลิตลดลงจาก 155 ขั้นตอนเป็น 98 ขั้นตอนหรือลดลงร้อยละ 36.77 แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้หลักการ การกำจัด – การรวมกัน – การจัดใหม่ – การทำให้ง่าย ในการทำงานสามารถลดขั้นตอนและลดเวลาในการทำงานได้

งานวิจัยการเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตชุดกระโปรงเด็กผู้หญิง [7] โดยใช้วิธีการหาเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM) โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดสายสมดุลการผลิตโดยใช้เกณฑ์น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Position Weight : RPW) ซึ่งผลการวิจัยจากการจัดสายสมดุลการผลิตของกระบวนการสามารถลดเวลาการทำงานจาก 360 วินาทีต่อชุดเหลือ 116 วินาทีต่อชุด ลดต้นทุนงานย่อยจาก 14 สถานีงานเหลือ 4 สถานีงาน ลดการส่งมอบงานล่าช้าเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตจาก 37.61% เป็น 95.68% และเพิ่มยอดขายจาก 2,000 ชุดต่อเดือน เป็น 6,200 ชุดต่อเดือน คิดเป็นมูลค่ายอดขายที่เพิ่มขึ้น 630,000 บาทต่อเดือน

งานวิจัยการลดชิ้นส่วนงานซ่อมในขั้นตอนการเย็บของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป [8] เป็นงานวิจัยเพื่อลดจำนวนชิ้นงานซ่อมของขั้นตอนการเย็บในไลน์ B26 ของทางโรงงานจากการศึกษาพบว่าในขั้นตอนการเย็บยังมีชิ้นงานซ่อมเกิดขึ้นค่อนข้างมากดังนั้นผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคุณภาพในการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาโดยพิจารณาจาก 4M คือปัญหาเกิดจากคน (Man) เครื่องจักร (Machine) วิธีการปฏิบัติงาน (Method) วัตถุดิบ (Material) เพื่อปรับปรุงในขั้นตอนการเย็บและเพื่อลดจำนวนชิ้นงานซ่อมลงผลจากการศึกษาสามารถลดจำนวนชิ้นงานซ่อมในขั้นตอนการเย็บเฉลี่ยก่อนปรับปรุงจากจำนวน 78 ชิ้น/เดือนลดลงเหลือ 14.5 ชิ้นต่อเดือนคิดเป็นร้อยละ 81.4

งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดชั้นในสตรี [9] โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีนมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตกำจัดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทวาทโกกบินทร์บุรีจำกัดซึ่งประสบปัญหาผลผลิตไม่เพียงพอตามเป้าหมายได้ดำเนินการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้กับหน่วยเย็บโดยแบ่งทีมเย็บเป็นทีม BA1 และ BA2 และนำเครื่องมือ 7 Waste เข้ามาวิเคราะห์และจำแนกความสูญเปล่าเพื่อการปรับปรุงโดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตจากการนั่งเย็บเป็นยืนเย็บและการปรับปรุงผังการผลิตเพื่อไม่ให้ผลผลิตมากเกินไป โดยลดขนาดการผลิตและระบบดึงผลจากการปรับปรุงพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของทีมเย็บ BA1 และ BA2 ขึ้นได้ 15.63 เปอร์เซ็นต์และ 18.15 เปอร์เซ็นต์มีจำนวนผลผลิตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น 17.13 เปอร์เซ็นต์และ 20.00 เปอร์เซ็นต์มีเวลานำการผลิตลดลง 16 เปอร์เซ็นต์และ 19.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

สรุปประเด็นสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยรวมมีการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า ลีน และหลักการของ Industrial Engineering (IE เทคนิค) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเช่น การจับเวลารอบการทำงาน, ECRS, เวลามาตรฐานการทำงาน ส่งผลให้ลดความสูญเสียความสูญเปล่าจากขั้นตอนการทำงานส่งผลให้ผลิตภาพที่สูงขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิควิธีการวิเคราะห์ด้วย Video และการศึกษาค้นคว้าในการดำเนินงานโดยใช้โปรแกรม Time Prism Software นั้นสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบการเคลื่อนไหวของรายละเอียดการทำงานได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นและสะดวกต่อการปฏิบัติและการปรับปรุงได้อย่างชัดเจนส่งผลต่อผลิตภาพที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน

3) วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยศึกษาการปรับปรุงงานมาตรฐานด้วยการใช้เทคนิคเครื่องมือการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์งาน (Time Prism) ในการวิเคราะห์การทำงานและปรับปรุงเวลาทำงานให้ลดลงและเพื่อเพิ่มผลิตภาพที่สูงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงโดยวิธีดำเนินการงานวิจัยมีรายละเอียดดังรูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้



รูปที่ 5 : แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1) ขอบเขตของการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาปัจจุบัน

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยการปรับปรุงงานมาตรฐานด้วยการใช้เทคนิคเครื่องมือการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์งาน (Time Prism) ในการวิเคราะห์การทำงานและปรับปรุงเวลาทำงานให้ลดลงเพื่อเพิ่มผลิตภาพที่สูงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงโดยงานวิจัยนี้เลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นธุรกิจอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งมีกระบวนการไหลในหลายส่วนซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นแต่ละแผนกใหญ่ๆ ในการดำเนินงานดังนี้ 1.แผนกสโตร์ผ้า 2.แผนกตัด 3.แผนกจัดงาน 4.แผนกเย็บ 5.แผนกQC และบรรจุ 6.แผนกจัดส่ง โดยจะแสดงภาพกระบวนการไหลในรูปที่ 6



รูปที่ 6: แผนผังกระบวนการทำงานของสายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ตรุ่น Mont Bell

3.2) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลของกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย

งานวิจัยนี้ฉบับนี้ เลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นธุรกิจอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยการศึกษากระบวนการต่างๆ ของสายการผลิตในแผนกเย็บเสื้อ แจ็คเก็ต Mont Bell มีกลุ่มการทำงานทั้งหมด 23 กลุ่มงานโดยศึกษา เวลาการทำงานของแต่ละกลุ่มงาน ซึ่งปัจจุบันไม่สามารถผลิตได้ตาม เป้าหมายที่ต้องการของลูกค้า

3.3) ศึกษาที่มาของปัญหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

การใช้เครื่องมือ VDO สำหรับการบันทึกองค์ประกอบของงานเพื่อ ศึกษาขั้นตอนวิธีการทำงานและใช้โปรแกรม Time Prism สร้างกราฟ Yamazumi Chart และตารางงานมาตรฐานผสม เพื่อศึกษาประเด็นของ ปัญหาที่ทำให้เกิดขึ้น

3.4) แนวทางที่เป็นไปได้ในการปฏิบัติจริงเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานแบบเดิม

ออกแบบวิธีการที่จะแก้ปัญหาที่กำหนดแนวทางที่เหมาะสมและ แนวทางที่เป็นไปได้ในการปฏิบัติจริงโดยการใช้หลักการปรับปรุงด้วย วิธีการการทำงาน ของ ECRS ในการปรับปรุงการทำงานให้มี ประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

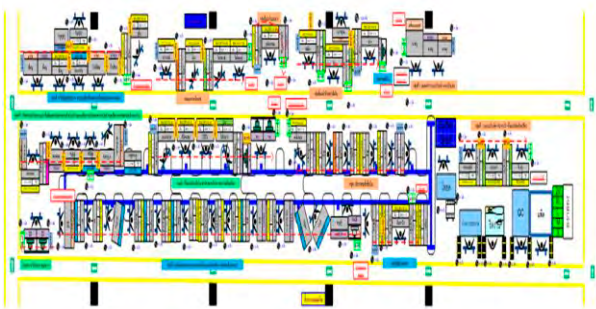
3.5) สรุปผลการทำวิจัย

กำหนดตัวชี้วัดในการทำวิจัยการลดรอบเวลาการทำงานหรือการ เพิ่มผลผลิตมากกว่า 20 %

4) ผลการวิจัย

4.1) ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันที่จะทำงานวิจัย

การศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาการณศึกษาสายการผลิตเสื้อ แจ็คเก็ต Mont-Bell แผนกเย็บจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน การตัดเย็บในสายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ต Mont Bell มีกลุ่มการทำงาน ทั้งหมด 18 กลุ่มงานซึ่งความต้องการต่อวันโดยความต้องการต่อวัน เท่ากับ 190 ตัวต่อวันโดยมีเวลาการทำงาน 650 นาทีต่อวันหรือ Takt Time อยู่ที่ 3.42 นาทีแต่ในปัจจุบันสายการผลิตไม่สามารถผลิตได้ตาม เป้าหมายที่วางไว้ตาม Takt Time ที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7: สายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ต Mont Bell

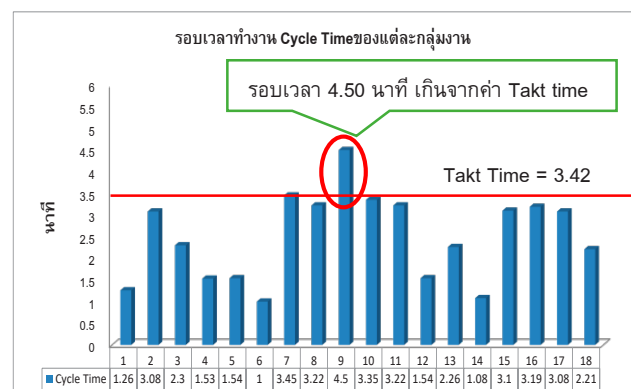
4.2) ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย

จากการศึกษากระบวนการต่างๆของสายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ต Mont Bell มีกลุ่มการทำงานทั้งหมด 18 กลุ่มงานและมีการสำรวจสภาพ ปัจจุบันของสายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ต Mont Bell โดยการจับเวลา รอบเวลาการปฏิบัติงานของพนักงานของแต่ละขั้นตอนแต่ละกลุ่มงาน ซึ่งผลของการจับเวลาของแต่ละขั้นตอนกลุ่มงานทั้ง 18 กลุ่มงานโดยมี เวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ยแต่ละกลุ่มงานดังตารางที่ 1 ตารางรอบเวลา การทำงานของแต่ละกลุ่มงานดังนี้

ตารางที่ 1: ตารางรอบเวลาการทำงานของแต่ละกลุ่มงาน

กลุ่มงานที่	ขั้นตอน	Cycle Time นาที
กลุ่มงาน 1	ถึงกระเป๋าคัด+กันกระเป๋าคัด+ขึ้นแปะช่องร้อยเชือก	1.26
กลุ่มงาน 2	ขึ้นปกในบนล่าง+ขึ้นเส้นแต่งแปะปก+วีรนา+ฟองน้ำ+TPU	3.08
กลุ่มงาน 3	ขึ้นกระโปรงชั้นใน+สาปชายกระโปรง+ขึ้นต่อชายกระโปรง+ฟอ ร้อยเชือก	2.30
กลุ่มงาน 4	ขึ้นซับในหน้า+หลังท่อนล่าง	1.53
กลุ่มงาน 5	ขึ้นแขนซับใน+ขึ้นต่อใต้แขนซ้ายขวา	1.54
กลุ่มงาน 6	ขึ้นรองตราเสื้อหลัง	1.00
กลุ่มงาน 7	ขึ้นซับในหลังบน+ฟองน้ำ	3.45
กลุ่มงาน 8	กระเป๋าน้ำในซ้าย+ขึ้นต่อผ้าตาข่ายกระเป๋าน้ำในขวา	3.22
กลุ่มงาน 9	ขึ้นหน้าซับในซ้ายขวา+ผ้ารองตาข่าย+ฟองน้ำ	4.50
	ขึ้นต่อสาปหน้าหมวกนอก+ขึ้นเส้นแต่งสาปหน้าหมวกด้านใน+ผ้ารอง	
กลุ่มงาน 10	มุม	3.35
กลุ่มงาน 11	ขึ้นต่อสาปหน้าหมวกนอกทั้งหมด+ขึ้นผ้ารองเชือก	3.22
กลุ่มงาน 12	ปกนอก+ขึ้นปิดปก	1.54
กลุ่มงาน 13	ขึ้นปิดหัวซับใน+สาปรองซับ+ขึ้นต่อสาป+ขึ้นต่อสาปล่าง+ลามิ เนต	2.26
กลุ่มงาน 14	สาปชายหน้า+ขึ้นต่อชายหน้า+ชาย	1.08
กลุ่มงาน 15	ธนูปลายแขนนอก+TPU+ตาข่าย	3.10
กลุ่มงาน 16	ขึ้นหลังนอก+ขึ้นกลางแขนนอกซ้ายขวา (ปักแขนขวา)	3.19
กลุ่มงาน 17	ขึ้นปิดหัวซับ+ขึ้นรองกันซับ+ขึ้นรอง+ถึงกระเป๋าคัดซ้ายขวา+ลามิ เนต	3.08
กลุ่มงาน 18	ขึ้นหน้านอกซ้ายขวา (ปักหน้าซ้ายขวา)	2.21

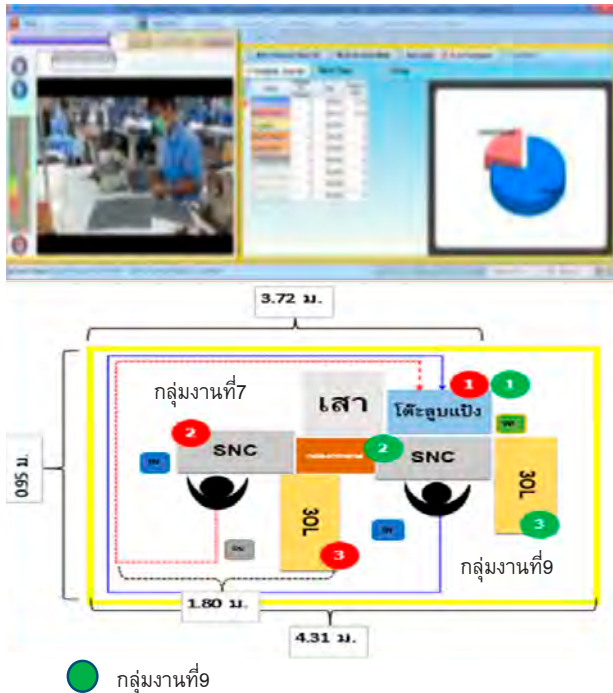
จากการศึกษากระบวนการผลิตและรอบการผลิตทั้ง 18 กลุ่มงาน ปรากฏว่าเกิดคอขวด หรือ Bottleneck ของการผลิตของกลุ่มงานที่ 9 มี รอบเวลาการทำงานเท่ากับ 4.50 นาทีต่อตัวเมื่อเปรียบเทียบกับ เป้าหมายรอบเวลาการผลิตต่อตัวหรือ Takt time เท่ากับ 3.42 นาทีต่อ ตัว จึงเป็นผลให้ไม่สามารถผลิตได้ตามเป้าหมายต่อวันที่กำหนดไว้ดัง แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8: กราฟ Yamazumi Chartแสดงรอบเวลาการผลิตเปรียบกับเป้าหมายผลิต

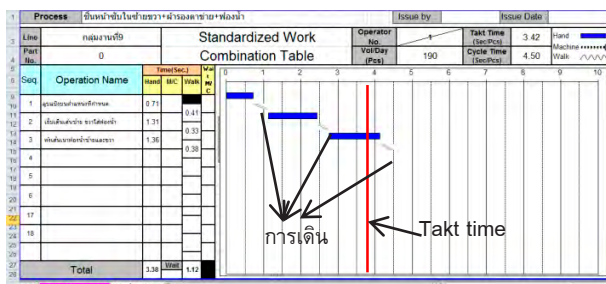
4.3) ผลการศึกษาที่มาของปัญหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

จากการบันทึกข้อมูลด้วย VDO และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Time Prism ผลจากการวิเคราะห์สภาพงานในกลุ่มงานที่ 9 พบว่ามีความสูญเสียและความสูญเปล่าที่เกิดจากการทำงานที่ไม่ได้เกิดมูลค่าคิดเป็น 25% ของงานที่ทำทั้งหมดดังรูปที่ 9



รูปที่ 9: การทำงานของกลุ่มงานที่ 9

การศึกษารูปแบบการทำงานโดยใช้ตารางงานมาตรฐานผสมเพื่อค้นหาการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกลุ่มงานที่ 7 ขึ้นชั้นในหลังบนและฟองน้ำรอบเวลาการปฏิบัติงานเท่ากับ 3.45 นาทีใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายคือ Takt Time ส่วนกลุ่มงานที่ 9 ขึ้นตอนขึ้นหน้าชั้นในซ้ายขวา+ฟองน้ำรอบเวลาการปฏิบัติงานเท่ากับ 4.50 นาทีและเมื่อเทียบกับเป้าหมายการผลิตต้องการต่อวันหรือ Takt Time อยู่ที่ 3.42 นาทีไม่สามารถผลิตได้ตามเป้าหมายที่กำหนดและค่ารอบเวลาเกินมากกว่า Takt Time จึงให้ความสนใจกับส่วนกลุ่มงานที่ 9 เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวการทำงาน



รูปที่ 10: ตารางงานมาตรฐานผสมของกลุ่มงานที่ 9 (ก่อนการปรับปรุง)

จากการศึกษาขั้นตอนที่ 9 โดยการบันทึกด้วยเครื่องมือแบบฟอร์มการวิเคราะห์กระบวนการ (PROCESS ANALYSIS FLOWCHART)

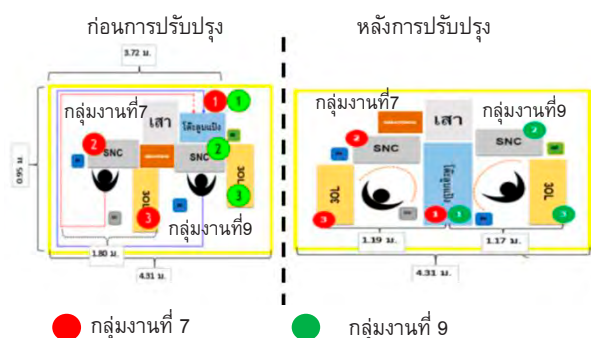
รูปที่ 10 ก่อนการปรับปรุงจะมีขั้นตอนการดำเนินงานจำนวน 6 ขั้นตอน มีขั้นตอนการแปรรูปหรือสร้างมูลค่าเพิ่มจำนวน 3 ขั้นตอนคิดเป็นร้อยละ 50 มีรอบเวลาการทำงาน 3.38 นาทีต่อชิ้นคิดเป็นร้อยละ 75 และขั้นตอนที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มเช่นการเดินคิดเป็นร้อยละ 50 ของขั้นตอนทั้งหมดระยะทางเดิน 8.98 เมตรคิดเป็นเวลาสูญเสีย 1.12 นาทีที่คิดเป็นร้อยละ 25 ของเวลาทั้งหมดคือ 4.50 นาทีต่อชิ้นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2: การวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 9 ด้วย PROCESS ANALYSIS FLOWCHART (ก่อนการปรับปรุง)

ขั้นตอนในโซ่คุณค่า+ฟองน้ำ+ฟองน้ำ	กระบวนการ	แปรรูป	ตรวจปริมาณ	ตรวจคุณภาพ	ขนถ่าย	จัดเก็บ	รองาน
จำนวนครั้ง	3	-	-	3	-	-	-
%ต่อจำนวนครั้ง	50%	-	-	50%	-	-	-
เวลาที่หมด(นาที)	3.38	-	-	1.12	-	-	-
%ต่อเวลาทั้งหมด	75%	-	-	25%	-	-	-
รายละเอียดกระบวนการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	ลำดับกระบวนการ				
			แปรรูป	ตรวจปริมาณ	ตรวจคุณภาพ	ขนถ่าย	จัดเก็บ
จุดที่ 1. อยู่เป็นต้นทางที่ทำงาน (ได้ระบุแล้ว)	0.71						
หยิบขึ้นมาจากชั้นไปยังตำแหน่งที่ 2. ตำแหน่งเครื่อง SNC	3.72	0.41					
จุดที่ 2. เบ้เต็นเสียดซ้าย ขวาใส่ฟองน้ำ ที่เครื่อง SNC	1.31						
หยิบขึ้นมาจากชั้นไปยังตำแหน่งเครื่องจักร 3OL	0.95	0.33					
จุดที่ 3. พังเต็นน้ำฟองน้ำซ้ายและขวา	1.36						
เดินหยิบขึ้นมาจากชั้นไปยังจุดที่ 4	4.31	0.38					
รวม	ระยะทาง 8.98	เวลา 4.5	3.38			1.12	

4.4) ผลแนวทางที่เป็นไปได้ในการปฏิบัติจริงเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานแบบเดิม

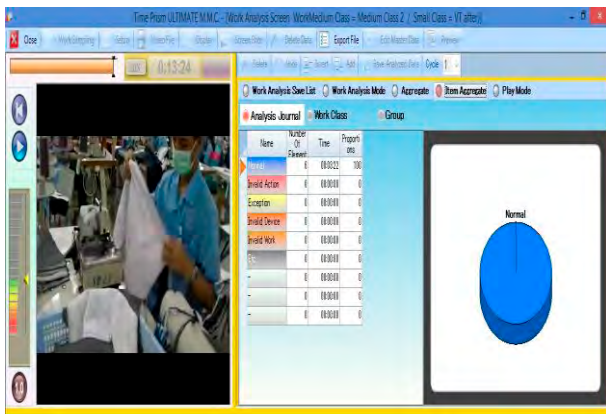
โดยการปรับเปลี่ยนแผนผังการผลิตโดยใช้หลักการขอ(R: Rearrange, S: Simplify)โดยย้ายโต๊ะและเบ้เต็นที่ต้องสูญเสียเวลาการเดินทางสำหรับใช้งานในกลุ่มงานที่ 9 มาไว้ตรงกลางเพื่อลดระยะเวลาการเดินทางและมีความสะดวกต่อการทำงานดังรูปที่ 11



รูปที่ 11: การปรับปรุงแผนผังการทำงานของกลุ่มงานที่ 9

โดยการปรับเปลี่ยนแผนผังการผลิตโดยใช้หลักการขอ(R: Rearrange, S: Simplify)โดยย้ายโต๊ะและเบ้เต็นที่ต้องสูญเสียเวลาการเดินทางสำหรับใช้งานในกลุ่มงานที่ 7 และ 9 มาไว้ตรงกลางเพื่อลดระยะเวลาการเดินทางและมีความสะดวกต่อการทำงานทั้งสองกลุ่มและทำการย้ายเครื่องจักรในกระบวนการของกลุ่มงานที่ 9 โดยสลับระหว่างขั้นตอนที่ 2 และ 3 เพื่อเพิ่มการไหลของกระบวนการทำงานของกลุ่มงานที่ 9 ให้มีเส้นทางเข้า-ออกของงานที่ชัดเจนส่งผลให้รอบเวลาการทำงานของงานกลุ่มที่ 9 ลดลงโดยการศึกษาจากการ

ถ่ายภาพวิดีโอในกลุ่มงานที่ 9 เพื่อทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Time Prism หลังการปรับปรุงได้ผลดังนี้คือ ผลจากการวิเคราะห์สภาพงานในกลุ่มงานที่ 9 พบว่าจากเดิมที่มีความสูญเสียที่เกิดจากการทำงานคิดเป็น 25% ของงานที่ทำทั้งหมดหลังการปรับปรุงโดยการปรับย้ายเครื่องจักรและปรับปรุงพื้นที่การทำงานพบว่าไม่มีการเกิดความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นคิดเป็น 0% ของการทำงานทั้งหมดดังรูปที่ 12



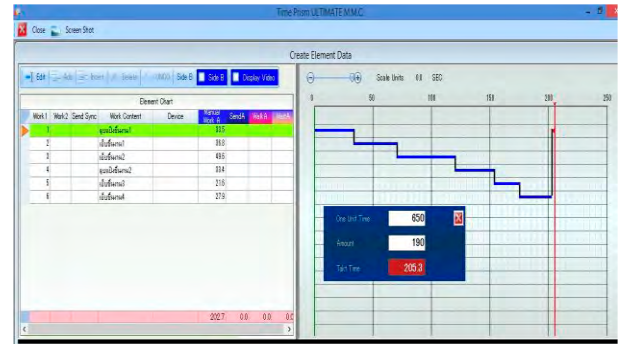
รูปที่ 12: การทำงานของกลุ่มงานที่ 9 หลังการปรับปรุง

จากรูปภาพที่ 12 การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานกลุ่มงานที่ 9 ด้วยเครื่องมือโดยการบันทึกด้วยเครื่องมือแบบฟอร์มการวิเคราะห์กระบวนการ (PROCESS ANALYSIS FLOWCHART) หลังปรับปรุงการทำงานสามารถลดเวลาการเดินทางและระยะทางการทำงาน เป็น 0% ทำให้มีเวลาจากการแปรรูปที่เกิดขึ้นคิดเป็น 100% คือใช้เวลา 3.37 นาทีต่อชิ้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: การวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 9 ด้วย PROCESS ANALYSIS FLOWCHART (ก่อนการปรับปรุง)

ขั้นตอนในสายงาน/การขนถ่าย+พองน้ำ	กระบวนการ	แปรรูป	ตรวจปริมาณ	ตรวจคุณภาพ	ขนถ่าย	จัดเก็บ	รองาน
จำนวนครั้ง	3	-	-	0	-	-	-
%ต่อจำนวนครั้ง	100%	-	-	0%	-	-	-
เวลาทั้งหมด(นาที)	3.37	-	-	0	-	-	-
%ต่อเวลาทั้งหมด	100%	-	-	0%	-	-	-
รายละเอียดกระบวนการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	ลำดับกระบวนการ				
			แปรรูป	ตรวจปริมาณ	ตรวจคุณภาพ	ขนถ่าย	จัดเก็บ
จุดที่ 1: อุณหภูมิในเตาเผาที่กำหนด (ดีวีเอม)	0.55		●	□	◇	⇒	▽
จุดที่ 2: เข็มคันลิ้นชัก ขวดใส่พองน้ำ ที่เครื่อง SNC	1.44		●	□	◇	⇒	▽
จุดที่ 3: พังเส้นผ่าพองน้ำซ้ายและขวา	1.38		●	□	◇	⇒	▽
			○	□	◇	⇒	▽
รวม	ระยะทาง	จำนวนครั้ง	3			0	
			3.37			0	

การใช้โปรแกรม Time Prism สร้างแผนภาพงานมาตรฐานเพื่อตรวจสอบกระบวนการที่มีความสูญเสียในการทำงานได้ผลดังนี้คือ จากการวิเคราะห์ผลพบว่าไม่มีความสูญเสียจากการทำงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ในการทำงานคิดเป็นร้อยละของการทำงานและสามารถลดเวลาในการสูญเสียจากการเคลื่อนที่ทั้งสิ้น 1.12 นาทีดังรูปที่ 13



รูปที่ 13: ตารางงานมาตรฐานผสมของกลุ่มงานที่ 9 (หลังปรับปรุง)

4.5) สรุปผลลัพธ์การท้าวิจัย

จากผลการดำเนินการการท้าวิจัยปรับปรุงสายการผลิตอะไหล่เสื้อแจ็คเก็ตลูกค้า Mont-Bell แผนกเย็บเมื่อเทียบผลก่อนการปรับปรุงรอบเวลาที่เป็นจุดคอขวดมีรอบเวลาสูงสุดอยู่ที่ 4.50 นาทีส่วนผลหลังการปรับปรุงรอบเวลาเท่ากับ 3.37 นาทีโดยเวลาลดลง 1.13 นาทีหรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 25.11% และเมื่อเทียบกับผลผลิตก่อนปรับปรุงผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 114 ตัวต่อวันหลังปรับปรุงผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 195 ตัวต่อวัน ผลต่างผลผลิตเพิ่มขึ้น 81 ตัวต่อวัน คิดเป็นผลผลิตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 71.05% จากสมการการคำนวณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและสรุปผลตัวชี้วัดการท้าวิจัยครั้งนี้ดังตารางที่ 4

$$\% \text{ ผลผลิตเพิ่มขึ้น} = \frac{\text{ผลต่างของการเพิ่มผลผลิต}}{\text{ผลผลิตก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

ตารางที่ 4 : สรุปผลตัวชี้วัดการท้าวิจัย

NO.	รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	เปอร์เซ็นต์
1	รอบเวลาการทำงาน (นาที)	4.50	3.37	1.13 ลดลง	25.11
2	ผลผลิต (ตัว)	114	195	81 เพิ่มขึ้น	71.05

5) สรุป

5.1) บทสรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานปรับปรุงสายการผลิตอะไหล่เสื้อแจ็คเก็ตลูกค้า Mont-Bell แผนกเย็บจากการศึกษาสภาพปัจจุบันการการตัดเย็บในสายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ตรุ่น Mont Bell มีกลุ่มการทำงานทั้งหมด 18 กลุ่มงานซึ่งความต้องการต่อวันคือ 190 ตัวต่อวันและกำหนด Takt Time อยู่ที่ 3.42 นาทีต่อชิ้น จากการศึกษพบว่ากลุ่มงานที่ 7 และกลุ่มงานที่ 9 ไม่สามารถผลิตได้ตามทันตามเวลา Takt Time ที่กำหนดไว้จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้โปรแกรม Time Prism พบว่าการทำงานมีความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนที่จึงได้นำเครื่องมือในการแก้ปัญหาคือการศึกษาลงเวลาการทำงานและการเคลื่อนไหวหลักการ 5S และการลดความสูญเสียด้วยหลักการ ECRS

ผลการปรับปรุงได้ดำเนินการปรับ LAYOUT กลุ่มงานที่ 9 เพื่อลดระยะทางในการเดินของพนักงานและปรับการเคลื่อนไหวกการทำงานให้พนักงานทำงานได้สะดวกมากขึ้นและลดการรอคอยในขั้นตอนต่อไป โดยสามารถโหลดกลุ่มงานขึ้นในชั่วโมงประกอบตัวได้ทันเวลามีผลทำให้กลุ่มงานที่ 9 ลดระยะทางการเคลื่อนที่ 8.98 เมตร สามารถลดระยะการเคลื่อนที่ได้ 100% ลดเวลาในการทำงานจากเดิมก่อนการปรับปรุงใช้เวลา 4.50 นาที เหลือเวลาในการทำงาน 3.37 นาที ลดลง 1.13 นาที ต่อชิ้นสามารถลดเวลาการทำงานได้ 25.11% ผลการปรับปรุงเฉลี่ยประสิทธิภาพและเวลาการผลิตเฉลี่ยกลุ่มงานที่ทำการปรับปรุงคือผลก่อนการปรับปรุง 114 ตัวผลหลังการปรับปรุง 195 ตัวสามารถผลิตได้เพิ่มขึ้น 80 ตัวทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 71.05%

ผลการวิจัยการปรับปรุงงานมาตรฐานด้วยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวกการทำงานด้วย Time Prism Software (กรณีศึกษาอุตสาหกรรมสิ่งทอ) ด้วยวิธีเทคนิค จับเวลาด้วยการศึกษากการทำงานจาก VDO และใช้โปรแกรม Time Prism ในการวิเคราะห์การทำงานสามารถวิเคราะห์การเคลื่อนไหวกการทำงานในแต่ละองค์ประกอบได้อย่างละเอียดและสามารถจัดทำมาตรฐานในการทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วในการจัดการข้อมูลในการดำเนินการสำหรับการปรับปรุงและผลการดำเนินการปรับปรุงโดยนำหลักการของสินค้าหรือ ECRS ในการปรับปรุงส่งผลให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ได้ศึกษาพบว่าผลการดำเนินการดังกล่าวสามารถเพิ่มผลผลิตจากเครื่องมือของการปรับปรุงได้เช่นเดียวกันแต่ต่างกันโดยวิธีการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์องค์ประกอบโดย Time Prism Software ดำเนินการที่ง่ายและสะดวกรวดเร็วต่อการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์หาประเด็นปัญหา การสอบกลับ ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการจับเวลาอย่างเดียวหรือการจับเวลาแบบเดิม

5.2) ข้อเสนอแนะจากการใช้เครื่องมือซอฟต์แวร์ Time Prism ในการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การทำงาน

การประยุกต์ใช้เครื่องมือเทคนิคการวิเคราะห์การทำงานด้วยโปรแกรมซอฟต์แวร์การวิเคราะห์งาน (Time Prism) ในการปรับปรุงการทำงานในงานปรับปรุงสายการผลิตเสื้อแจ็คเก็ตลูกกอล์ฟ Mont-Bell แผนกเย็บนั้นเนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่มีลักษณะการผลิตจำนวนมากน้อยรายการและเปลี่ยนแปลงรุ่นเร็วซึ่งต้องอาศัยการปรับปรุงโดยการจับเวลาที่รวดเร็วและการวิเคราะห์ปรับปรุงที่บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานได้ทันทีเพื่อรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงดังนั้นการใช้ซอฟต์แวร์ Time Prism การวิเคราะห์การทำงานต้องอาศัยการถ่าย VDO ของแต่ละขั้นตอนและดำเนินการวิเคราะห์ในโปรแกรมสามารถสร้างมาตรฐานการทำงาน และรอบเวลาการปฏิบัติงานที่ถูกต้องบันทึกเป็นข้อมูลที่เป็นมาตรฐานในฐานข้อมูลของแต่ละองค์ประกอบย่อยๆซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมอื่นที่ใช้ทักษะในการปฏิบัติงานและสำหรับการวิเคราะห์การทำงานที่เป็นวิทยการศึกษาพฤติกรรมการทำงานหรือในอุตสาหกรรมอื่นที่ต้องศึกษาออกแบบขั้นตอนการผลิตที่มี Order ลักษณะคงตัวและยาวนาน เพื่อจัดทำมาตรฐานและปรับปรุงขั้นตอนการทำงานที่เป็นมาตรฐานจะได้ผลที่ดียิ่งขึ้นและสามารถ

วิเคราะห์ในรายละเอียดของลำดับขั้นตอนการทำงานได้รายละเอียดที่ดีมากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลงมิได้ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนจากคณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ด้านงบประมาณงานวิจัยและผู้บริหารของสถานประกอบการคุณชัมพล โลหการักษ์พงศ์ กรรมการผู้จัดการบริษัท วี.ที. การ์เมนต์ จำกัด และเจ้าหน้าที่ที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลโดยสัมภาษณ์และการแสดงข้อมูลรวมถึงการพาเยี่ยมชมสถานที่ปฏิบัติงานและการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานตามผู้วิจัยเสนอแนะจนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายไปด้วยดี ขอขอบคุณ

REFERENCES

- [1] Thailand Textile Institute, "Thai textile and garment industry situation in September 2018." (In Thai). [Online]. Available: <https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.744.1.0.html>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [2] V. Rijiravanich, *Work study: principles and case studies*, (In Thai). 4th ed. Bangkok: Chulalongkorn University, 2005.
- [3] Toyota Motor Thailand Co., Ltd., *Toyota production System Vol.2*. Bangkok: Toyota Motor Thailand Co., Ltd., 2008.
- [4] Japan Industrial Engineering Technology, *Users' Guide Development Type Work Analysis Software (Time Prism) Ver.1.9.0*. Japan: JIET., 2014.
- [5] Siriporn Nukrob, "An Application of Toyota Production System Case study of Automotive Part Company in the Hemaraj Eastern Seaboard Pluakdeang District Rayong Province (in Thai)," Master's thesis (Logistics and Supply chain Management), Burapha University, Chonburi, Thailand, 2016.
- [6] Chakkrit Hanyala, "Developing Production Process Efficiency of Garment Factory A Case Study of Northern Airtime Company," *Industry Technology Lampang Rajabhat University*, vol. 7, no. 1, pp. 14-25, 2014.
- [7] Waraporn Wongnil, "Productivity improvement for girls dresser production process," Master's thesis (Engineering Management), Dhurakij Pundit University, Bangkok, Thailand, 2015.
- [8] Nuchsa Kriengkarakot, Preecha Kriengkarakot, Skaw Duan Phrom Thung, Wichitra Piromsuk, "Repair work Reduction in Sewing Process of the Apparel Factory." (In Thai). *Proceedings of Ubon Ratchathani University National Research Conference, 10th UBRC*, Ubon Ratchathani, July 7-8, 2016, pp. 87-96.
- [9] Niwat Dechampa, Kanchana Sethanan, "An Application of Lean Manufacturing System in The Textile of Lean Manufacturing System in the Textile and Garment Industry Case study: Wacoal Kabinburi co.,Ltd," (In Thai). *MBA-KKU Journal*, vol. 7 no. 2, pp. 13-27, 2014.

Strategic Approach to Adopt ICT in SMEs

Prajak Chertchom^{*1} Senshu Yoshii^{#2} Patsama Charoenpong^{*3} Tanasin Yatsungnoen^{*4}

^{*}*Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology*

¹prajak@tni.ac.th

³patsama@tni.ac.th

⁴tanasin@tni.ac.th

[#]*National Institute of Technology, Miyakonojo College*

²thiabzoo@gmail.com

Received: 16 November 2018; Revised: 30 May 2019; Accepted: 11 June 2019

Published online: 28 June 2019

Abstract

This study investigates the success and failure factors of ICT adoption and usage in Thailand and Japan. In addition, this research aims to establish, derive and come up with an indicative model of identified factors and framework related to successfulness in ICT adoption in SMEs. The factors affecting the risks of ICT adoption faced by SMEs organization consists of three predictors: risk assessment, clear scope of the ICT project and internal management response to project. Finding factors will help the project team estimate the effectiveness of current controls and suggests whether each ICT adoption and usage is potentially failed, potentially succeed, or potentially over-controlled.

Keywords: SMEs, ICT Adoption, Success Factors, System Development, ICT Project Management, ICT Risks

I. INTRODUCTION

Small and medium-sized enterprises (SMEs), including home businesses, are considered to be a crucial part of economic strength of any country. They use application or software as a tool to help their daily operation, such as point of sale (POS), accounting, marketing, inventory, production and web-based tasks. In addition, some SMEs use specialized business software that is designed for their specific industry. Research data from Bank of Thailand [1], show that Thai SMEs share the largest part of Thai enterprises, representing 99.7% of enterprises in Thailand. The GDP value of SMEs in 2014 was 5,212,004 million Baht. Considering in term of the country's GDP, SMEs share the largest part, representing 39.6% of GDP, which 27.8% belongs to small

enterprises and 11.8% to medium enterprises, respectively. From report of the office of SMEs promotion [2] shows that Thai SMEs still lack of awareness in using technology in their business and they believe that it increases the cost of running business rather than builds up their competitive advantage.

In addition, it is not easy for SMEs to implement and apply information system into business, as this involves complementary costs, management issues, training and organizational changes as well as direct costs of investing in hardware and software solutions. Because of the importance of SMEs' business in creating economic strength, both Thailand and Japan are very interested in finding ways to stimulate SMEs in realizing ICT adoption. Many efforts have been made through the government's subsidiary project and organization such as Software Industry Promotion Agency (SIPA) and Software Park Thailand. They still use traditional way to conduct their businesses. Therefore, this study did the first step in devising the right motivation to encourage in using ICT in SMEs by investigating success and failure factors that make us understand how to do the ICT adoption and usage in Thailand and Japan. Development of a software tool could help those working in ICT adoption to understand what they need to do in order to assess and control risks in the ICT project and comply with information system strategies.

For finding these significant factors, we reviewed previous research about success factor determinants in doing SMEs business and factors in ICT adoption for business by covering period from 1996 to 2016. It was found that there were very few

studies dealing with determining factors significant for ICT adoption in SME (as usual in the literature). Most published research studies are dealing with success factors for ERP implementation. In addition, by exploring these determinants, interviews were conducted with the SME's owners and managements from both Thailand and Japan.

II. LITERATURE REVIEWS

From [3], the factors that affect on ERP adoption in organization can be divided into two categories; "characteristics of users and the system" and "organizational issues and system development approaches". However, from our study from different domain, "the factors effected in stimulating innovation in SMEs" [4] are from both internal and external. Thus, we proposed categories in the study where internal variables referred as "characteristics of users and organizational issues" and external variables referred as "system and system development approaches".

For measurement of project success factors, we mapped "characteristics of users and organizational issues" with 7S model, the 7S model [5] suggested that coping with change, organizations need to assess their 7 core values including: structure, strategy, systems, skills, style, staff and shared values as shown in Figure 1.

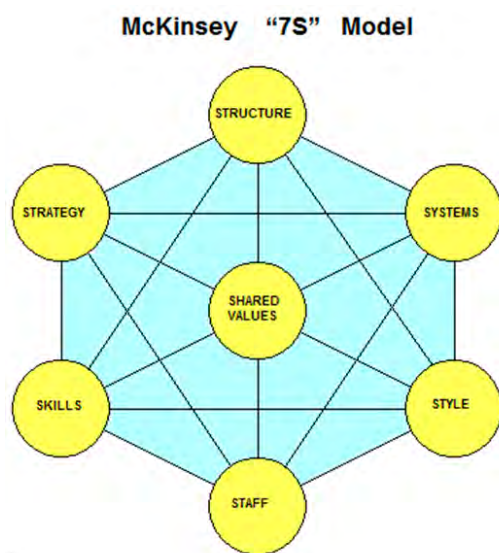


Figure 1: McKinsey 7S Framework [5]

In addition, for success of project implementation, several factors are required to examine the alignment of the project with corporate goals in order to accomplish ICT project with system scoping, system planning, system structure and strategy with risk treatment plan (RTP) [7],[8].

A. Characteristics of users and organizational issues

Our observed antecedents are associated with this 7S model's construction. The factors relating to characteristics of users and organizational issues are explained as following:

- Staff, skill, styles and shared value are considered internal approaches. Today businesses are facing with digital economy phenomenon; they have to monitor their internal operations with these 7S. Internal approaches require cooperation from all employees including executives' involvement. In practice, it is necessary to have belief, positive attitude, and positive behaviour of using ICT. Because all involvements let them clearly understanding by their own without forcing them to do without understanding. The study from OECD also confirmed that two factors that affect the success of ICT adoption are staff and skill. It was found that SMEs with 3-80 employees became success in using ICT by having staff with skills of understanding the technology. Although, SMEs can use outsource, they still need one to run daily operation [6]. Ramayah et al [9] explained in their study that one of several factors in reducing the barriers of website adoption in SMEs is the IS knowledge of IT staffs. They suggested that although firms can use outsourcing for website hosting and external solutions, they still need IS staffs for coping with daily operation. Moreover, attitudes, beliefs, procedures, and value systems of the adopter are necessary for successful implementation. Tovar [10] found an interesting point from his study that SME's manager adopted ICT because they believe that it could help improving their process and they adopt ICT because others have ICT system without a clear understanding of ICT usage. However, he stated that leadership of manager and staffs is essential for successful in technology adoption. Organizations have to create a positive climate to help ICT implementation. For shared value issue, organizations have to give knowledge and awareness to all stakeholders that using ICT could improve decision-making, resulting in better planning, profit, and staffs' happiness.

- Strategy and Style, Management Support and Business Owner involvement: Executives' support is critical issue to the successfulness of the ICT adoption in an organization. Because management's involvement has a responsibility to encourage and take care all relevant tasks in implementation an ICT system for whole project in term of supporting budget, team and rewarding. Without the support of management, the project would not be successful and it may result in timely, costly and out of schedule that lead to negative impact to an organization. Ramayah et al [9] also described in their research that business owners' IT knowledge is one of the key individual context's factors. Business owner's ICT experience is a significant relation to e-Commerce

adoption in Indonesia aligned with several past studies that reviewed by them. In addition, in another term of management "CEO", he/she is a very important person in ICT adoption, his/her positive attitude in technology perception could affect the success factors the continuity of website adoption.

B. System and System Development Approaches

- **System Scoping:** To determine a clear schedule of ICT implementation plan is the heart of project. Moreover, project scope is also important for success, too big scope of ICT project especially for SMEs is a high risk, then if SME can start from small part of system and expand it later, chance of success will be higher. Many scholars [11]-[13] agreed that work schedules with adequately defined tasks ensure the success of the project implementation. In addition, the meaning of controlling of good scope is that project have to be measured the schedule over/underrun as a percentage of the initial estimate [11].

- **System Planning:** The project management plan is also an important part of ICT adoption. For good controlling of project, SMEs need to scan the real resources and capability of an enterprise. The right time and resources should be assigned properly for suggested period of 9-12 months. Turner et al [13] explained in their research that SMEs need a lite version of project management. However, because of the need to coordinate the work of specialists, medium-sized companies need more formal processes than micro-sized and small companies do. Moreover, Munns and Bjeirmi [12] stated that the project team is the key success factor in project implementation. Because they are key persons who directly apply techniques to make sure that planning, controlling and communication systems are on plan. Thus, the project planning and team are very important to success and failure to ICT adoption process.

- **System, Structure and Skill:** The flow of communication in the successful project, a communication within project team is one of several key factors that organizations have to monitor. All stakeholders should understand how to correctly communicate formally and informally. To achieve a common understanding of the ICT adoption, project manager should contact stakeholders and update information of project regularly. Moreover, the related formal communication is required and it is one of the key significant factors that help in tuning an attitude of all stakeholders in project team [7],[8]. For Risk Assessment Strategy, SMEs have to add risk management tasks in ICT adoption project and it is important to have Risk Treatment Plan (RTP) to ensure that project leader has aware of it with risk action plan, to reduce risks. The risk management approach is a process consisting of identification, analysis, response, monitoring, and control. It was found that risk

management planning positively helps in predicting the project duration and its success. Risk management task is including of listing the characteristics of the risk management process of a particular project which involves the following issues for example "who will participate in the risk identification, which tools will be used, how should the risks be reported, who will receive this information, and what is expected of them" [13], [14].

- **System Documentation, System Development Life Cycle (SDLC):** The ICT adoption project needs documentation because it gives evidences to all project's activities not only for audit, checklist or disputes, but also for rules and regulations. It helps project running systematically and ethically. The documentation process helps team in remembering what they have done on a daily basis and also reduces confusion, conflicts with employee and misquoted information. The documentation process includes the record of incidents, meetings, history of system modification and this record could support in project implementation. In addition, if SMEs do a good documentation system, it will help in better decision making, reducing slow the process down and gives the manager time to consider what actions are appropriate. Moreover, it can help manager see the problem clearer. The most important role for documentation is to prevent a lawsuit. [15]

- **Staff: Consultant:** "A consultant is a trusted professional advisor." Hiring and maintaining full time IT staff is a very difficult task for SMEs, however, IT tasks are getting high required for today's business climate. Good IT staffs are very costly and have a high rate for turning over in job. In addition, in term of ICT project management tasks, especially in SMEs, they do not have much experienced for project controlling and performance matrix which focus on cost, time, quality and performance [16]. Thus, they need to outsource IT to trusted consultants for ICT adoption. With their singular business focus and specific knowledge, they can save money from other benefit payment such as health insurance, provident fund and vacation leave. SMEs can get efficient ICT solution without wasting time and allowing SMEs to work on other aspect of business. Thus, for avoiding a gamble on having a poor IT staff, this solution can help SMEs reach the most cutting-edge ICT solutions and techniques that keep SMEs at the forefront of their game [17].

- **Staff, Custodian and End User Involvement:** User and custodian involvement is one of the key success factors to successful system development [18]. Advanced users are able to shape ICT technologies based on their status, their needs and their ability to propose new solutions. In addition, Eichhorn [19] stated that user involvement gathering functional requirements positively impact on user satisfaction. However, many studies showed that user involvement to system success has both positive and negative

results [20]. They explained in their research that user involvement in the systems development process is very important to system success. Research team further identified several key points pertinent to making user involvement effective.

From aforementioned literature reviews, summary of factors based on categories are shown in Table I, II, and III.

TABLE I : CATEGORIES AND FACTORS EXAMINED IN THE STUDY

Category	Factors	Number of Indicators
Characteristics of users and organizational issues	1. Staff, Skill, Styles and Shared Value: Internal Approaches 2. Strategy and Style: Management Support and Business Owner involvement.	7
System and System Development Approaches	System Scoping System Planning System, Structure and Skill Strategy: Risk Assessment System Documentation: System Development Life Cycle (SDLC) Staff: Consultant Staff: Custodian and End User Involvement	37
		44

TABLE II: CATEGORIES AND FACTORS EXAMINED IN THE STUDY

Category	Factors
Internal Approach - Staff - Skill - Styles - Shared Values	Firms need cooperation from all employees including executives' involvement. Styles and Share values should be clearly understanding by their own without forcing them to do without understanding.
Strategy and Style: -Management Support -Business Owner involvement.	System Scoping System Planning System, Structure and Skill Strategy: Risk Assessment System Documentation: System Development Life Cycle (SDLC) Staff: Consultant Staff: Custodian and End User Involvement

TABLE III: Factors: System and System Development Approaches

Factors	Factors definitions
System Scoping, System Planning	A clear schedule of ICT implements.
System, Structure and Skill	System Scoping System Planning System, Structure and Skill Strategy: Risk Assessment System Documentation: System Development Life Cycle (SDLC) Staff: Consultant Staff: Custodian and End User Involvement
Strategy: Risk Assessment	A process consisting of identification, analysis, response, monitoring, and control.
System Documentation: System Development Life Cycle (SDLC)	An evidence to all project's activities.
Staff: Consultant	Trusted consultants who are clean in ICT adoption.
Staff: Custodian and End User Involvement	User involvement in ICT project.

III. METHODS

The research design for this study follows procedures suggested in Business Research Method [21]. First, based upon the objectives of this research, research team selected industry sector for narrowed samples. Second, research team applied both quantitative and qualitative research methodologies for conducting this research for finding success and failure factors in ICT adoption for SMEs.

The data in this research were collected from both Thai and Japanese SMEs, depending on 2 main characteristics of each country such as number of employees, fixed assets. The data were collected by Google form survey and by interviewing over the period from the beginning of 2016 to the end of 2016.

The classification of small and medium sized enterprises is based on the Promotion of SMEs by the Small and Medium Enterprise Promotion Act 2000 (2010) which is presented below in Table IV.

TABLE IV: CLASSIFICATION OF SAMLL AND MEDIUM SIZED ENTERPRISES

Type of Business	Small	Medium
	Employees, Fixed Assets (Baht)	
Manufacturing	<50, <50 Million	>50<200, >50 Million < 200 Million
Service	<50, <50 Million	>50<200, >50 Million < 200 Million
Wholesale	<25, <50 Million	>50 Million < 100 Million
Retail	<15, <30 Million	>30 Million < 60 Million

Our proposed research framework is presented as follows:

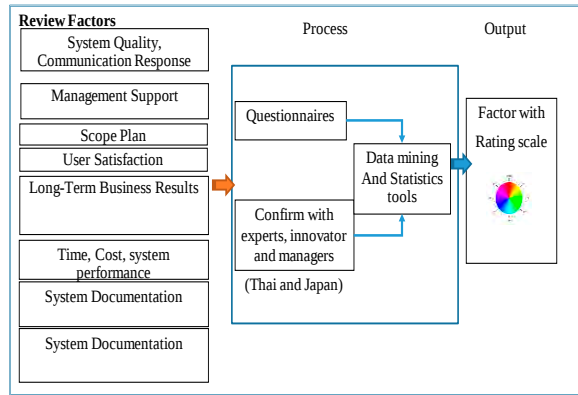


Figure 2: Research framework

From Figure 2, samples of questionnaires were a group of SMEs that are in food, supplement, automotive assembly line, manufacturing with R&D and retail store. Population is the Thai and Japanese SMEs that are 2.74 million [2] and 4.7 Million which equals to 7,429,609. The questionnaires' target group were both Thai SMEs and Japanese's SMEs. From the Yamane formula, in case of population over 100,000 units, the minimum of 400 samples are required. Thus, data collection was planned to gather 350 survey data from Thai SMES and 50 survey data from Japanese SMEs. In addition, an in-depth interviews were also conducted in this study with 3 companies in Thailand and 5 companies in Japan. After data cleansing and examining, 404 firms were used in this research. The response rate for the service sector was 37.9%, while the response rate for the manufacturing sector was 17.6%, whereas 20.8% was from retails and wholesale.

In this study, we defined a list of possible factors that have potential success in ICT adoption. Our objective is to find those factors that have significant impact on ICT adoption in SMEs organization.

The study approach in this study starts with several data analysis methods as following;

1) Analytic Induction: after research team have collected data, then research team created a temporary concluded data for illustration of the relationship of preliminary factors.

2) Typological Analysis: by organizing information into categories.

3) Data analysis and data interpretation with statistical tool [22] and data analytics using classifying tree. A CHAID [23] classification tree is one of decision tree. CHIAD uses chi-square statistical test to limit tree growth. If the chi-square test is significant, a new partition (child node) is created. Branch splitting stops when purity improvement is not statistically significant. This method for the best split is often based on the degree of impurity of the child nodes. The following is formulation that used for impurity.

The Bonferroni multiplier B is the number of possible ways that I categories can be merged into r categories. For $r = I$, $B = 1$. For $2 \leq r < I$, use the following equation

$$B = \begin{cases} \binom{I-1}{r-1} & \text{Ordinal predictor} \\ \sum_{v=0}^{r-1} (-1)^v \frac{(r-v)^1}{v!(r-v)!} & \text{Nominal predictor} \\ \binom{I-2}{r-2} + r \binom{I-2}{r-1} & \text{Ordinal with a missing category} \end{cases}$$

IV. RESULTS

Bivariate relationships between independent factors and dependent variables was applied for our examining and it shows that factors that highly impact to success in ICT adoption, after training available, system improvable (adaptable), system data supporting business decision and user's self-report generating from system as shown in table V.

TABLE V: RELATIONSHIP BETWEEN FACTORS AND SATISFACTION IN
ICT ADOPTION

Factors	ICT Adoption Satisfaction
Internal management support	.463
Internal management motivation	.393
Internal management plan	.463
Internal management scope	.425
Internal management duty	.429
Internal management response	.463
Internal management follow-up	.413
User understanding scope	.481
User involved in plan	.455
User involved in project	.460
User involved in design	.418
User involved in scope	.449
User involved in test	.406
User involved in audit	.468
User involved in result follow-up	.432
Project align vision	.483
Project align target	.448
Project align strategy	.439
Project align business requirement	.454
Project clear activity	.483
Project clear schedule	.508
Project clear scope	.495
Project communicate clear on duty	.409
Project communicate clear on response	.476
Project owner clear on project duty	.391
Self-document generating	.501
Document problem solve by yourself	.457
System consult by yourself	.474
System suggestion by yourself	.454
Data support business decision	.508
Accuracy Data	.449
Data support all processes	.382
Data support all departments	.487
Administrator know system	.493
Administrator solve system problem	.491
consult available	.425
Training available	.472
Time allocation available	.476
After Training available	.545
Continuous improve available	.531
System know by yourself	.495

Although factors used in this research based on previous work from large business environments, our data also support that if software vendor provides training service, this can increase a success in adoption an ICT project.

In this research, we do not observe the relation between each factor to the real success in implementation due to limited of time. However, we used classification techniques for predicting data sets. This tree algorithm can be used to identify a model that best fit the relationship between factors and class label of the data.

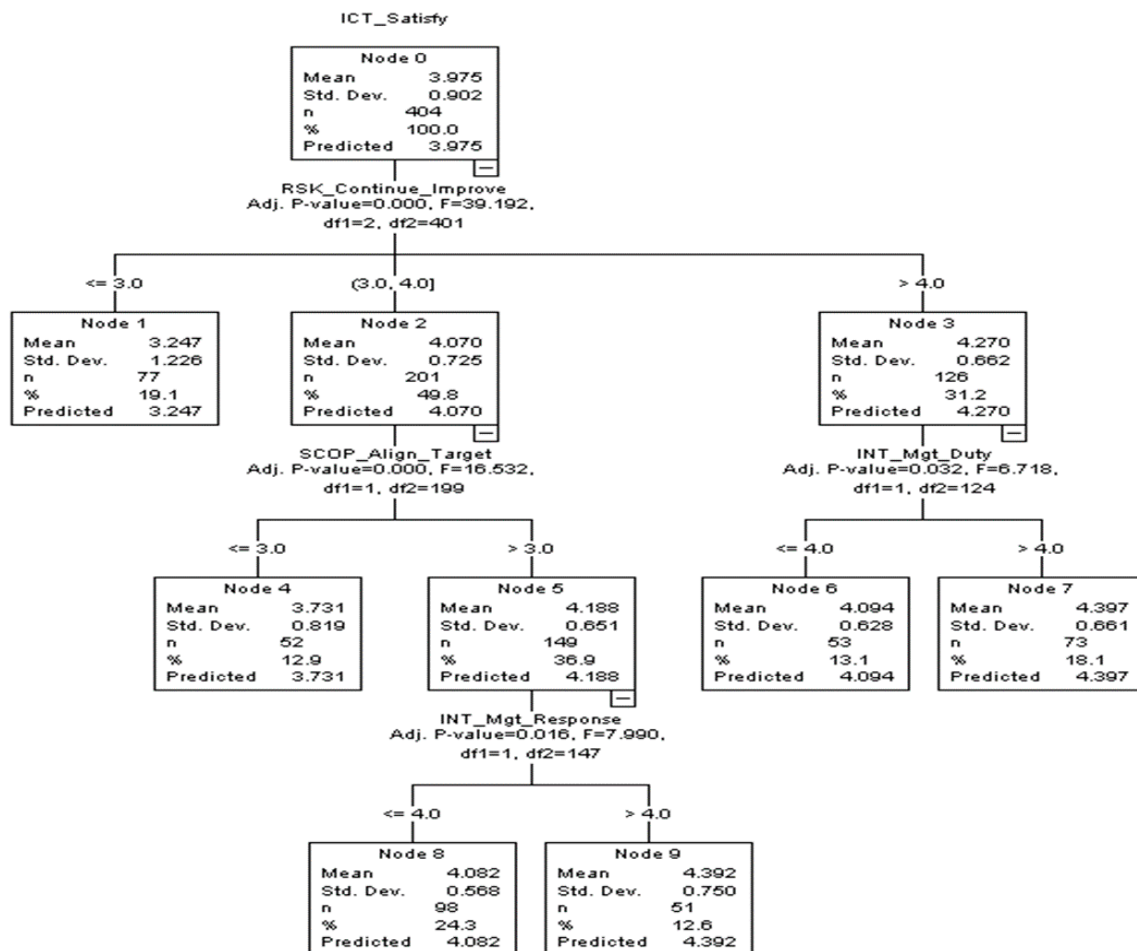


Figure 3: Classification by Tree

From our visual trees, it shows the relationships that are hidden in our data set. The figure 3 presented all possible splits for each predictor. From using the CHAID method, management response in project is the best predictor of success factor for ICT adoption in SME organization since there are no child nodes below it, this is considered a terminal node.

From this model, it includes three predictors: Risk Assessment, Clear Scope of the ICT project and Internal Management Response to project.

It implies that for successfully implementing ICT project, we should consider on these three factors respectively.

TABLE VI: RISK ESTIMATION VIEW

Estimate	Std. Error
.644	.080

Growing Method: CHAID Dependent Variable: ICT Satisfaction

The estimation of the risk is reflected as 0.644 or 64.4%. This value shows that the "risk" of misclassifying for the ICT adoption success factors is approximately 64.4%. It can explain that SME organization's management decision generally based on owner. Thus, this value may imply for this situation in adoption ICT project.

V. CONCLUSION, DISCUSSION AND FUTURE WORK

This study did an exploratory research using both quantitative and qualitative method to find and draw the modelling framework of factors that affected to successful adoption of ICT in SME companies. The result reveals that the small and medium firms have low usage due to the high cost of required investment, limited of skill and knowledge to ICT. The finding further indicates that SMEs considers software that has a training support as well as an ability to modify software if needed. This finding requires government to formulate policies that address these barriers. The following are derived from the study

1. SMEs are still unclear about the benefits of ICT and risk in adoption. Thus, risk management should be applied to project to make sure on concrete and realistic targets.

2. ICT training is required for adoption both before and after.

3. Clear scope of ICT project is also needed.

Thus, government can help SMEs by further offering subsidies and encouraging SMEs for ICT training. Moreover, government should partner with big ICT companies to provide technical expertise, training workshops as well as pre-diagnostics for ICT adoption project.

The future study will focus on different group, industry and country for analyse how it different from finding results in this research. In addition, this study will continue to propose and apply results to SMEs promotion policy for both private and public sectors. Finally, researcher will develop interactive software tool prompts managements to collect real significant factors in ICT project with decision support whether they need to be doing more to control the risks of the ICT adoption and usage in SMEs. The future software tool will help the project team make a decision to manage the ICT project quickly and easily.

ACKNOWLEDGMENT

This research is a co-operative work between Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology and National Institute of Technology (NIT), Miyakonojo College. This paper funded by Thai-Nichi Institute of Technology and supported by JSPS KAKENHI Grant Number 15KK0105 for conducting a research in Japan during September 8-12, 2016. In addition, research team received a kind help in questionnaire survey from HIGASHI SHINKIN bank, Tokyo, Japan.

REFERENCES

- [1] J. Eaempoom and A. Tangviroon, "SMEs Statistic in Thailand," *Bank of Thailand*, [Online]. Available: https://www.bot.or.th/Thai/Statistics/Articles/DocLib_StatinFocus/SMEs.pdf [Accessed: 22-May-2018].
- [2] OSMEP Thailand, "E-BUSINESS AND SMEs," [Online]. Available: <http://www.oecd.org/cfe/smes/31919255.pdf> [Accessed: 2-May-2018].
- [3] G. K. Winley and S. Nontakao, "Factors Affecting the Success of Enterprise Resource Planning Systems in Thailand," *Science, Engineering and Health Studies*, vol. 9, No. 2, pp. 20-39, 2015.
- [4] J. A. Keizer, L. Dijkstra, and J. I. M. Halman, "Explaining innovative efforts of SMEs.: An exploratory survey among SMEs in the mechanical and electrical engineering sector in The Netherlands," *Technovation*, vol. 22, no. 1, pp. 1-13, Jan. 2002.
- [5] D. Peter F., *Innovation and entrepreneurship*. London: Routledge, 2015.
- [6] Organisation For Economic Co-operation And Development, "ICT,E-BUSINESS AND SMEs," in *Promoting entrepreneurship and innovative SMEs in a global economy: towards a more responsible and inclusive globalization*, Istanbul, Turkey, 2004.
- [7] A. Jaafari, and K. Manivong, "Towards a smart project management information system," *International journal of project management*, Vol. 16 no. 4, pp. 249-265, 1998.
- [8] C. Bredillet, F. Yatim, and P. Ruiz, "Project management deployment: The role of cultural factors," *International Journal of Project Management*, Vol. 28, No. 2, pp. 183-193, 2010.
- [9] T. Ramayah, N.S. Ling, S.K. Taghizadeh and S.A. Rahman, "Factors influencing SMEs website continuance intention in Malaysia," *Telematics and Informatics*, Vol. 33, No. 1, pp. 150-164, 2016.
- [10] A. Tovar, "SME Technology attitudes and beliefs: An exploratory study of information technology adoption behavior," Ph.D. dissertation (Information Systems and Technology), University of Phoenix, Phoenix, United States, 2012.
- [11] A. De Wit, "Measurement of project success," *International journal of project management*, Vol.6, No. 3, pp.164-170, 1988.
- [12] A.K. Munns, and B.F. Bjeirmi, "The role of project management in achieving project success," *International journal of project management*, Vol.14, No. 2, pp. 81-87, 1996.
- [13] R. Turner, A. Ledwith and J. Kelly, "Project management in small to medium-sized enterprises: Matching processes to the nature of the firm," *International journal of project management*, Vol. 28, No. 8, pp. 744-755, 2010.
- [14] K. De Bakker, A. Boonstra and H. Wortmann, "Does risk management contribute to IT project success? A meta-analysis of empirical evidence," *International Journal of Project Management*, Vol. 28, No. 5, pp. 493-503, 2010.
- [15] X. Xin. "Document Management in Project Development," in *4th International Conference on Education, Management, Arts, Economics and Social Science (ICEMAESS 2017)*, Sanya, China, 2017.
- [16] F. Hartman and R. Ashrafi, "Development of the SMARTTM Project Planning framework," *International Journal of Project Management*, Vol. 22 No. 6, pp. 499-510, 2004.
- [17] Paragon, "10 Benefits of working with an IT consultant." [Online]. Available: <http://www.paragon.net/benefits-it-consultant> [Accessed: 22-May-2018].
- [18] B. M. Sadowski, "Advanced users and the adoption of high speed broadband: Results of a living lab study in the Netherlands," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 115, pp. 1-14, Feb. 2017.
- [19] B. R. Eichhorn, "The impact of user involvement on information system projects." [Online]. Available: https://etd.ohiolink.edu/etd.send_file?accession=csu1410793063&disposition=inline [Accessed: 20-May-2018].
- [20] M. A. Harris, and H.R. Weistrofferv, "A new look at the relationship between user involvement in systems development and system success," *Communications of the Association for Information Systems*, Vol. 24, No. 1, pp. 739-756, 2009.
- [21] J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*, 4th ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.
- [22] H. F. Kaiser, "The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis," *Psychometrika*, vol. 23, no. 3, pp. 187-200, Sep. 1958.
- [23] IBM, "IBM SPSS Modeller 17 Algorithms Guide." [Online]. Available: <http://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/modeler/17.0/en/AlgorithmsGuide.pdf>. [Accessed: 22-May-2018].

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อลงตีพิมพ์

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารวิชาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น บทความที่นำเสนอจะต้องพิมพ์เป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษ ตามรูปแบบที่กำหนด และพร้อมที่จะนำไปตีพิมพ์ได้ทันที การเสนอบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร มีรายละเอียดดังนี้

1. หลักเกณฑ์การพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์

1.1 เป็นบทความที่ไม่ได้อยู่ระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ หรือไม่ได้อยู่ระหว่างการพิจารณาของสื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ และไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ หากตรวจสอบพบว่ามีงานตีพิมพ์ซ้ำซ้อน ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว

1.2 เป็นบทความที่แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีคุณค่าทางวิชาการ มีความสมบูรณ์ของเนื้อหา และมีความถูกต้องตามหลักวิชาการ

1.3 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จะต้องผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) อย่างน้อย 2 ท่านต่อบทความ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิอาจให้ผู้เขียนแก้ไขเพิ่มเติมหรือปรับปรุงบทความให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.4 กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขรูปแบบบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ตามที่เห็นสมควร

1.5 บทความ ข้อความ ภาพประกอบ และตารางประกอบ ที่ตีพิมพ์ลงวารสารเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบใดๆ ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว

1.6 ต้องเป็นบทความที่ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ ไม่ลอกเลียน หรือตัดทอนข้อความของผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

1.7 หากเป็นงานแปลหรือเรียบเรียงจากภาษาต่างประเทศ ต้องมีหลักฐานการอนุญาตให้ตีพิมพ์เป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

1.8 ต้องมีการอ้างอิงที่ถูกต้อง เหมาะสมก่อนการตีพิมพ์ ซึ่งเป็นความรับผิดชอบของเจ้าของผลงาน

1.9 บทความที่ส่งถึงกองบรรณาธิการ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่ส่งคืนผู้เขียน

2. รูปแบบการกลั่นกรองบทความก่อนลงตีพิมพ์ (Peer-review)

ในการประเมินบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิเป็นการประเมินแบบ Double-blind peer review คือ ผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อและรายละเอียดของผู้เขียนบทความ และผู้เขียนบทความไม่ทราบชื่อและรายละเอียดของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ประเภทของบทความที่รับพิจารณาตีพิมพ์

นิพนธ์ต้นฉบับต้องเป็นบทความวิจัย ประกอบด้วย บทคัดย่อ บทนำ วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและอภิปรายผล และเอกสารอ้างอิง

หมายเหตุ : บทความภาษาไทยต้องมีบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้บทคัดย่อภาษาไทยก่อนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ บทความภาษาอังกฤษไม่ต้องมีบทคัดย่อภาษาไทย

* เอกสารอ้างอิง เป็นการบอกรายการแหล่งอ้างอิงที่มีการอ้างอิงในเนื้อหาของงานเขียน

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

4. จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการ

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ได้คำนึงถึงจริยธรรมในการตีพิมพ์บทความ โดยจริยธรรมและบทบาทหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้อง มีดังนี้

4.1 บทบาทและหน้าที่ของผู้นิพนธ์

1. ผลงานที่ส่งมาให้พิจารณานั้น ต้องเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. ในกรณีที่มีการนำข้อมูลของผู้อื่นมาใช้ ผู้นิพนธ์ต้องอ้างอิงผลงานนั้น รวมทั้งต้องจัดทำรายการอ้างอิงในส่วนท้ายบทความ
3. ผู้นิพนธ์ต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น โดยไม่มีการให้ข้อมูลอันเป็นเท็จ หรือ บิดเบือนข้อมูล
4. ผู้นิพนธ์ต้องดำเนินการจัดทำบทความตามข้อกำหนดของกองบรรณาธิการวารสาร ซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดได้จากเมนู Author Guidelines ในเว็บไซต์ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/TNIJournal>
5. หากมีแหล่งเงินทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้นิพนธ์ต้องระบุแหล่งเงินสนับสนุนนั้นด้วย
6. หากมีผลประโยชน์ทับซ้อน ผู้นิพนธ์ต้องเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับผลประโยชน์ทับซ้อนนั้น

4.2 บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการต้องพิจารณาคุณภาพของบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร
2. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้นิพนธ์ และข้อมูลของผู้ประเมินแก่บุคคลอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้อง
3. บรรณาธิการต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ และผู้ประเมินบทความ
4. หากเกิดความไม่แน่ใจหรือสงสัย บรรณาธิการต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยนั้น และไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความเพราะความสงสัยของตนเอง
5. หลังจากที่ยื่นบทความผ่านกระบวนการประเมินโดยผู้ประเมิน บรรณาธิการต้องคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์ โดยพิจารณาจากควมมีประโยชน์ ความทันสมัย ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหาบทความ กับนโยบายของวารสาร
6. บรรณาธิการต้องใช้โปรแกรมที่เชื่อถือได้ในการตรวจสอบการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าทุกบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารไม่ได้คัดลอกผลงานของผู้อื่น
7. บรรณาธิการต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆ กับผู้นิพนธ์ และผู้ประเมินบทความ
8. หากพบว่า มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการพิจารณาบทความ และติดต่อผู้นิพนธ์ เพื่อให้ผู้นิพนธ์ได้ชี้แจง และนำข้อมูลการชี้แจงนั้นมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจ “ดำเนินการกระบวนการพิจารณาบทความต่อ” หรือ “หยุดกระบวนการพิจารณาบทความ”

4.3 บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับ โดยไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความที่ส่งมาพิจารณาแก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง
2. เมื่อได้รับบทความจากบรรณาธิการ และผู้ประเมินบทความ เห็นว่าตนเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ อย่างเช่น รู้จักกับผู้นิพนธ์เป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่นๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ดำเนินการประเมินได้อย่างอิสระ ผู้ประเมินควรปฏิเสธการประเมินบทความนั้น และแจ้งเหตุผลให้บรรณาธิการทราบ

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

3. ผู้ประเมินควรระบุบทความที่ผู้นิพนธ์ไม่ได้อ้างถึง แต่มีความสำคัญและสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน นอกจากนี้หากพบว่าบทความมีความเหมือน หรือซ้ำซ้อนกับบทความอื่น ผู้ประเมินต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
4. ผู้ประเมินบทความ ควรพิจารณาประเมินบทความเฉพาะในสาขาวิชาที่ตนเองมีความเชี่ยวชาญ โดยควรพิจารณาคุณภาพของบทความ และความสำคัญของบทความที่มีต่อสาขาวิชานั้น
5. ผู้ประเมินบทความไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีหลักฐานรองรับมาตัดสินบทความนั้น

5. ข้อกำหนดการจัดพิมพ์ต้นฉบับบทความ

ผู้เขียนต้องจัดพิมพ์บทความตามข้อกำหนดเพื่อให้มีรูปแบบการตีพิมพ์เป็นมาตรฐานแบบเดียวกัน ดังนี้

5.1 ขนาดของกระดาษ ให้ใช้ขนาด A4

5.2 กรอบของข้อความ ระยะห่างของขอบกระดาษด้านบน 2.5 ซม. (0.98”) ด้านล่าง 2 ซม. (0.79”) ด้านซ้าย 2 ซม. (0.79”) ด้านขวา 2 ซม. (0.79”) รูปแบบการพิมพ์เป็นแบบ 2 คอลัมน์ แต่ละคอลัมน์ กว้าง 8.2 ซม. (3.23”) ระยะห่างระหว่างคอลัมน์ 0.6 ซม. (0.24”)

5.3 ระยะห่างระหว่างบรรทัด หนึ่งช่วงบรรทัดของเครื่องคอมพิวเตอร์ (Single)

5.4 ตัวอักษร รูปแบบของตัวอักษรให้ใช้บราววัลเลีย นิว (Browalia New)

5.5 รายละเอียดต่าง ๆ ของบทความ กำหนดดังนี้

- ❖ ชื่อเรื่อง (Title) ขนาด 22 ตัวหนา กำหนดกึ่งกลาง
- ❖ ชื่อผู้เขียน (Author) ขนาด 13 ตัวธรรมดา กำหนดกึ่งกลาง
- ❖ ที่ติดต่อผู้เขียน ขนาด 12 ตัวเอน กำหนดกึ่งกลาง
- ❖ E-mail ใช้ตัวอักษร Courier ขนาด 9 ตัวธรรมดา กำหนดกึ่งกลาง
- ❖ บทคัดย่อ (Abstract) ขนาด 11 ตัวหนาและเอน กำหนดชิดซ้าย ข้อความในบทคัดย่อ ขนาด 11 ตัวธรรมดา
- ❖ คำสำคัญ (Keywords) ให้ใส่คำสำคัญ 4-5 คำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับบทความที่นำเสนอ โดยให้จัดพิมพ์ใต้บทคัดย่อ ขนาด 11 ตัวหนาและเอน กำหนดชิดซ้าย ข้อความในคำสำคัญ ขนาด 11 ตัวธรรมดา
- ❖ รูปแบบการพิมพ์เนื้อหาของบทความ
 - หัวข้อหลัก ประกอบด้วย บทนำ (Introduction) วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives) วิธีดำเนินการวิจัย (Methods) ผลการวิจัย (Results) สรุปและอภิปรายผล (Conclusions and Discussion) เอกสารอ้างอิง (References) ขนาด 12 ตัวธรรมดา กำหนดกึ่งกลาง และมีเลขกำกับ เช่น 1) บทนำ และ I. Introduction เป็นต้น
 - หัวข้อรอง ระดับที่ 1 ขนาด 12 ตัวเอน กำหนดชิดซ้าย
 - หัวข้อรอง ระดับที่ 2 ขนาด 12 ตัวเอน กำหนดชิดซ้ายและเลื่อนเข้ามา 0.5 cm
 - เนื้อเรื่อง ขนาด 10 ตัวธรรมดา
 - ชื่อตาราง ขนาด 12 ตัวธรรมดา กำหนดกึ่งกลาง และใส่ชื่อเหนือตาราง
 - หัวข้อในตาราง ขนาด 11 ตัวหนา กำหนดกึ่งกลาง เนื้อหาในตาราง ขนาด 11 ตัวธรรมดา
 - ชื่อภาพประกอบ ขนาด 10 ตัวธรรมดา กำหนดกึ่งกลาง และใส่ชื่อใต้ภาพ
 - เนื้อหาในภาพประกอบ ขนาด 11 ตัวธรรมดา

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

5.6 เอกสารอ้างอิง

- ❖ การอ้างอิงในบทความใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข ตามมาตรฐานสากล โดยใช้หมายเลขในเครื่องหมายก้ามปู [] โดยมีตัวอย่างการเขียน เช่น [1] หรือ [2] หรือ [1], [2] หรือ [1], [3]–[8] หรือ [9], [10], [15], [16] หากมีการอ้างอิงซ้ำบทความเดิมให้ใช้หมายเลขเดิม
- ❖ รูปแบบของตัวอักษรและขนาดในเนื้อหาการอ้างอิงท้ายบทความ ขนาด 10 ตัวธรรมดา
- ❖ การอ้างอิงท้ายบทความ จะต้องเรียงตามลำดับบทความที่เขียนอ้างอิงในเนื้อเรื่อง และใช้การอ้างอิงตามรูปแบบของ IEEE โดยจะต้องเขียนเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น หากบทความอ้างอิงมาจากบทความภาษาไทย ต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง ซึ่งจำแนกรูปแบบการเขียนอ้างอิงส่วนท้ายบทความตามประเภทต่างๆ ดังเช่นตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการเขียนอ้างอิงท้ายบทความ

อ้างอิงจากวารสาร (Journals)

รูปแบบ (Format) : J. K. Author, "Name of paper," Title of Journal, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, year.

ตัวอย่าง (Example) : D. L. K. Tay and C. T. Tam, "In situ investigation of the strength of deteriorated concrete," Construction and Building Materials, vol. 10, pp. 17-26, 1996.

อ้างอิงจากหนังสือ (Books)

รูปแบบ (Format) : J. K. Author, "Title of chapter in the book," in Title of His Published Book, xth ed. City of Publisher, Country if not USA: Abbrev. of Publisher, year, ch. x, sec. x, pp.xxx-xxx.

ตัวอย่าง (Example) : L. Stein, "Random patterns," in Computers and You, J.S. Brake, Ed. New York: Wiley, 1994, pp. 55-70.

อ้างอิงจากการประชุมทางวิชาการ (Conference Technical Articles)

รูปแบบ (Format) : J. K. Author, "Title of paper," in Unabbreviated Name of Conf., City of Conf., Abbrev. State (if given), year, pp. xxx-xxx

ตัวอย่าง (Example) : J. K. Pink, "Article Title," in Proc. International Conference on Green Computing, Paris, France, Jan. 2012, pp. 50-55.

อ้างอิงจากเว็บไซต์ (Website)

รูปแบบ (Format) : J. K. Author. (year, month day). Title (Edition) [Type of medium]. Available: [https://www.\(URL\)](https://www.(URL))

ตัวอย่าง (Example) : R. Good. (2011, Feb 10). Computers (2nd ed.) [Online]. Available: <https://www.computers.com>

อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์/สารนิพนธ์ (Thesis and Dissertations)

รูปแบบ (Format) 1 : J. K. Author, "Title of Thesis," M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

ตัวอย่าง (Example) 1 : N. Kawasaki, "Parametric Study of Thermal and chemical non equilibrium nozzle flow," M.S.thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562

รูปแบบ (Format) 2 : J. K. Author, "Title of dissertation," Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev.Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

ตัวอย่าง (Example) 2 : J. O. Williams, "Narrow-band analyzer," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993.

6. วิธีการจัดส่งบทความ

6.1 ผู้เขียนส่งบทความออนไลน์ได้ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/TNIJournal>

6.2 ผู้เขียนจะต้องจัดส่งบทความต้นฉบับจำนวน 1 ชุดด้วยไฟล์ .doc หรือ .docx และ .pdf พร้อมแนบแบบฟอร์มการส่งบทความ วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 1 ชุด ทางอีเมล journaleng@tni.ac.th

เมื่อกองบรรณาธิการได้รับบทความจะดำเนินการส่งบทความเสนอผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความและแจ้งผลการพิจารณาให้ผู้เขียนบทความทราบ สำหรับบทความที่ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิแล้วจะได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารเพื่อเผยแพร่ต่อไป

หมายเหตุ

1. ในการตีพิมพ์ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562 วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี จะดำเนินการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเขียนบทความ โดยท่านสามารถดาวน์โหลดรูปแบบการเขียนบทความและติดตามความเคลื่อนไหวได้ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/TNIJournal>

2. ตามประกาศสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ฉบับที่ 080/2561 ลงวันที่ 7 กันยายน 2561 เรื่องการเก็บค่าสมาชิกรายปี ค่าอ่านประเมินบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และค่าตีพิมพ์บทความลงในวารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีการกำหนดอัตราค่าใช้จ่าย ดังนี้

2.1 ค่าสมาชิกวารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี อัตรา 500 บาท ต่อปี

2.2 ค่าอ่านประเมินบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จ่ายเมื่อส่งบทความ และผ่านการพิจารณาเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ อัตรา 2,500 บาท ต่อ บทความ 1 เรื่อง

2.3 ค่าตีพิมพ์บทความในวารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จ่ายเมื่อได้รับความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ อัตรา 1,500 บาท ต่อ บทความ 1 เรื่อง

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562



แบบฟอร์มการส่งบทความ วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) :

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ) :

ผู้เขียน (ลำดับที่ 1)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)

ตำแหน่ง :

ที่อยู่หน่วยงาน :

โทรศัพท์.....โทรสาร.....e-mail.....

ผู้เขียน (ลำดับที่ 2)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)

ตำแหน่ง :

ที่อยู่หน่วยงาน :

โทรศัพท์.....โทรสาร.....e-mail.....

ผู้เขียน (ลำดับที่ 3)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)

ตำแหน่ง :

ที่อยู่หน่วยงาน :

โทรศัพท์.....โทรสาร.....e-mail.....

“ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) ขอรับรองว่า บทความที่เสนอมานี้ ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม ขอมอบลิขสิทธิ์บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ให้แก่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และยอมรับในหลักการพิจารณาต้นฉบับ โดยยินยอมให้กองบรรณาธิการ มีสิทธิ์พิจารณาตรวจแก้ไขต้นฉบับได้ตามที่เห็นสมควร ทั้งนี้ หากในบทความมีข้อความ ตาราง หรือภาพประกอบ ที่จะผลิตลิขสิทธิ์ของบุคคลหรือหน่วยงานอื่น ให้ถือเป็นความรับผิดชอบของข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมแต่เพียงฝ่ายเดียว”

ลงชื่อ.....

()

...../...../.....

วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2562

"สร้างนักคิด ผลิตภัณฑ์ สร้างนักประดิษฐ์ ผลิตภัณฑ์บริหาร"

คณะวิศวกรรมศาสตร์

หลักสูตรระดับปริญญาตรี

- หลักสูตรวิศวกรรมยานยนต์ (Automotive Engineering, B.Eng. : AE)
- หลักสูตรวิศวกรรมการผลิต (Production Engineering, B.Eng. : PE)
- หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (Computer Engineering, B.Eng. : CE)
- หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหกรรม (Industrial Engineering, B.Eng. : IE)
- หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering, B.Eng. : EE)
- International Program (Digital Engineering, B.Eng. : DGE)

หลักสูตรระดับปริญญาโท

- หลักสูตรเทคโนโลยีวิศวกรรม (Engineering Technology, M.Eng. : MET)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

หลักสูตรระดับปริญญาตรี

- หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology, B.Sc. : IT)
- หลักสูตรเทคโนโลยีมัลติมีเดีย (Multimedia Technology, B.Sc. : MT)
- หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ (Business Information Technology, B.Sc. : BI)
- หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัลทางสื่อสารมวลชน (Digital Technology in Mass Communication, B.Sc. : DC)
- International Program (Data Science and Analytics, B.Sc. : DSA)

หลักสูตรระดับปริญญาโท

- หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology, M.Sc. : MIT)

คณะบริหารธุรกิจ

หลักสูตรระดับปริญญาตรี

- หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิต (Management of Production Technology and Innovation, B.B.A. : MI)
- หลักสูตรบริหารธุรกิจญี่ปุ่น (Japanese Business Administration, B.B.A. : BJ)
- หลักสูตรการจัดการธุรกิจระหว่างประเทศ (International Business Management, B.B.A. : IB)
- หลักสูตรการบัญชี (Accountancy, B.Acc. : AC)
- หลักสูตรการจัดการทรัพยากรมนุษย์แบบญี่ปุ่น (Japanese Human Resources Management, B.B.A. : HR)
- หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (Logistics and Supply Chain Management, B.B.A. : LM)
- หลักสูตรการตลาดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Marketing, B.B.A. : CM)
- หลักสูตรการจัดการการท่องเที่ยวและบริการเชิงนวัตกรรม (Innovative Tourism and Hospitality Management, B.B.A. : TH)
- International Program (International Business Management, B.B.A. IBM)

หลักสูตรระดับปริญญาโท

- หลักสูตรนวัตกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม (Innovation of Business and Industrial Management, M.B.A. : MBI)
- หลักสูตรบริหารธุรกิจญี่ปุ่น (Japanese Business Administration, M.B.A. : MBJ)

☼	Improving the Performance of an Image Classification with Convolutional Neural Network Model by Using Image Augmentations Technique	59
	Pimpa Cheewaparakobkit	
☼	Research Kaizen of Standardized Work Analysis with Motion Study by Time Prism Software (Case study: Textile Industry)	65
	Vithinut Phakphonhamin	
☼	Strategic Approach to Adopt ICT in SMEs	73
	Prajak Chertchom, Senshu Yoshii, Patsama Charoenpong, Tanasin Yatsungnoen	