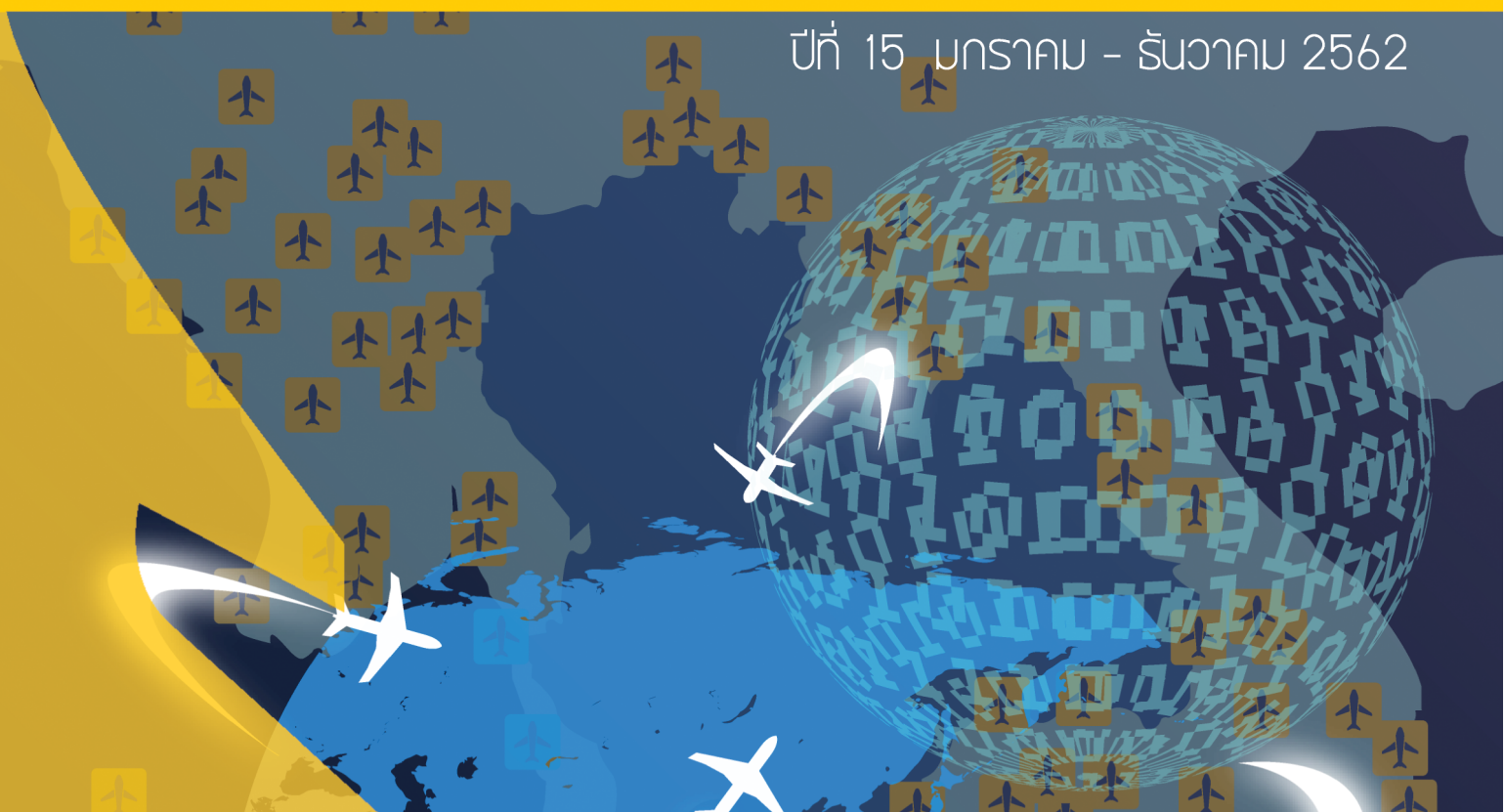
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ
NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISSN 2651-1134

ปีที่ 15 มกราคม - ธันวาคม 2562



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ปีที่ 15 มกราคม – ธันวาคม 2562

NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณค่าแก่ผู้ที่สนใจ
2. เพื่อเป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าผลงานด้านการวิจัย
3. เพื่อแลกเปลี่ยนแนวความคิด ความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ขอบเขต

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ จัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์ข้างต้น โดยส่งในรูปแบบบทความทาง Online ซึ่งบทความทุกเรื่องจะต้องผ่านการพิจารณา จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) อย่างน้อย 2 จาก 3 คน โดยเป็นการประเมินแบบผู้ประเมินบทความไม่ทราบชื่อผู้แต่ง และผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind) กองบรรณาธิการ ฯ จะเป็นผู้พิจารณาในกระบวนการสุดท้ายในการรับตีพิมพ์ บทความที่รับแบ่งเป็น 2 ประเภท คือบทความวิชาการ (Academic Articles) และบทความวิจัย (Research Articles) จะต้องเป็นผลงานที่ใหม่ และไม่มีการคัดลอกผลงานจากผู้อื่น มีกำหนดออก อย่างน้อย 1 ฉบับ ต่อปี กำหนดออกช่วงเดือนธันวาคมของทุกปี

สถานที่ติดต่อ

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

171/1 ถ.พหลโยธิน คลองถนน สายไหม กทม. 10220

โทรศัพท์ 08 1806 3053

E-mail : ANURUK_C@RTAF.MI.TH
CHOTEDELOK@GMAIL.COM

Website: https://WWW.NKRAFA.AC.TH
https://www.tci-thaijo.org

ดูแลระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์

นาวาอากาศเอก ดร.พงค์เทพ จันทน์เสนะ
เรืออากาศเอก อภิรักษ์ โภชพิพิธ

ออกแบบปก จ่าอากาศเอก ประสพสุข ไชยรัตน์

จัดรูปเล่ม นางสาว ยศวดี ยศเรืองศักดิ์

ISSN(Print) : 2651-1134

ISSN(Online) : 2651-1002

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ(NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) ฉบับปัจจุบันเป็นปีที่ 15 มกราคม – ธันวาคม 2562 วารสารออนไลน์ใช้ระบบ Thaijo2.0 มีหมายเลข ISSN (Online) คือ 2651-1002 และวารสารเป็นเล่ม มี ISSN(Print) คือ 2651-1134 วารสารมีกำหนดออกปีละ 1 ฉบับ โดยกำหนดการออกในเดือนธันวาคมของทุกปี

กองบรรณาธิการ ฯ พิจารณาร่วมกันแล้วมีมติว่า ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศปีหน้าจะปรับเปลี่ยนกองบรรณาธิการใหม่ เพื่อนำวารสารเข้าสู่ระดับสากลในอีก 5 ปี ข้างหน้า โดยจะมุ่งเน้นบทความด้านอากาศยานและการบิน อวกาศ คอมพิวเตอร์ ไซเบอร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เป็นหลัก

กองบรรณาธิการ ฯ ขอขอบคุณผู้นิพนธ์บทความทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจในการส่งบทความ จำนวน 12 บทความ (บทความภายนอก 9 บทความ บทความภายใน 3 บทความ) เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ปีที่ 15 มกราคม – ธันวาคม 2562 ขอบพระคุณที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของบทความแบบจิตอาสา และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ยิ่ง ขอบคุณกองบรรณาธิการ ฯ และทีมงานทุกคน ที่ทำให้รูปเล่มของวารสารมีความสมบูรณ์และสวยงาม ท้ายที่สุดขอขอบคุณมูลนิธิพลอากาศเอก ศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ ฤทธาคนี กองทุนส่งเสริมการพัฒนางานศึกษา/วิจัยของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช (กองทุนที่ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) และชุมนุมนายเรืออากาศ(ชนอ.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการต่าง ๆ จนเกิดความสำเร็จทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณตามมาตรฐานคุณภาพของ TCI

นาวาอากาศเอก รองศาสตราจารย์ อนุรักษ์ โชติดิลก
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

สารบัญ

กองบรรณาธิการประจำวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

ผู้ทรงคุณวุฒิวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

ชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	สังกัด	อีเมล
1. น.ท.รศ.ดร.ทศพล บุญเกิน	1. ม.แม่ฟ้าหลวง	1. Tossapon.boo@mfu.ac.th
2. ผศ.ดร.ณัฐกานต์ เอี่ยมอ่อน	2. ม.แม่ฟ้าหลวง	2. nt.iamon@gmail.com
3. น.อ.ดร.พงค์เทพ จันทน์เสนะ	3. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	3. pongthep@rtaf.mi.th
4. น.ต.ผศ.ดร.เทียนสิริ เหลืองวิไล	4. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	4. thiansiri@rtaf.mi.th
5. ผศ.ดร.ศราวุธ แสนการุณ	5. ม.อุบลราชธานี	5. sarawut.s@ubu.ac.th
6. น.ท.หญิง รศ.สุภาวดี ลีลายุทธ	6. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	6. supavadee_k@rtaf.mi.th
7. น.อ.ผศ.ดร.เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ	7. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	7. kiatkulchai@yahoo.com
8. น.อ.ศ.วรวุฒิ โตท่าโรง	8. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	8. worawoote@rtaf.mi.th
9. น.ต.ผศ.ดร.เมษัณฑ์ ธรรมวิชัย	9. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	9. mason@rtaf.mi.th
10. อาจารย์ญาดาภา โชติดิลก	10. ม.ราชภัฏรำไพพรรณี	10. achotedelok@gmail.com
11. ผศ.ดร.อุษณีย์ คำพูล	11. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	11. ussaneei.pur@kmutt.ac.th
12. น.อ.พินัย จินชัย ร.น.	12. รร.นายเรือ	12. pjinchai@gmail.com
13. พล.อ.ต.ศ.ดร.สรกฤช ศรีเกษม	13. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	13. sorakis_s@rtaf.mi.th
14. ดร.จักรพงษ์ หรั่งเจริญ	14. ม.ราชภัฏพระนคร	14. rangjaroen@gmail.com
15. ผศ.ดร.เนตรนภา อินสลุด	15. ม.แม่โจ้	15. nednapa.ins@gmail.com
16. ผศ.เมธา ศิริกูล	16. ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	16. metha@mail.rmutt.ac.th
17. ดร.นงลักษณ์ พรมทอง	17. ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	17. nongluk.s@mail.rmutt.ac.th
18. น.อ.หญิง ศ.รัจนา เครือแก้ว	18. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	18. rajana@rtaf.mi.th
19. ร.อ.ดร.พายัพ ศิรินาม	19. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	19. payap_siri@rtaf.mi.th
20. ผศ.ก้องไกล สรโยธิน	20. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	20. Kongkai.s@gmail.com
21. ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์ จ้อยกลัด	21. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	21. panuwatj@g.swu.ac.th
22. รศ.สุนี โชติดิลก	22. ม.ราชภัฏพระนคร	22. sunec53@gmail.com
23. ผศ.จุฑามาศ ไพบูลย์ศักดิ์	23. ม.เกริก	23. jutplucky@gmail.com
24. น.อ.หญิง ศ.กุศยา สุวรรณวิหค	24. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	24. kusaya@rtaf.mi.th
25. ดร.วฤชา ประจงศักดิ์	25. ม.ราชภัฏพระนคร	25. g4782005@gmail.com
26. น.อ.รศ.ธนินท์รัฐ สิทธิเวชธนาศิริ	26. รร.นายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช	26. amarit@rtaf.mi.th

แบบจำลองการทำนายแบบอากาศยานจากข้อมูลเป้าหมายไม่ทราบฝ่ายอัตโนมัติ

Models for automatic aircraft type prediction

[1]ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง [2]รัจนา เครือแก้ว

[1]ภาควิชาคอมพิวเตอร์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

[2]กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

[1]phummipat_d@rtaf.mi.th, [2]rajana@rtaf.mi.th

Received: January 2,2019

Revised: February 13,2019

Accepted: March 11,2019

บทคัดย่อ

การป้องกันภัยทางอากาศเป็นหนึ่งในภารกิจที่สำคัญของกองทัพอากาศ โดยขั้นตอนแรกของการปฏิบัติคือการค้นหาวัตถุที่มีความเร็วบนท้องฟ้าที่อาจเป็นภัยคุกคามต่อความมั่นคงของประเทศด้วยการใช้เรดาร์ สิ่งที่เรดาร์ตรวจพบนั้น ในขั้นต้นถูกเรียกว่าเป้าหมายไม่ทราบฝ่าย หรือก็คือวัตถุบินได้ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการพิสูจน์ทราบว่าเป็นอากาศยานแบบใดและเป็นของฝ่ายใด การวิเคราะห์เพื่อระบุแบบอากาศยานและฝ่ายอย่างถูกต้องนี้เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกหนทางปฏิบัติของกองทัพอากาศเพื่อตอบสนองให้เหมาะสมกับสถานการณ์ เช่น หากเป็นอากาศยานรบของฝ่ายตรงข้าม กองทัพอากาศก็จะจัดอากาศยานรบสมรรถนะสูงขึ้นบินสกัดกั้น และแจ้งเตือนหน่วยต่อสู้อากาศยานให้พร้อมต่อสู้ป้องกันฐานบินด้วยยุทธวิธีที่เหมาะสม เป็นต้น

ปัจจุบันการวิเคราะห์และระบุเป้าหมายไม่ทราบฝ่าย กระทำโดยเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานและการฝึกร่วมกับกองทัพอากาศมิตรประเทศ ความแม่นยำของการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของเจ้าหน้าที่แต่ละคน ซึ่งการผลิตเจ้าหน้าที่ให้มีขีดความสามารถและเชี่ยวชาญในงานด้านนี้ต้องใช้เวลาหลายปี ประกอบกับขีดความสามารถดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับการให้บริการการบินที่หน่วยงานพลเรือนภายนอกที่ให้ค่าตอบแทนสูงมีความต้องการ เป็นเหตุให้การขอลาออกจากราชการของบุคลากรกลุ่มนี้เพื่อไปประกอบอาชีพกับหน่วยงานเหล่านั้นเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองการทำนายแบบอากาศยานอัตโนมัติที่ไม่พึ่งพามนุษย์ โดยใช้ข้อมูลจากระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านของกรมข่าวทหารอากาศเป็นข้อมูลในการวิจัยเพื่อค้นหาแบบจำลองที่เหมาะสม ด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ได้แก่ Naïve Bayes, Deep Learning, Decision Tree และ Random Forest ซึ่งผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานกับกระบวนการวิเคราะห์และระบุเป้าหมายไม่ทราบฝ่ายมากที่สุด คือแบบจำลองที่ได้จากเทคนิค Random Forest เนื่องจากมีค่าความถูกต้องในการทำนายผลสูง ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าแบบจำลองดังกล่าวจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กระบวนการตัดสินตกลงใจของผู้บังคับบัญชากระทำได้รวดเร็วและเหมาะสมยิ่งขึ้น อีกทั้งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรผู้เชี่ยวชาญ และลดการพึ่งพาความชำนาญของเจ้าหน้าที่เฉพาะทางลงได้ สอดคล้องกับแนวความคิดการใช้ระบบอาวุธที่ฉลาด (Smart Weapon Systems) ที่นำไปสู่การเลือกกลยุทธ์ที่ฉลาด (Smart Tactics) ของกองทัพอากาศอีกด้วย

คำสำคัญ : เหมืองข้อมูล, Random Forest, Decision Tree, Deep Learning

Abstract

Air defense is one of the major missions of the Air Force. The first step is to find objects with speed which could pose a threat to national security by using radar. Basically, any object first detected by radar is determined to be an unknown target. In other word, it is a flying object which type and owner have not yet been identified. An accurate analysis of aircraft type and owner is an important factor for the decision on how the RTAF responds to the situation. For example, if it's an opponent's combat aircraft, the RTAF will be able to intercept and alert aircraft units to defend the air base with appropriate tactics.

At present, the analysis and identification of unknown targets are being handled by expert staffs with experience in operating and training with allied forces. The accuracy of the analysis depends on the capabilities of each officer. Training the staff to be competent and specialized in this field takes several years. The capability is also relevant to the aviation services that external agencies require, where the compensation is much higher. As a result, the resignation of the personnel of this group to sign contract with such agencies continuously occurs.

To solve this issue, the researcher constructed a model for predicting unknown aircraft using the data from the air traffic analysis system of neighboring countries owned by Directorate of Intelligence by implementing data classification technique i.e. the Bayesian Network, SVM, and Decision Tree. The best result was a model derived from the Random Forest technique, because of its high accuracy in prediction. The researcher believes that this model can improve the decision-making process of the commanders more quickly and appropriately. The results of this research will be able to solve problems of expert personnel shortage and reduce the dependence on the expertise of specialized staffs in accordance with the concept of Smart Weapon Systems, which lead to the selection of the Smart Tactics of the RTAF.

Keywords : Data Mining, Random Forest, Decision Tree, Deep Learning

1. บทนำ

การวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่ายคือการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรวจจับได้จากเรดาร์ของระบบเฝ้าตรวจทางอากาศเทียบกับฐานข้อมูลข่าวกรองความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศ ยุทธวิธีการฝึก และแบบอากาศยานที่มีประจำการในกองทัพอากาศประเทศรอบบ้านและเวียดนาม (เท่าที่รัศมีเรดาร์ของกองทัพอากาศ (ทอ.) และบริษัทวิทยุการบินประเทศไทยจำกัดครอบคลุมไปถึง) ซึ่งการวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่ายนั้นถือเป็นภารกิจที่สำคัญต่อการป้องกันภัยทางอากาศของประเทศ โดยปัจจุบันกรมข่าวทหารอากาศ (ขว.ทอ.) เป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการเก็บผลลัพธ์ที่ผ่านการวิเคราะห์หาแบบอากาศยานแล้วลงในระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้าน ซึ่งระบบดังกล่าวฯ ได้พัฒนาขึ้นด้วยวัตถุประสงค์เพื่อปรับโครงสร้างการจัดเก็บผลลัพธ์การวิเคราะห์แบบอากาศยาน ซึ่งเดิมอยู่ในรูปแบบเอกสารให้เป็นระบบฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้น และปรับปรุงข้อมูลได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถใช้ขีดความสามารถในการประมวลผลของระบคอมพิวเตอร์เพิ่มความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์และผลิตข้อมูลให้ตรงกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ข้อมูลแต่ละกลุ่มมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถสนับสนุนวงรอบการตัดสินตกลงใจ (OODA Loop) ของผู้บังคับบัญชา

ในการใช้กำลังทางอากาศให้มีความรวดเร็วและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเป้าหมายไม่ทราบฝ่ายที่ตรวจพบจากเรดาร์เฝ้าตรวจของกองทัพอากาศนั้น ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน และมีหน่วยเกี่ยวข้อง 2 หน่วย คือ กรมข่าวทหารอากาศ (ขว.ทอ.) ซึ่งเป็นเจ้าของระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้าน และศูนย์ยุทธการทางอากาศ ศูนย์ปฏิบัติการกองทัพอากาศ (ศยอ.ศปก.ทอ.) ซึ่งรับผิดชอบการปฏิบัติงานในการวิเคราะห์และระบุแบบอากาศยานจากข้อมูลเป้าหมายไม่ทราบฝ่ายที่ตรวจพบด้วยเรดาร์เบื้องต้น ในภาพรวม ผู้วิจัยขออธิบายโดยสังเขป ดังนี้

ขั้นตอนการวิเคราะห์แบบอากาศยานขั้นต้น เป็นการเริ่มต้นกระบวนการทำงานของการวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่าย โดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลที่ปฏิบัติงานใน ศยอ.ศปก.ทอ. จะศึกษาข้อมูลและรูปแบบการบินของอากาศยานที่แสดงบนจอภาพของระบบบัญชาการและควบคุมทางอากาศ (Air Command and Control System: ACCS) ที่เชื่อมโยงเรดาร์เฝ้าตรวจของกองทัพอากาศและบริษัทวิทยุการบินฯ มาวิเคราะห์เพื่อหาแบบอากาศยานที่คาดว่าจะเป็น ซึ่งการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะใช้เพียงค่าคุณลักษณะพื้นฐานของเป้าหมายทางอากาศที่ได้รับจากสัญญาณเรดาร์ เช่น ความเร็ว ความสูง ทิศทาง และพิกัด เป็นต้น เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจะบันทึกลงไฟล์ข้อมูลในรูปแบบตาราง (Spreadsheet) แล้วนำส่งให้กับ ขว.ทอ. เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้อง เป็นขั้นตอนการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นหน้าที่ของนักวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของ ขว.ทอ. เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมาจาก ศยอ.ศปก.ทอ. เป็นข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ทางเทคนิค โดยใช้เพียงค่าคุณลักษณะพื้นฐานที่ได้รับจากเรดาร์เท่านั้น ซึ่งในทางการข่าวกรองถือเป็นข้อมูลจากแหล่งเดียว มีความเป็นไปได้ที่จะคลาดเคลื่อนไปจากข้อเท็จจริงสูง ดังนั้น เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของ ขว.ทอ. จะต้องตรวจสอบความถูกต้องโดยการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมร่วมกับข้อมูลด้านการข่าวจากแหล่งอื่นๆ และเมื่อวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลเรียบร้อย จะส่งต่อให้เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูลลงในระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านต่อไป

ขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าระบบฯ หลังจากข้อมูลได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง เจ้าหน้าที่จะบันทึกข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่ระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวฯ ต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติสำหรับรายงานผู้บังคับบัญชาระดับสูง โดยระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศของประเทศรอบบ้านได้เตรียมฟังก์ชันการวิเคราะห์และการแสดงผลในรูปแบบของแผนภูมิต่าง ๆ ที่เหมาะกับวัตถุประสงค์และความต้องการใช้งานที่แตกต่างกัน และผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลทางสถิตินี้ ยังมีความจำเป็นต้องพึ่งพาเจ้าหน้าที่ข่าวกรองอาวุโสที่มีความเชี่ยวชาญในการแปลผลเพื่อผลิตข่าวกรองยุทธวิธี และข่าวกรองยุทธศาสตร์ทางทหารของประเทศนั้น ๆ

ระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านมีฟังก์ชันการทำงานที่มีประสิทธิภาพ แต่การปฏิบัติงานโดยรวมยังต้องพึ่งพาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลที่มีความชำนาญสูงเป็นหลัก ซึ่งบุคลากรกลุ่มดังกล่าวเป็นบุคลากรที่กองทัพอากาศกำลังประสบปัญหาขาดแคลน และยังมีแนวโน้มที่ผู้ปฏิบัติงานในปัจจุบันจะลาออกจากราชการไปทำงานกับหน่วยงานภายนอกมากขึ้นทุกปี การผลิตเจ้าหน้าที่ทดแทนก็ต้องใช้เวลามาก ไม่ทันต่อความต้องการใช้งานของกองทัพอากาศ

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการค้นหาองค์ความรู้ที่ซ่อนอยู่ภายในฐานข้อมูลที่เก็บสะสมไว้ สำหรับใช้วิเคราะห์วางแผน ทำนายอนาคต รวมถึงการตัดสินตกลงใจนั้น เมื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์และทำนายแบบอากาศยาน จึงนับเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับปัญหาและสถานการณ์

กระบวนการทำเหมืองข้อมูลแม้จะถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายสายงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคธุรกิจ แต่ในกองทัพอากาศนั้น ยังไม่พบว่ามีการประยุกต์ใช้กระบวนการทำเหมืองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหรือใช้เพิ่มขีดความสามารถให้กับระบบงานใด ๆ ของกองทัพอากาศมาก่อน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จะเป็นการทดลองและศึกษาการประยุกต์ใช้การทำเหมืองข้อมูลกับระบบงานของกองทัพอากาศ โดยนำข้อมูลจากระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศของประเทศรอบบ้านมาสร้างแบบจำลองการทำนายแบบอากาศยานด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำนายผลและเวลาในการประมวลผลของเทคนิคแต่ละแบบ เพื่อพิจารณาหาแบบจำลองที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

2. ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองสร้างแบบจำลองทำนายแบบอากาศยาน รวมถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายผลของแบบจำลองจากแต่ละเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ในประเด็นของความถูกต้องของการวิเคราะห์ขั้นต้น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำเหมืองข้อมูล (Data mining) [1] คือกระบวนการหรือเทคนิคที่ใช้สำหรับการค้นหาองค์ความรู้ที่ซ่อนอยู่ภายใต้ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ วางแผน ทำนายอนาคต ตลอดจนช่วยในการตัดสินตกลงใจ ซึ่งการประยุกต์ใช้การทำเหมืองข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาประเภทของข้อมูล รวมถึงเทคนิคการวิเคราะห์แต่ละแบบ เพื่อที่จะสามารถเลือกเทคนิคการวิเคราะห์ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยข้อมูลหลักๆ จะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ ข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Structured data) ซึ่งคือข้อมูลที่มีโครงสร้างที่ชัดเจน โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบของตาราง ข้อมูลรูปแบบนี้เป็นข้อมูลที่มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผล และข้อมูลแบบที่สองคือข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured data) เป็นข้อมูลที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ได้แก่ ข้อความ หรือรูปภาพ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลแบบที่สองนี้จะต้องแปลงรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่มีโครงสร้างก่อน เพื่อให้เกิดความสะดวกและเหมาะสมต่อการวิเคราะห์

สำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลจะสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ

กลุ่มที่ 1 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) เป็นเทคนิคที่เน้นการพิจารณาเพื่อค้นหาความสัมพันธ์กันของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทนี้จะแบ่งย่อยได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เทคนิคการค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association rule) และการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering)

กลุ่มที่ 2 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning) จะเป็นเทคนิคที่อาศัยการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ในอดีตเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายหรือคาดการณ์อนาคต โดยเทคนิคนี้จะใช้การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เพื่อสร้างรูปแบบหรือแบบจำลองในการใช้หาคำตอบที่ต้องการจะทำนาย ดังนี้

(1) Naïve Bayes เป็นเทคนิคที่ใช้ความน่าจะเป็นของข้อมูลมาช่วยในการสร้างแบบจำลองในการทำนายผลลัพธ์ โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Bayes [2] มีข้อดีคือง่ายและสะดวกต่อการนำไปพัฒนาใช้งาน แต่ข้อเสียคือ เหมาะกับข้อมูลทดสอบที่มีคุณลักษณะอิสระจากกัน [3]

(2) Deep Learning เป็นการนำเทคโนโลยีโครงข่ายสมอง (Neural Network) เข้ามาช่วยในการสร้างแบบจำลองการทำนายผลลัพธ์ โดยการสร้างระดับชั้นการเรียนรู้ ซึ่งความรู้แต่ละระดับชั้นจะมีการแยกแยะองค์ประกอบพื้นฐานความรู้ รวมถึงแต่ระดับชั้นจะมีความสัมพันธ์กันที่ซับซ้อนเหมือนโครงข่ายสมอง [4]

(3) Decision Tree คือเทคนิคการสร้างแบบจำลองที่ใช้ช่วยในการตัดสินใจ โดยแบบจำลองจะอยู่ในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ (Tree) โดยมีใบ (leaf) เป็นสิ่งที่อยู่ล่างสุด บ่งบอกถึงชุดข้อมูลคำตอบ (class) ซึ่งเป็นผลลัพธ์สุดท้ายที่ผ่านการทดสอบเงื่อนไขตามคุณลักษณะของแต่ละโหนด (node) ตามเส้นทางของกิ่งต้นไม้ (branch) [5]

(4) Random Forest เป็นการสุ่มเลือกข้อมูลเพื่อนำมาทำ Decision Tree หลายๆ แบบจำลองเพื่อทำนายผล ซึ่งจำนวนผลลัพธ์ที่ซ้ำกันมากที่สุดของแต่ละแบบจำลองจะเป็นคำตอบของการทำนายผล [6]

4. การดำเนินการวิจัย

การสร้างแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์และทำนายแบบอากาศยานจากข้อมูลของระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านนั้น จะอ้างอิงกระบวนการมาตรฐาน CRISP-DM [7] ดังนี้

4.1 ทำความเข้าใจปัญหา (Business Understanding) จากการศึกษาขอบเขตของงานวิจัย และกระบวนการวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่าย จะสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้คือ การสร้างแบบจำลองทำนายแบบอากาศยานสำหรับเป็นเครื่องมือช่วยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของ ขว.ทอ.ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบอากาศยานขั้นต้นของ จนท.ประจำจอเรดาร์ของ ศยอ.ศปก.ทอ.

4.2 ทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) ข้อมูลคือปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิเคราะห์ โดยควรพิจารณาแหล่งที่มาของข้อมูล ความน่าเชื่อถือ และจำนวนข้อมูลมีปริมาณมากพอต่อการนำไปใช้วิเคราะห์ เมื่อพิจารณาแหล่งที่มาของข้อมูลของการวิจัยชิ้นนี้ ถือได้ว่าแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากข้อมูลในระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านเป็นข้อมูลของกรมข่าวทหารอากาศที่ใช้ในการผลิตข่าวกรองสรุปนำเรียนผู้บังคับบัญชาเป็นประจำทุกเดือน และข้อมูลดังกล่าวมีจำนวนมากกว่า 37,000 ระเบียน ซึ่งเพียงพอต่อการนำมาการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทำเหมืองข้อมูล โดยมีตัวแปรที่จะนำมาวิเคราะห์รายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการตัวแปรสำหรับสร้างแบบจำลอง

ตัวแปร	ประเภท	ช่วงข้อมูล [Min-Max]
NumberOfPlane	Integer	[1 - 7]
Velocity	Integer	[2 - 33000]
FoundHeight	Integer	[9 - 49000]
FoundTime	Time	[0:00 – 23:59]
FoundLon	Real	[89 - 117.583]
FoundLat	Real	[-10 - 30.2]
TakeOffAirport	Polynominal	[รายชื่อสนามบิน35 แห่ง]
LandedAirport	Polynominal	[รายชื่อสนามบิน 39 แห่ง]
HideTime	Time	[0:00 – 23:59]
HideHeight	Integer	[3 - 36000]
HideLon	Real	[85 - 119.917]
HideLat	Real	[0.067 - 29.75]
CountryName	Polynominal	[Malaysia, Myanmar, Laos, Cambodia]
PlaneName	Polynominal	[Fighter, Transporter, Training, Helicopter]

4.3 เตรียมข้อมูล (Data Preparation) ขั้นตอนนี้เป็นการพิจารณาคัดเลือกตัวอย่างข้อมูล สำหรับนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองทำนายแบบอากาศยานในเบื้องต้น ต้องทำการคัดเลือกข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ (No Missing value) รวมถึงคัดกรองข้อมูลที่อยู่ภายนอกกลุ่มออกไป (Outlier) โดยใช้เทคนิค Euclidean distance จนได้ผลลัพธ์คือชุดข้อมูลที่เหมาะสมกับการสร้างแบบจำลอง โดยจำนวนชุดข้อมูลที่สมบูรณ์และเหมาะสมต่อการสร้างแบบจำลองมีจำนวน 6,440 ระเบียน แบ่งเป็น 4 คลาสคำตอบประเภทแบบอากาศยาน (PlaneName) ได้แก่ อากาศยานประเภทขับไล่โจมตี (Fighter) จำนวน 2,991 ระเบียน , อากาศยานประเภทลำเลียง (Transporter) จำนวน 2000 ระเบียน, เฮลิคอปเตอร์ (Helicopter) จำนวน 1,000 ระเบียน และ อากาศยานใช้สำหรับการฝึก (Training) จำนวน 449 ระเบียน

แต่เนื่องจากจำนวนข้อมูลในแต่ละคลาสมีจำนวนที่แตกต่างกันมากเกิดความไม่สมดุลของข้อมูล (Imbalance) ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำนายผลของแบบจำลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ไขโดยใช้วิธี Under Sampling เพื่อลดจำนวนข้อมูลของแต่ละคลาสคำตอบให้มีจำนวนที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยจำนวนข้อมูลในแต่ละคลาสคำตอบหลังจากการทำ Under Sampling และจะถูกใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง คือ แบบอากาศยานประเภทขับไล่โจมตี (Fighter) จำนวน 500 ระเบียน, อากาศยานประเภทลำเลียง (Transporter) จำนวน 500 ระเบียน เฮลิคอปเตอร์ (Helicopter)

จำนวน 500 ระเบียน และ อากาศยานใช้สำหรับการฝึก (Training) จำนวน 449 ระเบียน รวมทั้งสิ้น 1,949 ระเบียน

4.4 สร้างแบบจำลอง (Modeling) ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) โดยใช้ชุดข้อมูล (Training Dataset) จำนวน 1949 ระเบียนที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา ซึ่งการดำเนินการมีรายละเอียด ดังนี้

1) ทำการ Normalization ข้อมูลที่เป็นตัวเลขได้แก่ NumberOfPlane, Velocity, FoundHeight, FoundLon, FoundLat, HideHeight, HideLon, HideLat เนื่องจากข้อมูลของ Attributes เหล่านี้มีช่วงความกว้างของข้อมูลที่แตกต่างกันมาก ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง

2) ประมวลผลสร้างแบบจำลองโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่มีคุณลักษณะ คือ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 8 แกนหลัก (8 core) และมีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด ECC DDR4 จำนวน 32 GB.

3) ใช้โปรแกรม Rapid miner 9 ในการสร้างแบบจำลอง

4) แบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำนายผลของแบบจำลองแบบ Cross-Validation Test โดยใช้ค่า k = 10

5) ใช้เทคนิค Classification โดยเลือกวิธีการ Naïve Bayes, Deep Learning, Decision Tree และ Random Forest สำหรับสร้างแบบจำลองทำนายแบบอากาศยาน โดยมีการกำหนดค่าของแต่ละวิธีการ ดังนี้

ในส่วนของ Deep Learning การทดลองนี้จะเลือกใช้แบบจำลอง Depp Learning แบบ Multi-Layer Feed-Forward Artificial Neural Network โดยกำหนดค่าตัวแปร Activation เป็น Exponential Rectifier Linear Unit function (ExpRectifier) รวมถึงกำหนด Hidden Layer เป็น 100, 200, 100 ซึ่งหมายถึงแบบจำลองจะมี Hidden Layer จำนวน 3 ชั้น และชั้นที่สองจะมีจำนวน neurons เท่ากับ 200 ส่วนชั้นที่แรกและชั้นที่สามจะมีจำนวน neurons เท่ากับ 100

สำหรับ Decision Tree และ Random Forest ได้กำหนดค่า Critetion = Accuracy และ Maximal Depth =10 นอกจากนี้ยังมีการกำหนดค่า Number of Trees = 100 เพิ่มเติมให้กับวิธีการ Random Forest อีกด้วย

4.5 การประเมินผล (Evaluation) การประเมินผลเป็นการประเมินความสามารถของแบบจำลองในการทำนายแบบอากาศยาน ซึ่งหากผลการประเมินค่าของแบบจำลองไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้า เพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขชุดข้อมูลทดสอบให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อให้ได้แบบจำลองทำนายแบบอากาศยานที่แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ โดยการพิจารณาค่าในตำแหน่งต่าง ๆ ของ Confusion Matrix รายละเอียดตามรูปที่ 1 ดังนี้

TP (True Positive) คือ ผลการทำนายถูกต้องตามค่าที่คาดหวัง

FP (False Positive) คือ ผลทำนายไม่ถูกต้อง เนื่องจากข้อมูลจริงที่ไม่อยู่ในคลาส แต่ผลทำนายว่าอยู่ในคลาส

TN (True Negative) คือ ผลการทำนายถูกต้อง สำหรับความจริงที่ข้อมูลไม่อยู่ในคลาส และผลทำนายว่าไม่อยู่ในคลาส

FN (False Negative) คือ ผลการทำนายไม่ถูกต้อง ซึ่งความเป็นจริงข้อมูลอยู่ในคลาส แต่ในขณะที่ผลทำนายว่าไม่อยู่ในคลาส

		Predicted class	
		P	*N*
Actual Class	*P*	True Positives (TP)	False Negatives (FN)
	N	False Positives (FP)	True Negatives (TN)

รูปที่ 1 รูปแบบของ Confusion Matrix

จากรายละเอียด Confusion Matrix สามารถนำมาคำนวณหาค่ามาตราวัดคุณภาพเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังนี้

1) Precision คือ ความแม่นยำในการทำนายผลของแบบจำลองโดยพิจารณาในแต่ละคลาสคำตอบ โดยใช้สูตรคำนวณ Precision = TP / (TP + FP)

2) Recall คือ ค่าความสามารถในการทำนายของแบบจำลองที่ตรงกับความเป็นจริง ซึ่งจะพิจารณาแต่ละคลาสคำตอบ และจะใช้สูตรคำนวณ Recall = TP / (TP + FN)

3) Accuracy คือ ค่าความเที่ยงตรง หรือค่าความถูกต้องในการทำนายผลของแบบจำลอง โดยพิจารณาข้อมูลจากทุกคลาสคำตอบ ซึ่งคำนวณได้จาก Accuracy = (TP + TN) / จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.6 การนำไปใช้งาน (Deployment) เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองการทำนายแบบอากาศยานที่มีค่าความถูกต้องสูงและใช้เวลาในการประมวลผลที่สามารถยอมรับได้ร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่ายในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์

5. ผลการวิจัย

หลังจากได้แบบจำลองที่ผ่านการประมวลผลจากการใช้ชุดข้อมูล Training DataSet ร่วมกับเทคนิค Naïve Bayes, Deep Learning, Decision Tree และ Random Forest แล้ว จึงได้มีการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำนายผล และผลการทดลองได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีเพียง 2 แบบจำลอง คือ Random Forest และ Decision Tree ที่มีค่าผลการทำนายที่สูงเกินร้อยละ 80 ทั้ง 3 มาตราวัดคุณภาพ โดยแบบจำลองของ Random Forest มีค่า Accuracy, Precision และ Recall มากถึงร้อยละ 90.2, 90.47 และ 90.24 ตามลำดับ ส่วน Decision Tree จะมีค่า Accuracy, Precision และ Recall เป็นร้อยละ 87.94, 88.28 และ 88 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

เทคนิค	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)
Naïve Bayes	73.27	78.76	73.72
Decision Tree	87.94	88.28	88
Deep Learning	62.54	76.82	62.97
Random Forest	90.2	90.47	90.24

ส่วนแบบจำลองจาก Naïve Bayes และ Deep Learning ไม่ควรนำมาพิจารณาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากมีค่ามาตราวัดคุณภาพ Accuracy, Precision และ Recall ต่ำกว่าร้อยละ 80

6. สรุป

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองสร้างแบบจำลองทำนายแบบอากาศยานโดยใช้ข้อมูลจากระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านร่วมกับเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ได้แก่ Naïve Bayes, Deep Learning, Decision Tree และ Random Forest เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์และระบุแบบอากาศยานจากข้อมูลคุณลักษณะพื้นฐานที่ได้จากเรดาร์ รวมถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำนาย และการใช้เวลาในการประมวลผล โดยผลการทดลองมีเพียง 2 แบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องในการทำนายผลมากกว่าร้อยละ 80 คือ Random Forest และ Decision Tree โดยพิจารณาจากค่ามาตราวัดคุณภาพ Accuracy, Precision และ Recall ซึ่งจากผลการทดลองคณะผู้วิจัยจึงขอเสนอให้ใช้แบบจำลองจากเทคนิค Random Forest ในการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนากระบวนการวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่ายต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการทดลองสร้างแบบจำลองทำนายแบบอากาศยานโดยใช้ข้อมูลจากระบบวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวกำลังทางอากาศประเทศรอบบ้านของกรมข่าวทหารอากาศสำหรับใช้ในการปรับปรุงกระบวนการวิเคราะห์เป้าหมายไม่ทราบฝ่าย อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 ยังคงมีความไม่สมดุล (Imbalance) ทำให้การทดลองจำเป็นต้องทำการ Under Sampling ข้อมูลในคลาสของแบบอากาศยานประเภทขับไล่โจมตี (Fighter), อากาศยานประเภทลำเลียง (Transporter), เฮลิคอปเตอร์ (Helicopter) ลงในจำนวนที่อาจจะมากเกินไป ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำนายผลของแบบจำลอง ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำนายผล จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสำรวจข้อมูลในส่วนของคลาสประเภทอากาศยานใช้สำหรับการฝึก (Training) เพิ่มเติมให้ครอบคลุมมากขึ้น เพื่อใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ศุภามณ จันทร์สกุล. (2561). เทคนิคเหมืองข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลทางการพยาบาล.*วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(2): 83-96.

[2] ภัทธิรา สุวรรณโค, นิศาชล จำนงศรี, จิติมนต์ อั่งสกุล. (2017). แบบจำลองการพยากรณ์ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในเทศกาลปีใหม่ด้วยการทำเหมืองข้อมูล. *Journal of Information Science and Technology*, 7(2): 10-19.

[3] สุรวัชร ศรีเปารยะ, สายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2560). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจำแนกกลุ่มการเป็นโรคไตเรื้อรังกรณีศึกษาโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในประเทศอินเดีย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 25(5) : 841-853

[4] Lv, Y., Duan,Y., Kang, W., Li, Z., & Wang, F. Y.(2015). Traffic Flow Prediction With Big Data : A Deep Learning Approach. *IEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*,16(2): 865-873.

[5] บรรจบ ดลกุล, จารี ทองคำ, วาทินี สุขมาก. (2014). การสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 33(6): 703-710.

[6] ปรเมษฐ์ ธันวานนท์, ชัยกร ยิ่งเสรี, วรพล พงษ์เพ็ชร์ และธนภัทร ฆังคะจิตร. (2017). การประยุกต์ใช้โมเดลการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มเพื่อพยากรณ์แนวโน้มของราคาหลักทรัพย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. *Journal of Information Science and Technology*, 7(1): 12-21.

[7] วิธวินท์ แสงมณี, วีระวุฑ รัตนเจริญเลิศ, ณัฏฐภพ โพธิรัชต์ และ เพียงฤทัย หนูสวัสดิ์. (2017). การสร้างโมเดลทำนายโอกาสการกลับมารักษาตัวซ้ำของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. The 5th ASEAN Undergraduate Conference in Computing (AUC2): 13-20.

การจำลองแบบเชิงคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนจากผนังภายนอกสู่ผนังภายในอาคาร โดยใช้วัสดุคอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อก

Mathematical Model of Heat Transfer from External Wall into Interior Wall by Using Lightweight Concrete, Brick and Concrete Block

[1]วิศรุต คล้ายแจ้ง และ [2]นพรัตน์ โพธิ์ชัย

[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

[2]สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[1]Witsarut_popmath@hotmail.com , [2]Nop_math@gmail.com

Received: January 21, 2019

Revised: March 6, 2019

Accepted: March 26, 2019

บทคัดย่อ

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานที่สูงขึ้นจากเครื่องปรับอากาศภายในอาคารมาจากค่าอุณหภูมิภายในกำแพงและผนังด้านในกำแพงซึ่งได้รับอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกอาคารเนื่องจากความร้อนของดวงอาทิตย์ งานวิจัยนี้จะใช้การจำลองแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณหาค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่มีความหนา 40 เซนติเมตร 30 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร โดยวัสดุที่ใช้สร้างกำแพงคือ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อก ที่มีค่าการนำความร้อนและค่าความหนาแน่นของวัสดุที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้ถูกกำหนดด้วยสมการความร้อนใน 1 มิติ ไม่คิดปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อค่าอุณหภูมินอกจากความร้อนของดวงอาทิตย์ ที่ใช้อธิบายการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงและใช้ระเบียบวิธีผลต่างทางหลังในเวลาและผลต่างศูนย์กลางในปริภูมิสำหรับหาค่าผลเฉลย ผลลัพธ์ที่ได้นี้จะแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนภายในกำแพงที่ใช้วัสดุต่างชนิดกันและเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิขอบผนังด้านในกำแพงเมื่อความหนาของกำแพงต่างกัน จากการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์นี้พบว่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้วัสดุเป็นคอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อก ตามลำดับ

คำสำคัญ: การถ่ายเทความร้อน, สมการความร้อนใน 1 มิติ, ระเบียบวิธีผลต่างจำกัด

Abstract

One of the crucial factors that affects significantly the highly energy consumption of air-conditioners in building, is the temperature inner and outer of walls. The highly requirement of energy is typically due to the heat transfer from Sun-heat through the outer surface into inner surface of the walls. In order to decrease the energy consumption used by air-conditioners, the current study applied the mathematical model to calculate the temperatures within the walls made of three different materials; concrete, bricks and concrete blocks. This study evaluated the different thickness of each wall materials which were 20, 30, and 40 centimeters respectively with different thermal conductivity as well as material density. By using one-dimensional heat equation as a governing

equation used to describe the heat transfer from outside to the inside of the wall and to the inner surface of the wall and using finite difference method to solve the governing equation. The results showed that the lightweight concrete wall has the lowest heat transfer that would be recommended to use as a wall material.

Keywords: Heat Transfer, One-Dimensional Heat Equation, Finite Difference Method

1. บทนำ

ปัญหาโลกร้อนในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นจากการใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารขนาดใหญ่ เนื่องมาจากอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในอาคารโดยมีกำแพงเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ซึ่งอุณหภูมินี้ได้รับผลจากความร้อนของดวงอาทิตย์ ที่แต่ละปีมีแนวโน้มของค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยอ้างอิงข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา จึงได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการสร้างกำแพงที่ช่วยลดอุณหภูมิจากผนังด้านนอกอาคารและมีงานวิจัยที่ทำการพัฒนาคอนกรีตมวลเบาโดยให้มีรูกลม ซึ่งทำการทดสอบระหว่างคอนกรีตมวลเบาแบบปรกติกับแบบมีรูกลมในสภาวะแวดล้อมเดียวกันและใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดอุณหภูมิของคอนกรีตทั้งสอง พบว่าแบบมีรูกลมลดการนำความร้อนได้มากกว่าแบบปรกติ [1] และมีการพัฒนาคอนกรีตบล็อกโดยใช้ผักตบชวาเป็นส่วนผสม เพื่อลดการนำความร้อน [2] อีกทั้งยังมีการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารโดยใช้วัสดุเป็นไม้ประกอบพลาสติก ซึ่งทำการทดลองและวัดค่าอุณหภูมิและเปรียบเทียบการนำความร้อนของวัสดุ [3] และงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผนังกระจกปล่องรังสีอาทิตย์แทนการใช้ผนังกระจกแบบชั้นเดียวเพื่อลดอุณหภูมิภายในบ้าน [7]

การหาอุณหภูมิภายในกำแพงสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือในการวัดทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่แม่นยำ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงไปวัดภาคสนาม ค่าอุปกรณ์ และยังต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญอย่างมาก การจำลองแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับหาอุณหภูมิเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากใช้ข้อมูลภาคสนามบางส่วนประหยัดทรัพยากรและลดต้นทุน โดยมีงานวิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของบ้านที่ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบาและทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจริงที่ได้จากการทดลองเพื่อดูประสิทธิภาพของความเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [4]

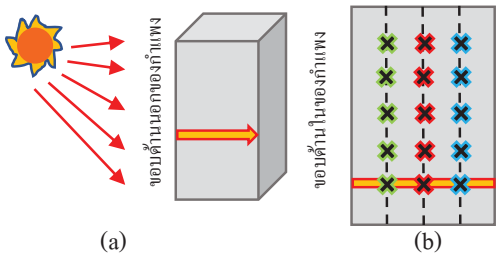
สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้จะเสนอการจำลองแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับหาอุณหภูมิภายในกำแพงและผนังด้านในกำแพงที่เวลาใด ๆ กับคอนกรีตที่ใช้ในการสร้างกำแพงต่างกันได้แก่ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญ และคอนกรีตบล็อก โดยทราบอุณหภูมิจากผนังด้านนอกและทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของผนังด้านในกำแพง ที่มีความหนาของกำแพงต่างกัน

2. การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพง โดยใช้สมการความร้อน 1 มิติในรูปแบบไร้มิติที่ใช้คำนวณหาค่าอุณหภูมิภายในกำแพงโดยมีตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนเป็นคอนกรีตแบบต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนและค่าความหนาแน่นของคอนกรีตที่ต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าอุณหภูมิภายในกำแพง

ประสิทธิภาพการนำความร้อนของคอนกรีตต่างชนิดกันที่ใช้สร้างกำแพง มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารอย่างมากเมื่อเกิดการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในอาคาร งานวิจัยนี้จะสมมติให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของกำแพงในแนวดิ่ง (แนวความสูง) มีการกระจายความร้อนเท่ากัน การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์นี้จะอธิบายการถ่ายเทความร้อนภายในกำแพงใน 1 มิติที่ขึ้นกับความหนาของกำแพง (แนวลึก) ดังรูปที่ 1 กล่าวคือ จุดกากบาทสีเขียวที่ได้จากการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์

ใน 1 มิติ จะเป็นตัวแทนของอุณหภูมิของเส้นประแนวดิ่ง ในทำนองเดียวกันจุดกากบาทสีแดงและสีฟ้าจะเป็นตัวแทนของค่าอุณหภูมิของเส้นประในแนวดิ่งของชั้นความหนาของกำแพงถัดไป ดังรูปที่ 1(b)



รูปที่ 1 (a) การถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านใน (b) จุดแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยตามชั้นความหนา

2.1 คุณสมบัติของคอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ศึกษาสำหรับในงานวิจัยนี้ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อก ดังรูปที่ 2 โดยแต่ละชนิดจะมีค่าการนำความร้อนและค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกัน แสดงค่าในตารางที่ 1

รูปที่ 2 คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญ คอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 1 แสดงค่าการนำความร้อนและค่าความหนาแน่นของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ [10]

วัสดุคอนกรีต	ค่าการนำความร้อน w/(m/k)	ค่าความหนาแน่น kg/m^3
อิฐมวลเบา	0.13	2000
อิฐมอญ	0.47	1800
อิฐบล็อก	0.52	1800

2.2 สมการความร้อน 1 มิติ

สมการความร้อนในสภาวะไม่เสถียรที่ใช้สำหรับอธิบายการถ่ายเทความร้อนภายในกำแพงจะอยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยใน 1 มิติ [9]

รูปแบบของสมการความร้อน 1 มิติ

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \text{ , สำหรับทุก } (x,t) \in [0,l] \times [0,\tau] \quad (1)$$

เมื่อ l คือความหนาของกำแพง (m)

τ คือเวลาในการจำลองแบบ (Simulation Time)

$u = u(x,t)$ คือค่าอุณหภูมิของกำแพงที่ระดับความหนา x เมตร ที่เวลา t

$$\text{กำหนด } \alpha = \frac{K}{c\rho} \quad (2)$$

เมื่อ K คือค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) (วัตต์/(m/k))

c คือค่าอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)

ρ คือค่าความหนาแน่นของวัสดุ (กำแพง) (Material Density) (kg/m^3)

2.3 การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบ

เงื่อนไขเริ่มต้นกำหนดโดย $u(x,0) = u_0$ (3)

เงื่อนไขที่ขอบ $u(0,t) = u_{max}$ (4)

และ $u_x(l,t) = u_l$ (5)

เมื่อ u_0 คืออุณหภูมิเฉลี่ยของกำแพงในช่วงกลางคืน

u_{max} คืออุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของผนังด้านนอกกำแพง

u_l คืออัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างกำแพงกับผนังด้านในกำแพง

2.4 รูปไร้มิติของสมการความร้อนใน 1 มิติ

การแปลงสมการความร้อน 1 มิติให้อยู่ในรูปไร้มิติโดยกำหนดให้

$$X = \frac{x}{l} \quad (6)$$

$$T = \frac{\alpha t}{l^2} \quad (7)$$

$$U = \frac{u}{u_{max}} \quad (8)$$

จากสมการ (8) $u = u_{\max} U$

หาอนุพันธ์ย่อยเทียบ t ทั้งสองข้าง จะได้

$$\frac{\partial u}{\partial t} = u_{\max}\left[\frac{\partial U}{\partial t}\right] = u_{\max}\left[\frac{\partial U}{\partial T}\cdot\frac{\partial T}{\partial t}\right] = u_{\max}\left[\frac{\partial U}{\partial T}\cdot\frac{\alpha}{l^2}\right]$$

นั่นคือ $$\frac{\partial u}{\partial t} = \left(u_{\max}\frac{\alpha}{l^2}\right)\frac{\partial U}{\partial T} \qquad (9)$$

จากสมการ (8) $u = u_{\max} U$

หาอนุพันธ์ย่อยเทียบ x ทั้งสองข้าง จะได้

$$\frac{\partial u}{\partial x} = u_{\max}\left[\frac{\partial U}{\partial x}\right] = u_{\max}\left[\frac{\partial U}{\partial X}\cdot\frac{\partial X}{\partial x}\right] = u_{\max}\left[\frac{\partial U}{\partial X}\cdot\frac{1}{l}\right]$$

หาอนุพันธ์ย่อยเทียบ x ทั้งสองข้างอีกครั้ง จะได้

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{u_{\max}}{l}\cdot\frac{\partial U}{\partial X}\right] = \frac{u_{\max}}{l}\left[\frac{\partial}{\partial X}\frac{\partial U}{\partial X}\cdot\frac{\partial X}{\partial x}\right]$$

$$= \frac{u_{\max}}{l}\left[\frac{\partial^2 U}{\partial X^2}\cdot\frac{1}{l}\right]$$

นั่นคือ $$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \left(\frac{u_{\max}}{l^2}\right)\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} \qquad (10)$$

แทนสมการ (9) และ (10) ลงในสมการ (1) จะได้ สมการความร้อน 1 มิติในรูปแบบไร้มิติคือ

$$\frac{\partial U}{\partial T} = \frac{\partial^2 U}{\partial X^2}, \text{ สำหรับทุก } (X,T)\in[0,1]\times[0,T] \qquad (11)$$

เงื่อนไขเริ่มต้นคือ $$U(X,0) = \frac{u_0}{u_{\max}} \qquad (12)$$

เงื่อนไขที่ขอบ $$U(0,T) = 1 \qquad (13)$$

และ $$U_X(1,T) = \frac{u_l}{u_{\max}} \qquad (14)$$

3. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

งานวิจัยนี้จะใช้ระเบียบวิธีผลต่างทางหลังในเวลาและผลต่างศูนย์กลางในปริภูมิ (Finite Different Method : Backward Time and Central Space) ใช้สำหรับแก้สมการความร้อน 1 มิติในรูปแบบไร้มิติ

3.1 ระเบียบวิธีผลต่างทางหลังในเวลาและผลต่างศูนย์กลางในปริภูมิ

ประมาณค่าเทอมอนุพันธ์ย่อยในสมการ (11) โดย

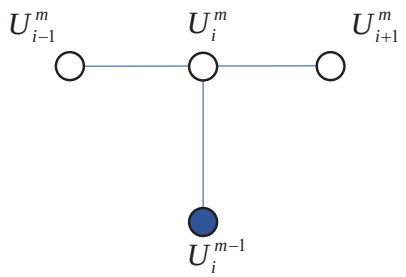
$$\frac{\partial U}{\partial T} = \frac{U_i^m - U_i^{m-1}}{\Delta T} + O(\Delta T) \qquad (15)$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} = \frac{U_{i-1}^m - 2U_i^m + U_{i+1}^m}{\Delta X^2} + O(\Delta x^2) \qquad (16)$$

แทนสมการ (15) และ (16) ลงในสมการ (11) โดยทำการละพจน์เศษเหลือ (Remainder Terms) จะได้

$$-\frac{1}{\Delta X^2}U_{i-1}^n + \left(\frac{1}{\Delta T} + \frac{2}{\Delta X^2}\right)U_i^n - \frac{1}{\Delta X^2}U_{i+1}^n = \frac{1}{\Delta T}U_i^{n-1} \qquad (17)$$

มีรูปแบบการประมาณค่าของสมการที่ (17) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบการเดินจุดสำหรับระเบียบวิธีผลต่างจำกัด (Stencil Diagram)

ที่ $U_i^m = U(i\Delta X, m\Delta T)$ สำหรับทุก $i = 2,3,...,N$ โดยที่ $N\Delta X = 1$ และ ΔX คือความกว้างของช่วงย่อยแนวแกน X และ $m = 1,2,...,M$ โดยที่ $M\Delta T = T$ และ ΔT คือช่วงย่อยแนวแกน T

3.2 การประมาณค่าที่เงื่อนไขขอบ

เนื่องจากเงื่อนไขขอบกำหนดโดยสมการ (14) งานวิจัยนี้จะเลือกใช้วิธีการประมาณค่าอนุพันธ์ย่อยโดยระเบียบวิธีผลต่างทางหน้า (Forward Difference Method)

$$\left.\frac{\partial U}{\partial X}\right|_{X=1} = \frac{U_{N+1}^n - U_N^n}{\Delta X} + O(\Delta X) \qquad (18)$$

จะได้ $$U_{N+1}^n = U_N^n + \Delta X\left(\frac{u_l}{u_{\max}}\right) \qquad (19)$$

3.3 เมทริกซ์ของผลเฉลย

การประมาณค่าผลเฉลยของสมการ (17) และ (19) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้เป็น AX=B เมื่อ

$$\mathrm{A}=\begin{bmatrix} b & c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a & b & c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & b & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a & b & c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a & b+c\left(\dfrac{u_l}{u_{\max}}\right) \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$\mathrm{X}=\begin{bmatrix} U_1^m & U_2^m & U_3^m & \cdots & U_{N-1}^m & U_N^m \end{bmatrix}^T \quad (21)$$

$$\mathrm{B}=\begin{bmatrix} d-aU_0^m & d & d & \cdots & d & d \end{bmatrix}^T \quad (22)$$

เมื่อ $$a=-\frac{\alpha}{\Delta X^2} \quad (23)$$

$$b=\frac{1}{\Delta T}+\frac{2\alpha}{\Delta X^2} \quad (24)$$

$$c=-\frac{\alpha}{\Delta X^2} \quad (25)$$

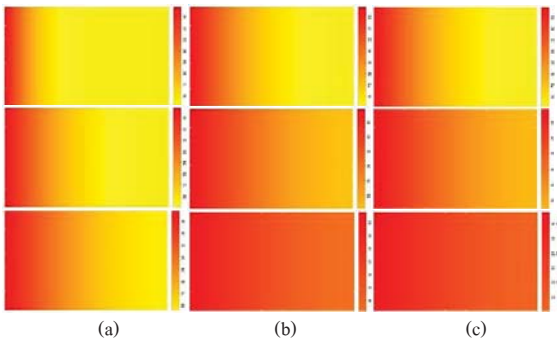
$$d=\frac{1}{\Delta T} \quad (26)$$

4. ผลลัพธ์จากการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์

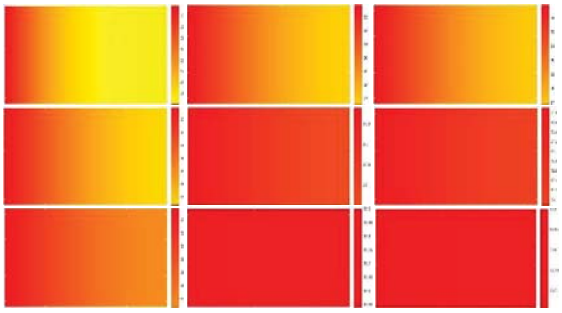
ในหัวข้อนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์คำนวณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากความร้อนของดวงอาทิตย์ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.93 องศาเซลเซียส กำแพงที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้มีความหนา 20 เซนติเมตร 30 เซนติเมตร และ 40 เซนติเมตร ภายในกำแพงมีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส กำแพงด้านในหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน คอนกรีตที่ใช้เป็นวัสดุในการสร้างกำแพง คือ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อก โดยกำหนดระยะห่างระหว่างจุดที่จะพิจารณาค่าอุณหภูมิภายในกำแพงเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ผลลัพธ์ที่ถูกนำเสนอในหัวข้อนี้จะแสดงกราฟการเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิภายในกำแพงที่ใช้คอนกรีตต่างชนิดกันและความหนาของกำแพงต่างกัน ที่เวลาแตกต่างกัน พร้อมกับแสดงค่าของอุณหภูมิของผนังด้านในสุดของกำแพง

รูปที่ 4 ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นภายในกำแพงและค่าอุณหภูมิที่ขอบกำแพงด้านนอก

กำหนดเงื่อนไขขอบนอกกำแพง $u(0,t)=33.93^\circ$ และเงื่อนไขที่ขอบด้านในกำแพง $u_x(l,t)=0$ อุณหภูมิเริ่มต้นภายในกำแพง $u(x,0)=25^\circ$ เมื่อ $0\le x\le l$ โดยงานวิจัยนี้จะจำลองแบบกำแพงที่มีความหนา $l=0.4,0.3,0.2$ เมตร ดังรูปที่ (5) - (7) แสดงแถบสีการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร โดยความร้อนถูกถ่ายเทจากผนังด้านนอกของกำแพงผ่านวัสดุที่เป็น (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ และ (c) คอนกรีตบล็อก ไปสู่ผนังด้านในของอาคาร (ขอบด้านขวา) ซึ่งแถบสีจะแสดงระดับอุณหภูมิจากสูงสุด (สีแดงเข้ม 33.93 องศาเซลเซียส) ไปยังระดับอุณหภูมิต่ำสุด (สีเหลือง 25 องศาเซลเซียส) เมื่อเวลาเวลา 15 และ 55 นาทีและเมื่อเวลา 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

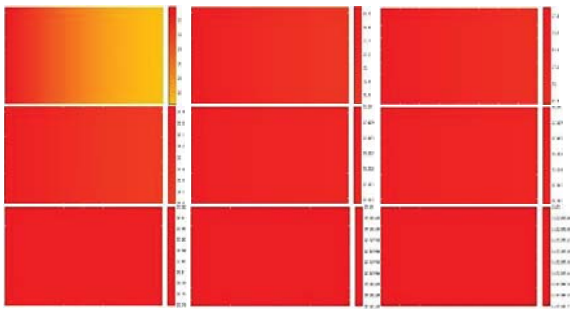


รูปที่ 5 การถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงหนา 0.4 เมตร ที่เวลา 15 นาที 55 นาทีและ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก



(a) (b) (c)

รูปที่ 6 การถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงหนา 0.3 เมตร ที่เวลา 15 นาที 55 นาทีและ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก



(a) (b) (c)

รูปที่ 7 การถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงหนา 0.2 เมตร ที่เวลา 15 นาที 55 นาทีและ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผนังด้านในกำแพงที่หนา 20 เซนติเมตร 30 เซนติเมตร และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเวลา 1, 5, 15, 25, 35, 45,55 นาที และ 1 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ชั่วโมง ตามลำดับ แกนแนวตั้งแสดงค่าอุณหภูมิเมื่อใช้วัสดุทั้งสามประเภท โดยเส้นประสีแดงบอกถึงอุณหภูมิเมื่อเวลา 1 ชั่วโมง จากการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์จะเห็นว่าความหนาของกำแพงส่งผลต่ออุณหภูมิของผนังด้านในกำแพงและจากรูป 8 (b) – (c) เมื่อเวลา 3 ชั่วโมง จะเห็นว่ากำแพงหนา 20 เซนติเมตรและ 30 เซนติเมตรให้อุณหภูมิที่ผนังด้านในกำแพงใกล้เคียงกัน

รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงที่เวลาแตกต่างกัน 25 นาที 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมง แกนตั้งแสดงอุณหภูมิโดยเส้นกราฟ (เส้นทึบและเส้นประ) แสดงการถ่ายเทอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงของคอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อกตามลำดับ โดยคอนกรีตบล็อกจะเป็นเส้นที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดของเส้นกราฟทั้งหมดและใกล้เคียงกับเส้นที่แสดงอุณหภูมิของอิฐมอญ

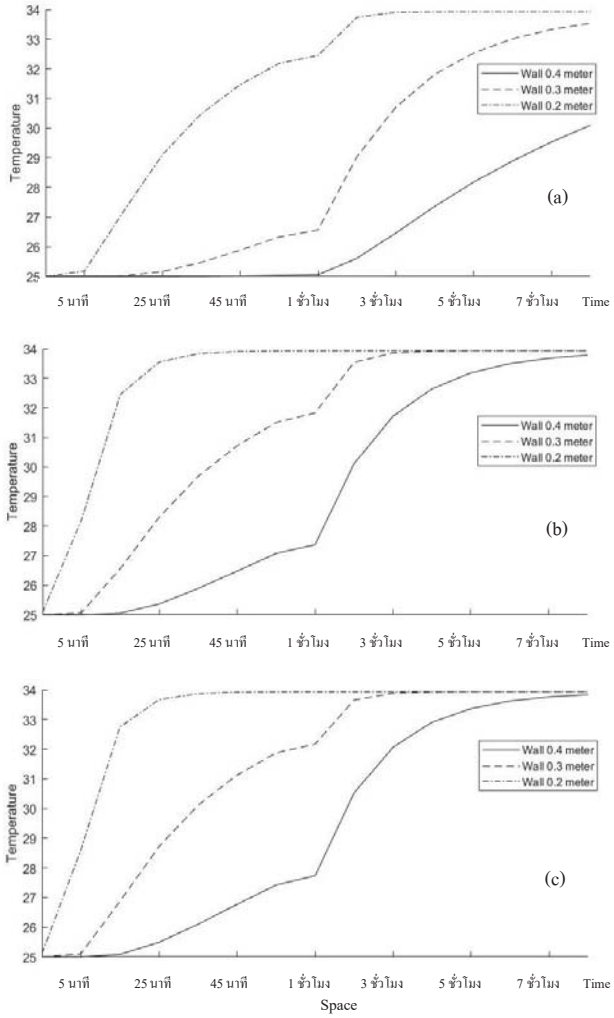
รูปที่ 10 - 12 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิจากผนังด้านนอก 33.93 องศาเซลเซียส ผ่านตัวกลางที่เป็นกำแพงที่สร้างจากคอนกรีตทั้งสามชนิดมายังขอบผนังด้านในของกำแพง ซึ่งมีความหนาของกำแพงต่างกัน แกนตั้งแสดงอุณหภูมิที่ต่ำสุด 25 องศาเซลเซียสและสูงสุด 33.93 องศาเซลเซียส โดยแต่ละกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในช่วงการเปลี่ยนแปลงของเวลาระยะสั้น เริ่มที่ 15 นาที จนถึง 55 นาที โดยเว้นช่วงทุก 10 นาที

ตารางที่ 3 แสดงค่าอุณหภูมิของผนังด้านในกำแพงหนา 0.3 เมตร ที่เวลา 15,35,60,120 และ 180 นาที

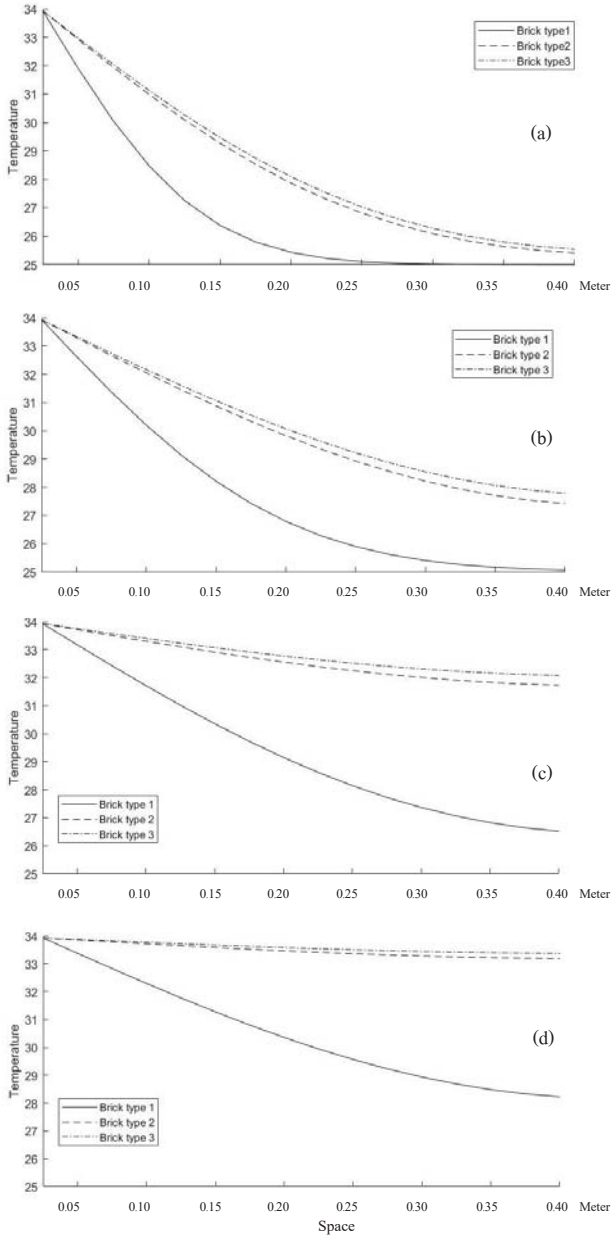
เวลา (นาที)	ค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	คอนกรีตมวลเบา	คอนกรีตมอญ	คอนกรีตบล็อก
15	25.02	26.57	26.87
35	25.47	29.68	30.10
60	26.57	31.82	32.17
120	29.03	33.54	33.65
180	30.71	33.85	33.88

ตารางที่ 4 แสดงค่าอุณหภูมิของผนังด้านในกำแพงหนา 0.2 เมตร ที่เวลา 15,35,60,120 และ 180 นาที

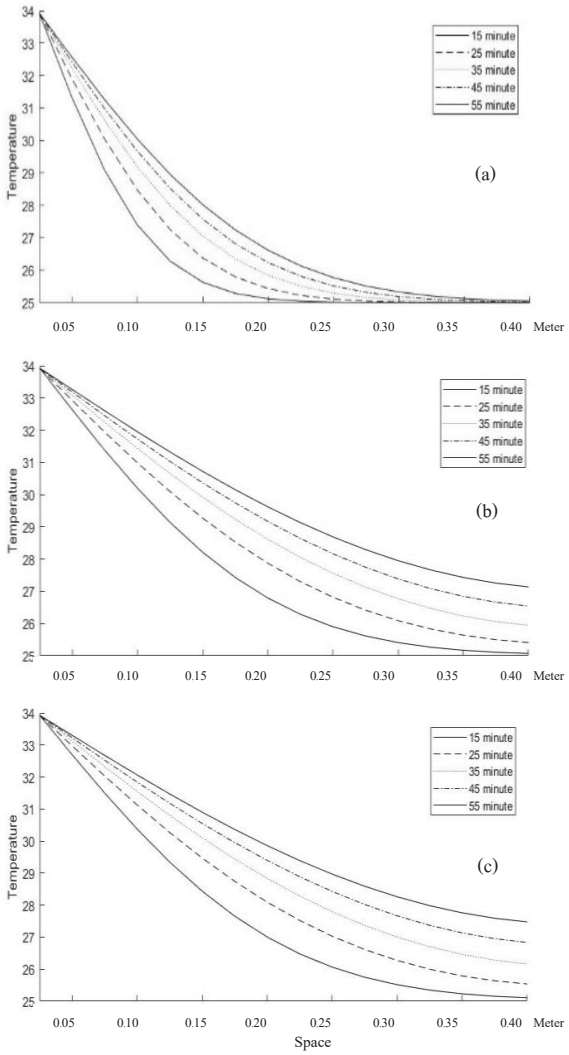
เวลา (นาที)	ค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	คอนกรีตมวลเบา	คอนกรีตมอญ	คอนกรีตบล็อก
15	27.18	32.46	32.75
35	30.48	33.83	33.87
60	32.45	33.92	33.92
120	33.73	33.93	33.93
180	33.90	33.93	33.93



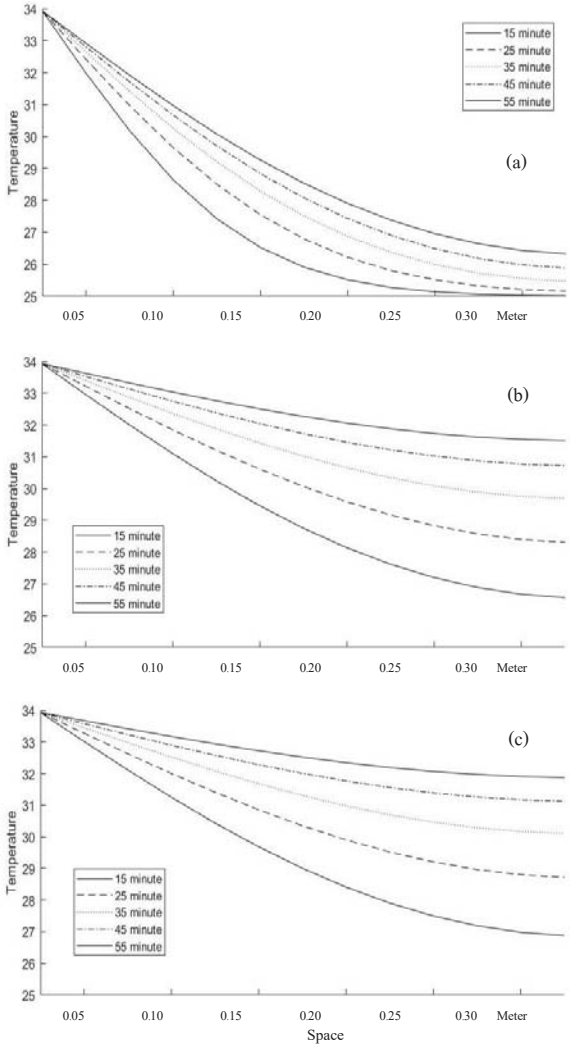
รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบของค่าอุณหภูมิของผนังด้านในของกำแพงที่เวลาและความหนาของกำแพงต่างกัน (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก



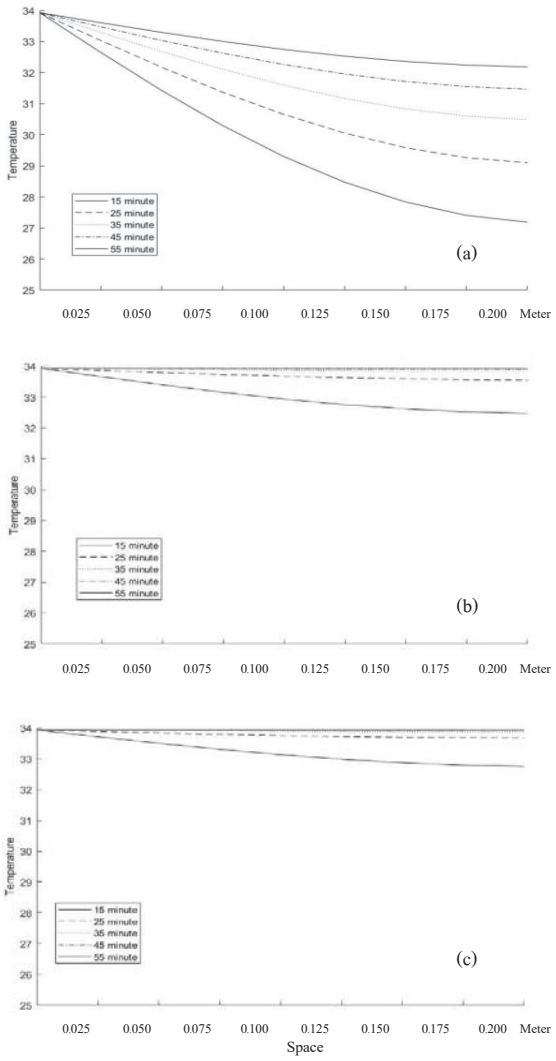
รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบของค่าอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงของคอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญ และคอนกรีตบล็อก (a) ที่เวลา 25 นาที (b) 1 ชั่วโมง (c) 3 ชั่วโมง (d) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบของค่าอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงหนา 0.4 เมตร ที่เวลา 15 นาที 25 นาที 35 นาที 45 นาที 55 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบของค่าอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงหนา 0.3 เมตร ที่เวลา 15 นาที 25 นาที 35 นาที 45 นาที 55 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก



รูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบของค่าอุณหภูมิจากผนังด้านนอกสู่ผนังด้านในกำแพงหนา 0.2 เมตร ที่เวลา 15 นาที 25 นาที 35 นาที 45 นาที 55 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง (a) คอนกรีตมวลเบา (b) คอนกรีตมอญ (c) คอนกรีตบล็อก

เมื่อทำการจำลองแบบโดยให้เวลามากขึ้นพบว่ากำแพงที่ใช้คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อกมีความหนา 0.3 เมตร อุณหภูมิของผนังภายในกำแพงเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง และเมื่อกำหนดกำแพงที่ใช้คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อกมีความหนา 0.2 เมตร อุณหภูมิของผนังภายในกำแพงจะเข้าสู่สภาวะเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง

5. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณหาค่าอุณหภูมิภายในและขอบด้านในของกำแพงที่ใช้วัสดุและความหนาของกำแพงแตกต่างกัน โดยการจำลองแบบนี้จะใช้สมการความร้อนใน 1 มิติโดยใช้เทคนิคการแปลงสมการควบคุมให้อยู่ในรูปแบบไร้มิติเพื่อความสะดวกและลดความซับซ้อนในการคำนวณเชิงตัวเลข ซึ่งการจำลองแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้สามารถคำนวณอุณหภูมิภายในกำแพงในแต่ละระดับความหนา ในแต่ละช่วงเวลาโดยสามารถจำลองแบบวัสดุได้อย่างหลากหลาย จากการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์พบว่าวัสดุที่กันความร้อนได้ดีคือคอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมอญและคอนกรีตบล็อก ตามลำดับ

6. ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณหาค่าอุณหภูมิภายในและขอบด้านในของกำแพง โดยวิธีการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ควรจะเพิ่มตัวแปรหรือปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงของอุณหภูมิที่ผนังด้านนอกของกำแพงเพื่อให้การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์นี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] จรัล รัตนโชตินันท์และพิธาน ไพโรจน์. (2016). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานคอนกรีตมวลเบาแบบมีรูกลวงกับคอนกรีตมวลเบาแบบปรกติ. *EAU HERITAGE JOURNAL Science and Technology*, 10(3).

[2] สุวัฒชัย ปลื้มฤทัยและโยธิน อึ้งกูล. (2554). การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวา. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ/นานาชาติ ครั้งที่ 2. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[3] อมลวรรณ แสนนวล, ศุทธา ศรีเผด็จและชนินทร์ ทิพโยภาส. (2559). การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารกรณีศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติก. *วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 15(2).

[4] โยธิน อึ่งกุล, พิชัย นามประกาย, นริศ ประทินทอง และรังสิต ศรจิตติ. (2006). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การถ่ายเทความร้อนและความชื้นในบ้านที่ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบาภายใต้สภาวะอากาศของประเทศไทย. *KKU Engineering Journal*, 33(4): 375-390.

[5] Gerald W. Recktenwald. (2000). **Numerical Methods with MATLAB: Implementations and Application.** United States of America (USA).

[6] Mitchell A. R. (1969). **Computational Methods in Partial Differential Equations.** United Kingdom, John-Wiley and Sons.

[7] Rattanachotinun, J. and Pairojn, P. (2016). The assessment of effectiveness and practical feasibility of glass solar chimney walls for tropical area, case study. Bangkok. Thailand. *International Energy Journal*, 14(1): 95-106.

[8] Louise Olsen-Kettle. (2011). **Numerical solution of partial differential equations.** Australia.

[9] Matthew J. Hancock. (2006). **The 1 D Heat Equation.** United States of America (USA).

[10] ข้อมูลคุณสมบัติของผนังคอนกรีตสำหรับธุรกิจการผลิต บริษัทไซมีส อีโคไลท์ จำกัด. สืบค้น 7 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.ecolite.co.th

[11] ข้อมูล อิฐบล็อก อิฐมวลเบา และอิฐมอญ บริษัทผลิตภัณฑ์ตราเพชร สืบค้นเมื่อวันที่ 9 เมษายน 2562, จาก http://blog.dbp.co.th/

การวิเคราะห์ต้นทุนกำจัดมูลฝอยติดเชื้อระหว่างการบำบัดด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ และการกำจัดโดยบริษัทเอกชน

Cost-effectiveness analysis of infectious wastes between using autoclave technology or export methods

[1]ธนินท์รัฐ สิทธิเวชธนาศิริ , [2]ปัญญารักษ์ โกศัลวัฒน์, [3] ชณิชา หมอยาดี

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหการ

กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

[3]วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

E-mail [1]amarit@rtaf.mi.th, [2]payarax@rtaf.mi.th, [3]chichamoryadee@gmail.com

Received: February 14, 2019

Revised: March 24, 2019

Accepted: April 2, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อระหว่างวิธีที่โรงพยาบาลดำเนินการเองด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟกับวิธีการส่งออกไปกำจัดโดยบริษัทเอกชน กรณีศึกษาโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนมูลฝอยติดเชื้อผ่านการบำบัดด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟก่อนส่งออกไปกำจัดโดยบริษัทเอกชน กรณีค่าธรรมเนียม 5 บาท/กก. มีต้นทุนรวม 5,816,779.60 บาท คิดเป็น 25.29 บาท/กก. และกรณีค่าธรรมเนียม 13 บาท/กก. มีต้นทุนรวม 5,908,757.20 บาท คิดเป็น 25.69 บาท/กก. ส่วนต้นทุนที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ กรณีค่าธรรมเนียม 5 บาท/กก. มีต้นทุน 2,931,320 บาท คิดเป็น 12.75 บาท/กก. และกรณีค่าธรรมเนียม 13 บาท/กก. มีต้นทุน 4,770,872 บาท คิดเป็น 20.74 บาท/กก. จากผลการวิจัยดังกล่าวสรุปได้ว่าควรใช้วิธีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าและคุ้มค่าที่สุดซึ่งผลการศึกษางานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้บริหารในการจัดสรรทรัพยากรสำหรับใช้ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล ตลอดจนเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดได้

คำสำคัญ : มูลฝอยติดเชื้อ; การวิเคราะห์ต้นทุน; เทคโนโลยีออโต้เคลฟ

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze the cost of disposal of infectious wastes between using in-house autoclave technology or outsourcing services: a case study of Bhumibol Adulyadej Hospital, The Royal Thai Air Force. The study indicated that the total cost of infectious wastes through the autoclave technology , in case of 5 baht/kg fee, was 5,816,779.60 baht (25.29 baht/kg on average); while in case of 13 baht/kg fee, the total cost was 5,908,757.20 baht (25.69 baht/kg on average). On the other hand, the total cost of infectious wastes removal using outsourcing method, in case of 5 baht/kg fee, was 2,931,320 baht (12.75 baht/kg on average), whereas the

total cost, in case of fee 13 baht/kg, was 4,770,872 baht (20.74 baht/kg on average). As a result of this study, in order to minimize cost, outsourcing services should be taken into account rather than autoclave technology for eliminating infectious wastes. The study results can support resource allocation management as well as decision making of implementing an approach for hospital wastes management.

Keywords : infectious wastes; cost-effective; autoclave technology

1. บทนำ

จากพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2561 เป็นการปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ให้มีความสอดคล้องกับรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย และปรับปรุงหลักเกณฑ์การปฏิบัติให้สอดคล้องกับสภาวการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้มีมาตรฐานอันเป็นที่ยอมรับ และได้รับความเชื่อมั่นจากทุกภาคส่วนในการดำรงไว้ซึ่งการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติควบคู่ไปกับการพัฒนาประเทศอย่างสมดุล (http://asa.or.th/laws/news20180425) กองทัพอากาศตระหนักถึงความสำคัญเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยผู้บัญชาการทหารอากาศ ได้อนุมัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมกองทัพอากาศดำเนินการจัดทำร่างยุทธศาสตร์สิ่งแวดล้อมกองทัพอากาศให้มีความสอดคล้อง และพร้อมสนับสนุนรัฐบาลในการขับเคลื่อนงานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม ประกอบด้วย 3 ประเด็นยุทธศาสตร์หลัก ซึ่งให้ความสำคัญต่อกำลังพล ระบบจัดการ และการสร้างเครือข่าย ได้แก่ ยุทธศาสตร์ที่ 1 การป้องกันและลดการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้นทาง ยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาระบบการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ และยุทธศาสตร์ที่ 3 การเสริมสร้างเครือข่ายและองค์ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยกองทัพอากาศพร้อมประสานความร่วมมือกับทุกภาคส่วนในการดำเนินการเพื่อแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างโลกสีเขียว และมอบคุณภาพชีวิตที่ดีให้แก่กำลังพลกองทัพอากาศ (http://www.rtaf.mi.th/th/RTAFNews/Pages/A20180605aspx)

จากผลรายงานของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ พบว่า แนวโน้มมูลฝอยติดเชื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2557 ถึงปี 2560 โดยมีปริมาณ 39.92%, 35.83%, 41.68% และ 45.77% ตามลำดับ เนื่องจากอยู่ในแนวเส้นทางของโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (BTS) ที่สถานีหมอชิตไปตามถนนพหลโยธินและสิ้นสุดบริเวณคลองสองสถานีคูคต ด้วยเหตุนี้คาดว่าจะทำให้จำนวนผู้เดินทางมาใช้บริการโรงพยาบาลภูมิพลเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้โรงพยาบาลมีแผนการขยายห้องตรวจเพิ่มอีก 6 ห้อง เพิ่มอาคารอีก 4 อาคาร ได้แก่ อาคารเฉลิมพระเกียรติ อาคารสนับสนุนการรักษาพยาบาล อาคารพยาธิกรรม และอาคารศูนย์มะเร็ง อีกทั้งเพิ่มพื้นที่บริการอีก 4 แห่งเพื่อเป็นการรองรับจำนวนผู้มารับบริการในอนาคต ผลกระทบที่ตามมาคือ มูลฝอยติดเชื้อที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต โรงพยาบาลภูมิพล อดุลยเดช ฯ จึงต้องมีระบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่ดี เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ทั้งเพื่อป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อให้กับบุคลากรที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะติดเชื้อจากผู้ป่วย จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อระหว่างการใช้เทคโนโลยีออโต้เคลฟ (Autoclave Technology) กับวิธีการส่งออกไปกำจัดโดยบริษัทเอกชน (Outsourcing Services) กรณีศึกษาโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ โดยจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการตัดสินใจในการวางแผนค่าใช้จ่าย และงบประมาณที่ต้องใช้ในแต่ละปี ซึ่งโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ ให้ความสำคัญของการนำเครื่องออโต้เคลฟเข้ามาใช้ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยที่เครื่อง

ออโต้เคลฟจะเป็นการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีผ่านกระบวนการไอน้ำที่ความร้อน 121°C เพื่อกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้กลายเป็นมูลฝอยทั่วไป ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้กับโรงพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสถานการณ์มูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ ในปัจจุบันและอนาคต

2.2 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนของการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อระหว่างการใช้เทคโนโลยีออโต้เคลฟกับวิธีการส่งมูลฝอยติดเชื้อออกไปกำจัดโดยบริษัทเอกชน

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ โดยศึกษามูลฝอยติดเชื้อ (ถุงแดง) ที่ส่งกำจัดนอกโรงพยาบาลเท่านั้น

3.2 ศึกษาต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลรวมถึงต้นทุนที่จ่ายให้กับหน่วยงานภายนอกหรือบริษัทเอกชนที่รับกำจัดมูลฝอยนอกโรงพยาบาลเท่านั้น

การศึกษาต้นทุนค่าลงทุนในงานวิจัยนี้จะคำนวณต้นทุนผันแปร (ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุง และค่าน้ำประปา) ด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ

4. การทบทวนวรรณกรรม

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมูลฝอยติดเชื้อ ในคำจำกัดความของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ให้คำจำกัดความว่ามูลฝอยติดเชื้อเป็นผลมาจากกระบวนการให้การรักษาพยาบาล การตรวจวินิจฉัย การให้ภูมิคุ้มกันโรค การศึกษาวิจัย ที่ดำเนินการทั้งในมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมีเหตุอันควรสงสัยว่ามีหรืออาจมีเชื้อโรค หรือมีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นซึ่งถ้ามีการสัมผัส หรือใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้นแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้ ส่วนกองวิชาการสำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร ให้คำจำกัดความว่ามูลฝอยติดเชื้อหมายถึง สิ่งของ เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่สัมผัสกับผลิตผลของผู้ป่วยโรคติดเชื้ออันตราย ได้แก่ เลือด น้ำเหลือง หนอง เสมหะ น้ำลาย ปัสสาวะ อุจจาระ และอื่น ๆ กล่าวโดยสรุป มูลฝอยติดเชื้อ หมายถึง มูลฝอยที่สัมผัสกับผลิตผลของผู้ป่วยที่เป็นโรคติดเชื้ออันตราย ไม่ว่าจะเป็นโรคเอดส์ ไข้เลือดออก ฯลฯ โดยการสัมผัสนั้นไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับตัวผู้ป่วยเองก็ได้ อาจจะเกิดจากการสัมผัสกับสิ่งของ เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ป่วยใช้ไปแล้ว

เทคโนโลยีออโต้เคลฟ เป็นระบบการทำงานร่วมกันของความชื้น ความร้อน และความดัน เพื่อหยุดยั้งการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมระบุว่าเป็นเทคนิคการทำลายเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน สามารถใช้ได้ดีกับมูลฝอยที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น สำลี ก๊อซ ถุงมือ ของมีคม พลาสติกต่าง ๆ แต่ไม่เหมาะกับมูลฝอยที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ชิ้นส่วนของอวัยวะ ของเหลว และ ไม่ควรใช้กับมูลฝอยที่เกิดจากการรักษาด้วยเคมีบำบัด สารระเหย มูลฝอยทางรังสี หรือมูลฝอยอันตรายต่าง ๆ การทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และสปอร์ของแบคทีเรีย กระบวนการทำลายเชื้อเริ่มต้นด้วยการแทรกตัวของไอน้ำเข้าไปในมูลฝอย ติดเชื้อ โดยที่มูลฝอยทุกส่วนต้องมีการสัมผัสกับอุณหภูมิที่ต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อขึ้นกับความสามารถในการแทรกตัวของไอน้ำเข้าไปทุกส่วนของมูลฝอยติดเชื้อ ดังนั้นปัจจัยสำคัญสำหรับการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำจึงขึ้นกับความดัน อุณหภูมิ ระยะเวลา องค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อ ขนาด และความหนาของชิ้นส่วนมูลฝอย ระบบการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำที่มีการบดย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็ก อุณหภูมิที่ใช้ในการบำบัดต้องไม่น้อยกว่า 121 °C ที่ระดับความดันไม่ต่ำกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที สำหรับระบบที่ไม่มีการบดย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็ก อุณหภูมิที่ใช้ในการบำบัดต้องไม่น้อยกว่า 121°C ที่ระดับความดันไม่ต่ำกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้เวลาอย่างน้อย 60 นาที สภาพมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีนี้สามารถส่งกำจัดแบบมูลฝอยทั่วไปโดยมูลฝอยหลังการบำบัดจะไม่เปลี่ยนสภาพและอาจมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไร

ก็ตามปัจจุบันหลายบริษัทมีการรวมระบบการบดย่อย การบีบอัดมูลฝอย การทำให้แห้ง ทำให้มูลฝอยหลังการบำบัดมีปริมาตรลดลง 60% -80% ของมูลฝอยเดิม

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการจะเริ่มจากเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณ และประเภทมูลฝอย ติดเชื้อจากแผนกสิ่งแวดล้อมโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลด้านการเงิน ที่เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ หรือค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฝ่ายการเงินและงบประมาณ และหน่วยการเจ้าหน้าที่ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและทำลายมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์จัดเก็บมูลฝอย เช่น ถุงแดง ถุงมูลฝอย ฯลฯ ค่าใช้จ่ายในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์จัดเก็บมูลฝอย การบำบัดมูลฝอยและค่าใช้จ่ายที่จ่ายให้กับหน่วยงานที่รับกำจัดมูลฝอยนอกโรงพยาบาลจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ ได้แก่ ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายเวชภัณฑ์ หน่วยยานยนต์ และกลุ่มงานส่วนโยธาขยะ และทำการรวบรวมรายละเอียดค่าใช้จ่าย การใช้เทคโนโลยีในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยออโต้เคลฟ

การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการพยากรณ์ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อโดยอาศัยข้อมูลย้อนหลังแล้วทำการวิเคราะห์ต้นทุนทั้งการบำบัดโดยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ และการส่งออกไปกำจัดโดยบริษัทเอกชนเพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่า โดยมีรูปแบบการแสดง ดังตัวอย่างตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแบบเทคโนโลยีออโต้เคลฟ และการให้บริษัทเอกชนดำเนินการ

ปี	ต้นทุนในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ			
	ไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (5 บาท/กก.)	ไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (13 บาท/กก.)	ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (5 บาท/กก.)	ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (13 บาท/กก.)
2561				
2652				
2563				

6. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาประเภทและปริมาณมูลฝอยติดเชื้อในอนาคต จากการเก็บรวบรวมและคัดแยกประเภทมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ยปีละ 215,827.40 กิโลกรัม โดยจะพบว่ามูลฝอยติดเชื้อที่สามารถบำบัดด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ ได้แก่ สำลี ผ้าก๊อซ ผ้าพันแผล ถุงมือยาง หัวเข็ม จานเพาะเชื้อ แก้ว 95% ของปริมาณมูลฝอยติดเชื้อทั้งหมด และที่ไม่สามารถบำบัดด้วยเทคโนโลยีออโต้เคลฟ ได้แก่ เนื้อเยื่อ ของเหลว คิดเป็น 5 % ซึ่งสามารถประมาณการปริมาณมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลในอนาคต จากข้อมูลสถิติมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล ปี พ.ศ.2551 - 2560 รายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ ปี พ.ศ. 2551 - 2560

ปี	ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ (กก.)
2551	202,411
2552	205,947
2553	205,700
2554	211,735
2555	212,065
2556	214,500
2557	216,330
2558	223,067
2559	236,575
2560	229,944

จากข้อมูลแนวโน้มปริมาณมูลฝอยติดเชื้อมีลักษณะรูปแบบความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงทางผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้การพยากรณ์แบบเส้นตรงโดยสามารถพยากรณ์ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อในอนาคตได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการพยากรณ์ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ ปี พ.ศ.2561 - 2570

ปี	ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ (กก.)
2561	234,721.44
2562	238,156.72
2563	241,592.00
2564	245,027.28
2565	248,462.56
2566	251,897.84
2567	255,333.12
2568	258,768.40
2569	262,203.68
2570	265,638.96

ประมาณค่าสัดส่วนของมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟ จากมูลฝอยติดเชื้อที่คำนวณได้ใน 10 ปี โดยมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟ ได้แก่ ถุงยาง สำลี ก๊อซ ผ้าพันแผล พลาสติก หัวเข็ม จานเพาะเชื้อ แก้ว และอื่น ๆ คิดเป็น 95 % ส่วนมูลฝอยติดเชื้อที่ไม่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟ ได้แก่ ชิ้นเนื้อ สารเคมี ฯลฯ คิดเป็น 5% จากนั้นหาสัดส่วนมูลฝอยติดเชื้อ ปี พ.ศ.2560 ที่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟ และไม่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟ เพื่อนำข้อมูลไปประกอบการวิเคราะห์ต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ ปี พ.ศ.2561 - 2570

ปี	ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ (กก.)	ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ	ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่ไม่สามารถผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ
2561	234,721.44	222,985.37	11,736.07
2562	238,156.72	226,248.88	11,907.84
2563	241,592	229,512.40	12,079.60
2564	245,027.28	232,775.92	12,251.36
2565	248,462.56	236,039.43	12,423.13
2566	251,897.84	239,302.95	12,594.89
2567	255,333.12	242,566.46	12,766.66
2568	258,768.40	245,829.98	12,938.42
2569	262,203.68	249,093.50	13,110.18
2570	265,638.96	252,357.01	13,281.95

ผลการวิเคราะห์การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ประกอบด้วย ต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านกระบวนการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (กรณีอัตราค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่จ่ายให้กรุงเทพธนาคม 5 บาท/กก.) ต้นทุนการใช้ออโต้เคลฟรุ่น SMS AS6618 ที่ผลิตโดยบริษัท SMS ประเทศโปแลนด์ มีความสามารถในการบำบัดมูลฝอย ติดเชื้อ 100 กก./ชม. ต้นทุนค่าลงทุนเครื่องออโต้เคลฟ 5,000,000 บาท มีค่าซ่อมบำรุงประมาณ 5,000 -50,000 บาท/ปี และในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ 229,944 กิโลกรัม โดยปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟ คิดเป็น 95 % เท่ากับ 218,446.80 กิโลกรัมคิดอัตรา 2 บาท/กิโลกรัม และไม่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟได้ 11,497.20 กิโลกรัมโดยมีรายละเอียด การวิเคราะห์ต้นทุน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (5 บาท/กก.)

รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
1. ต้นทุนคงที่	
- ค่าลงทุนเครื่องออโต้เคลฟ	5,000,000
2. ต้นทุนผันแปร	
- ค่าไฟ	12,000
- ค่าน้ำ	32,400
- ค่าซ่อมบำรุง	20,000
- ค่าแรงงาน	108,000
- ค่าวัสดุอุปกรณ์	150,000
- ค่ากำจัดมูลฝอยติดเชื้อผ่านการบำบัดออโต้เคลฟ (218,446.80 x 2 บาท)	436,893.60
- ค่ากำจัดมูลฝอยติดเชื้อไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (11,497.20 x 5 บาท)	57,486.00
รวมต้นทุนผันแปร	816,779.60

รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
รวมต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ	5,816,779.60
ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กก.)	25.29

จากตารางที่ 5 พบว่า การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดก่อนส่งออกนอกโรงพยาบาลโดยใช้ออโต้เคลฟที่มีความสามารถในการบำบัด 100 กก./ชม. โรงพยาบาลจะมีต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อประมาณปีละ 5,816,779.60 บาท เฉลี่ยคิดเป็น 25.29 บาท/กก.

ต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านกระบวนการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (กรณีอัตราค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่จ่ายให้กรุงเทพธนาคม 13 บาท/กก.)

ต้นทุนการใช้ออโต้เคลฟรุ่นSMS AS6618 ที่ผลิตโดยบริษัท SMS ประเทศโปแลนด์ มีความสามารถในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อ 100 กก./ชม. ต้นทุนค่าลงทุนเครื่องออโต้เคลฟ 5,000,000 บาท มีค่าซ่อมบำรุงประมาณ 5,000 - 50,000 บาท/ปี และในปี 2560 มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ 229,944 กิโลกรัม โดยปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟคิดเป็น 95 % เท่ากับ 218,446.80 กิโลกรัมคิดอัตรา 2 บาท/กิโลกรัม และไม่สามารถบำบัดด้วยออโต้เคลฟได้ 11,497.20 กิโลกรัม โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ต้นทุน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (13 บาท/กก.)

รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
1. ต้นทุนคงที่	
- ค่าลงทุนเครื่องออโต้เคลฟ	5,000,000
2. ต้นทุนผันแปร	
- ค่าไฟ	12,000
- ค่าน้ำ	32,400
- ค่าซ่อมบำรุง	20,000
- ค่าแรงงาน	108,000
- ค่าวัสดุอุปกรณ์	150,000
- ค่ากำจัดมูลฝอยติดเชื้อผ่านบำบัดออโต้เคลฟ (218,446.80 x 2 บาท)	436,893.60
- ค่ากำจัดมูลฝอยติดเชื้อไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (11,497.20 x 13 บาท)	149,463.60
รวมต้นทุนผันแปร	908,757.20
รวมต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ	5,908,757.20
ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กก.)	25.69

จากตารางที่ 6 พบว่า การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดก่อนส่งออกนอกโรงพยาบาลโดยใช้ออโต้เคลฟที่มีความสามารถในการบำบัด 100 กก./ชม. โรงพยาบาลจะมีต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อประมาณปีละ 5,908,757.20 บาท เฉลี่ยคิดเป็น 25.69 บาท/กก. ต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านกระบวน

การบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (กรณีอัตราค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่จ่ายให้กรุงเทพธนาคม 5 บาท/กก.) มีรายละเอียด ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (5 บาท/กก.)

รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่ากำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยส่งให้บริษัทเอกชนไปดำเนินการ	1,149,720
2. ค่าแรงงาน	324,000
3. ค่าวัสดุอุปกรณ์	1,457,600
รวมต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ	2,931,320
ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กก.)	12.75

จากตารางที่ 7 พบว่า การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อนส่งออกนอกโรงพยาบาลซึ่งทางโรงพยาบาลจะมีต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อประมาณปีละ 2,931,320 บาท เฉลี่ยคิดเป็น 12.75 บาท/กก.

ต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (กรณีอัตราค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่จ่ายให้กรุงเทพธนาคม 13 บาท/กก.) มีรายละเอียด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (13 บาท/กก.)

รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่ากำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยส่งให้บริษัทเอกชนไปดำเนินการ	2,989,272
2. ค่าแรงงาน	324,000
3. ค่าวัสดุอุปกรณ์	1,457,600
รวมต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ	4,770,872
ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กก.)	20.74

จากตารางที่ 8 พบว่า การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อนส่งออกนอกโรงพยาบาลซึ่งทางโรงพยาบาลจะมีต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อประมาณปีละ 4,770,872 บาท เฉลี่ยคิดเป็น 20.74 บาท/กก.

โดยจากต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อทั้ง 4 กรณี สามารถนำมาพยากรณ์ต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อตั้งแต่ปี พ.ศ.2561-2570 ได้ดังตารางที่ 9

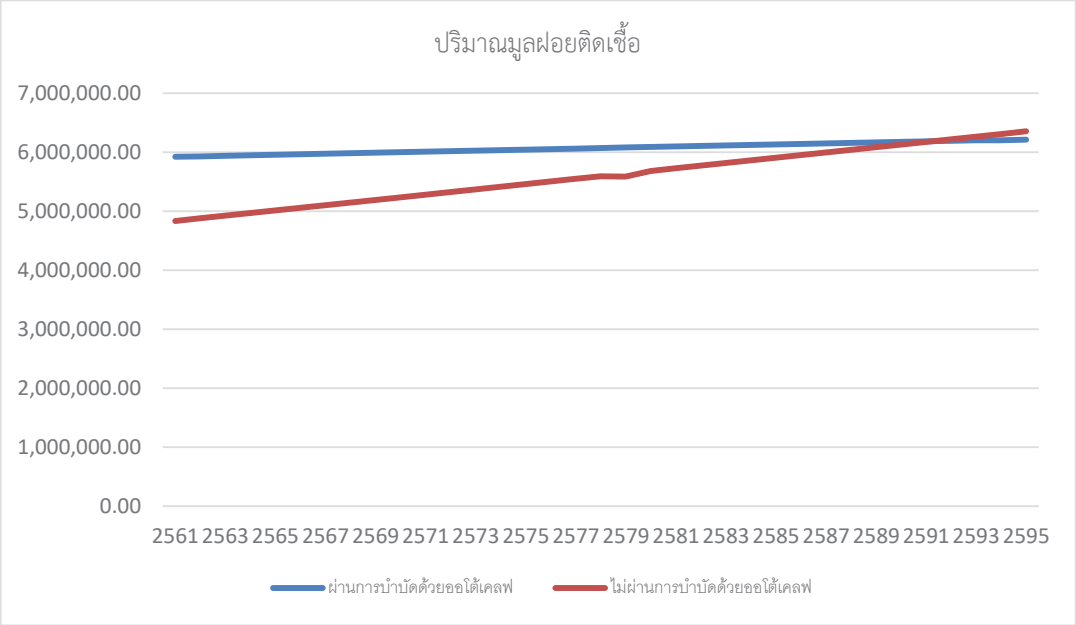
ตารางที่ 9 แสดงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อในปี พ.ศ.2561 - 2570

ปี	ต้นทุนในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ			
	ไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (5 บาท/กก.)	ไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (13 บาท/กก.)	ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (5 บาท/กก.)	ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (13 บาท/กก.)
2561	2,955,207.20	4,832,978.72	5,827,051.09	5,920,939.65
2562	2,972,383.60	4,877,637.36	5,834,431.96	5,929,699.68
2563	2,989,560	4,922,296	5,841,822.80	5,938,459.60
2564	3,006,736.40	4,966,954.64	5,849,208.64	5,947,219.52
2565	3,023,912.80	5,011,613.28	5,856,594.51	5,955,979.55
2566	3,041,089.20	5,056,271.92	5,863,980.35	5,964,739.47
2567	3,058,265.60	5,100,930.56	5,871,366.22	5,973,499.50
2568	3,075,442	5,145,589.20	5,878,752.06	5,982,259.42
2569	3,092,618.40	5,190,247.84	5,886,137.90	5,991,020.34
2570	3,109,794.80	5,234,906.48	5,893,523.77	5,999.779.37

จากตารางที่ 9 พบว่าอัตราค่าธรรมเนียม 5 บาท/กก. จะมีต้นทุนในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อทั้ง 2 วิธี ซึ่งแตกต่างกันมาก สามารถสรุปได้ว่าการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟเป็นวิธีที่คุ้มค่ามากที่สุด เนื่องจากวิธีการบำบัดด้วยออโต้เคลฟจะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงเครื่อง ค่าน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากหนังสือสัญญาของกรุงเทพมหานครกับโรงพยาบาล ในเรื่องการเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอยติดเชื้อในอัตรากิโลกรัมละ 5 บาท จะสิ้นสุดสัญญาในปี พ.ศ. 2564 และมีแนวโน้มที่จะเก็บอัตราค่าธรรมเนียมที่สูงขึ้น เนื่องจากปัจจุบันทางกรุงเทพมหานครได้แบ่งเบาภาระอัตราค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล โดยเรียกเก็บค่าธรรมเนียมแค่การขนส่งมูลฝอยติดเชื้อเท่านั้น ด้วยเหตุผลนี้ทางโรงพยาบาลควรตระหนักถึงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากว่าในอนาคตมีแนวโน้มปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่สูงขึ้น ดังนั้นการนำเทคโนโลยีออโต้เคลฟมาใช้ในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อถือว่าเป็นหนึ่งทางเลือกที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีประสิทธิภาพในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้ออยู่ในระดับ High Level Disinfection ของ Center for Disease Control and Prevention (C.D.C) ของประเทศสหรัฐอเมริกา อีกทั้งเมื่อพิจารณาต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อพบว่าในอนาคตอาจจะมีต้นทุนที่ถูกกว่าการจัดการมูลฝอยติดเชื้อกรณีไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ (กรณีค่าธรรมเนียม 13 บาท/กก.) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลสำหรับผู้บริหารในการจัดสรรทรัพยากรสำหรับใช้ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลต่อไป

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและอัตราการเกิดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจะมีอัตราส่วนแปรผันตรงกับปริมาณผู้รับบริการซึ่งจากการพยากรณ์การเกิดมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 629.98 กก./วัน และมีการคาดการณ์ในปี พ.ศ.2564 โครงการระบบขนส่งมวลชนเสร็จสิ้นคาดว่าจะมีผู้รับบริการโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ฯ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอยู่ในแนวเส้นทางของโครงการระบบขนส่งมวลชน (BTS) ทำให้สามารถที่จะเดินทางมายังโรงพยาบาลสะดวกมากขึ้น โดยในปัจจุบันมีอัตราการเกิดมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 671.30 กก./วัน จากค่าพยากรณ์มูลฝอยติดเชื้อโรงพยาบาลสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ไปประกอบในการจัดทำแผนกลยุทธ์ และหาวิธีการในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ต้นทุนคุ้มค่าที่สุด เพื่อลดต้นทุนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต รวมทั้งวางแผนงบประมาณในระยะยาวในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อกรณีปรับอัตราค่าธรรมเนียม 13 บาท/กก. สำหรับต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยจากการศึกษา พบว่าการจัดการมูลฝอยติดเชื้อกรณีโรงพยาบาลส่งออกไปยังบริษัทเอกชนโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ มีต้นทุนรวมและต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่าการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ ก่อนส่งออกไปยังบริษัทเอกชน เนื่องจากการใช้เครื่องออโต้เคลฟในการบำบัด มีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าลงทุนสูง โดยจะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 5,000,000 บาท/เครื่อง ทำให้การเลือกใช้เครื่องออโต้เคลฟในการบำบัดเป็นทางเลือกที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ พบว่าโรงพยาบาลมีต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเพียงแค่ต้นทุนในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ ต้นทุนในการจ้างพนักงาน และต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ส่งออกไปยังบริษัทเอกชน อีกทั้งทางโรงพยาบาลไม่ต้องกังวลในเรื่องของความปลอดภัยเนื่องจากทางบริษัทเอกชนจะดำเนินการ ในส่วนของการขนส่ง และการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงถึงการคำนวณต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ คือ อัตราค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่ส่งออกไปกำจัดยังบริษัทเอกชนจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันทางกรุงเทพมหานครได้ แบกรับภาระต้นทุนในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ส่งออกไปยังบริษัทเอกชนเพื่อช่วยลดต้นทุน ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาล โดยในปัจจุบันทางโรงพยาบาลได้ทำสัญญากับกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ (ปี พ.ศ. 2560-2564) มีอัตราค่าธรรมเนียมอยู่ที่ 5 บาท/กก. ซึ่งหลังจากปี พ.ศ.2564 อาจจะมีแนวโน้มปรับอัตราค่าธรรมเนียมเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นไปตามสัญญา โดยเมื่อพิจารณาต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อกรณีอัตราค่าธรรมเนียมเพิ่มขึ้นเป็น 13 บาท/กก. แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อกรณีอัตราค่าธรรมเนียมเพิ่มขึ้นเป็น 13 บาท/กก.

จากรูปที่ 1 พบว่าต้นทุนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ มีแนวโน้มที่ถูกกว่าการจัดการมูลฝอยติดเชื้อกรณีไม่ผ่านการบำบัดด้วยออโต้เคลฟ โดยคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ.2592 การนำเทคโนโลยีออโต้เคลฟมาใช้ในการบำบัดก่อนส่งออกไปยังบริษัทเอกชนจะมีต้นทุนที่ถูกกว่า ดังนั้นการกำจัดโดยส่งให้บริษัทเอกชนดำเนินการเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. (2561). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม. สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2561, จาก http://asa.or.th/laws/news20180425

[2] กองทัพอากาศ. (2561). ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี. สืบค้น 16 ธันวาคม 2561, จาก http://www.rtaf.mi.th/th/RTAFNews/Pages/A20180605asp

[3] เพลินพิศ พรหมมะลิ. (2541). การศึกษาการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลศิริราช (ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล).

[4] วัชราภรณ์ ผลพูล. (2549). การศึกษาระบบการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลตัวอย่าง (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ).

[5] เบญจพร จิตรหาญ. (2548). วิเคราะห์ต้นทุนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยผ่านการบำบัด และการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อนส่งออกนอกโรงพยาบาล (ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

AHP application for method selection of Royal Thai Navy maritime patrols

ยุวลักษณ์ จุลปาน

วิชาการบริหารกิจการทางทะเล (สหสาขาวิชา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail :[1]yuwaluck.ch@gmail.com

Received: June 10, 2019

Revised: July 12, 2019

Accepted: July 15, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถประยุกต์ใช้ในการช่วยลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ เพื่อลดปริมาณการใช้เรือในการลาดตระเวน โดยการนำเอากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจจากวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนทางทะเลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน 4 วิธีการ คือ เทคโนโลยีดาวเทียม เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ เซนเซอร์ใต้น้ำ และสถานีเรดาร์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเชี่ยวชาญในวิธีการทั้ง 4 วิธีการ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดหายุทโธปกรณ์ของกองทัพเรือ โดยการให้คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยเพื่อที่มีผลต่อการเลือกวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ โดยการวินิจฉัยเปรียบเทียบทีละคู่ และการให้คะแนนความสำคัญระหว่างวิธีการที่มีผลต่อแต่ละปัจจัยโดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงคะแนนเป็นเกณฑ์ตั้งแต่ 1 – 9 ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ ใน 5 ลำดับแรก ตามลำดับ คือ ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ความเสี่ยงต่อการถูกโจมตี ความสะดวกในการใช้งาน ความน่าเชื่อถือของการใช้งาน และความเที่ยงตรงของข้อมูล สำหรับวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ คือ เทคโนโลยีดาวเทียม

คำสำคัญ: กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์, การลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

Abstract

This objective of this research is to select the suitable method to apply with Royal Thai Navy Maritime Patrols in order to reduce the number of ship. Which is used the Analytic Hierarchy Process to support methods obtained from the relevant literature and research in 4 methods i.e. Satellite Technology, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology, Underwater Sensing Network, and Radars. All information used in this research were collected via questionnaires surveys and interviews from the expertise in maritime patrolling with the 4 methods and person who works in Naval Acquisition Management Office (NAMO). The survey is asking both participants to indicate degree of perceived importance level of each factor to select the suitable method of Royal Thai Navy

Maritime Patrols. Pairwise comparison was applied to prioritize the factors by score 1 to 9 maximum. The research result revealed that the most important decision factors affected the selection the suitable method of Royal Thai Navy Maritime Patrols ranking from highest to lowest were User's safety, Risk of an offensive, Usability, Reliability and the Preciseness of data. As the result mentioned above, the suitable method for the Royal Thai Navy Maritime patrols is Satellite Technology.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Royal Thai Navy Maritime Patrols

1. ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทย ตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก มีเนื้อที่ประมาณ 513,000 ตารางกิโลเมตร ทางตอนเหนือจะมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ทางตอนกลางเป็นทิวเขาสลับที่ราบลูกฟูก ส่วนทางตอนใต้เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล ลักษณะชายฝั่งเว้าแหว่งเต็มไปด้วยเกาะแก่ง ด้านตะวันตกติดกับทะเลอันดามัน และด้านตะวันออกติดกับทะเลอ่าวไทย ประเทศไทยมีอาณาเขตทางทะเล (Maritime Zone) ตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยกฎหมายทะเล ค.ศ.1982 เท่ากับ 323,488.32 ตารางกิโลเมตร ความยาวของชายฝั่งทะเลรวมฝั่งอ่าวไทยและอันดามันกว่า 2,815 กิโลเมตร ใน 23 จังหวัด ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคอาเซียน ซึ่งเป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างสองมหาสมุทร เป็นเส้นทางการคมนาคมหลักในการขนส่งสินค้าระหว่างโลกตะวันตกและโลกตะวันออกเข้าด้วยกัน ทั้งยังเป็นแหล่งทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมหาศาล เมื่อประเมินมูลค่าผลประโยชน์แห่งชาติทางทะเล พบว่า มีไม่ต่ำกว่า 7.4 ล้านล้านบาท[6] และมีแนวโน้มมูลค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้นย่อมต้องเกิดความขัดแย้งจากพื้นที่ทับซ้อนทางทะเล และภัยคุกคามในทุกรูปแบบจากการแสวงหาผลประโยชน์ของชาติทางทะเลซึ่งเป็นสิ่งที่ประเทศมหาอำนาจและหลายประเทศในโลกให้ความสนใจ

จากแผนความมั่นคงแห่งชาติทางทะเล (พ.ศ.2558 – 2564) ได้จัดทำเพื่อเป็นกรอบสำหรับการดำเนินการของภาครัฐและภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวมพลังพิทักษ์ปกป้องและรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล โดยมุ่งเน้นการสร้างเสถียรภาพ ความปลอดภัย เสรีภาพ และสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการดำเนินกิจกรรมทางทะเลของทุกภาคส่วนอย่างยั่งยืน[12] ตามพระราชบัญญัติจัดระเบียบราชการกระทรวงกลาโหม พ.ศ.2551 "กองทัพเรือมีหน้าที่เตรียมกำลังกองทัพเรือ ป้องกันราชอาณาจักร และดำเนินการเกี่ยวกับการใช้กำลังกองทัพเรือ ตามอำนาจหน้าที่ของกระทรวงกลาโหม มีผู้บัญชาการทหารเรือเป็นผู้บังคับบัญชารับผิดชอบ"[7] ดังนั้นกองทัพเรือจึงมีบทบาทหลักในการรักษาความมั่นคงและความสงบเรียบร้อย และอธิปไตยของชาติทางทะเล รักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล และความมั่นคงทางทะเลของประเทศไทย

จากภารกิจของกองทัพเรือในการป้องกันประเทศและคุ้มครองป้องกันการแสวงประโยชน์จากแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในอ่าวไทยและทะเลอันดามันทำให้กองทัพเรือจำเป็นต้องจัดตั้งหน่วยเฉพาะกิจขึ้นมาหลายหน่วยเข้ารับผิดชอบตามพื้นที่ต่าง ๆ

กองทัพเรือมีเรือที่ใช้ในปฏิบัติราชการชนิดต่าง ๆ รวมกันกว่า 160 ลำ เรือรบที่กองทัพเรือมีใช้ในราชการมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด หลายขนาดเพื่อให้ตอบสนองภารกิจของกองทัพเรือ เรือรบแต่ละประเภทมีขีดความสามารถในการปฏิบัติการลาดตระเวนได้ไม่เท่ากัน เมื่อเทียบสัดส่วนระหว่างเรือที่ปฏิบัติการกับแนวเขตของประเทศไทยซึ่งแน่นอนว่าไม่เพียงพอต่อการรักษาความปลอดภัยชายฝั่งได้อย่างครบถ้วน ครอบคลุม การปฏิบัติการในการลาดตระเวนเพื่อรักษาความมั่นคงในปัจจุบันของกองทัพเรือต้องเดินทางจากชายฝั่งตะวันออกด้านอ่าวไทย อ้อมแหลมมลายูผ่านช่องแคบมะละกา เพื่อไป

ประจำการและลาดตระเวนบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันตกของประเทศไทยฝั่งทะเลอันดามัน ในการปฏิบัติภารกิจแต่ละครั้งทั้งการลาดตระเวน และการสับเปลี่ยนกำลังพล ต้องใช้งบประมาณทั้งในส่วนของค่าปฏิบัติการ เบี้ยเลี้ยงกำลังพล และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เป็นจำนวนมาก กล่าวคือ เรือรบและอากาศยานที่ทำการลาดตระเวนต้องมีการผลัดเปลี่ยนการปฏิบัติการตลอด 24 ชั่วโมง โดยกองทัพเรือได้แบ่งพื้นที่ปฏิบัติการออกเป็น 3 ส่วน คือ กองทัพเรือภาคที่ 1 มีพื้นที่ปฏิบัติการบริเวณอ่าวไทยตอนบน กองทัพเรือภาคที่ 2 มีพื้นที่ปฏิบัติการบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง กองทัพเรือภาคที่ 3 มีพื้นที่ปฏิบัติการบริเวณทะเลอันดามันทั้งหมด [4]

โดยจากการคำนวณเรือรบ 1 ลำ ตัวอย่างเช่น เรือหลวงเจ้าพระยา ขนาด 4 เครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่ 1,500 ลิตร ต่อ ชั่วโมง ต่อ เครื่องยนต์ หากมีการลาดตระเวนในหนึ่งรอบจำนวน 20 วันต่อรอบ คิดเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ 4,320,000 บาทต่อรอบต่อลำ ซึ่งยังไม่รวมค่าปฏิบัติการในด้านอื่น ๆ[9]

จากการรวบรวมงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศมีวิธีการที่สามารถประยุกต์ใช้ในการช่วยลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ คือ

1. การใช้เทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการลาดตระเวนตามแนวชายฝั่งและกลางทะเล

2. การใช้อากาศยานไร้คนขับ เป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบิน ประจำการอยู่บนเครื่อง โดยสามารถควบคุมได้ในระยะไกล สามารถปฏิบัติภารกิจด้านข่าวกรอง การเฝ้าตรวจ การค้นหา เป้าหมาย และการลาดตระเวนหรือที่เราเรียกว่า ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, Reconnaissance) ปัจจุบัน ยูเอวีในการทหารมีการพัฒนาขีดความสามารถให้ทำหน้าที่สอดแนมและภารกิจโจมตีได้อีกด้วย

3. ตัวตรวจจับใต้น้ำ (Underwater Sensor Network) เครือข่ายสัญญาณใต้น้ำที่ตรวจจับการสั่นสะเทือนเหนือผิวน้ำเมื่อมีเรือผ่านเข้ามาในเขตน่านน้ำ

4. การจัดตั้งสถานีเรดาร์ให้ครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติการของกองทัพเรือ และพัฒนาขีดความสามารถในการส่งกำลังบำรุงด้านทะเลอันดามันของกองทัพเรือ

ซึ่งจะส่งผลให้เห็นแนวทางที่เหมาะสมเพื่อให้กองทัพเรือสามารถลดการใช้เรือในการลาดตระเวนลงไปได้ เพื่อให้ต้นทุนปฏิบัติการลดลงในระยะยาว และเป็นการเตรียมความพร้อมและเป็นแนวทางให้กองทัพเรือวางแผนการปฏิบัติการในอนาคต โดยขอบเขตการศึกษาเพื่อพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือว่าแนวทางใดที่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพสร้างความยั่งยืนต่อประเทศไทยในด้านความมั่นคงมากที่สุด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พิจารณาวิธีการที่เหมาะสมที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือในวิธีการต่าง ๆ

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ศึกษาวิธีการที่สามารถช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากนั้นสรุปผลการศึกษาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ท่าน โดยคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการลาดตระเวนทางทะเลโดยการเลือกตัวอย่างประชากรแบบเจาะจง (Purposive sampling)[3] คือ

3.2.1 ผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ คือ ผู้ปฏิบัติงานที่สังกัด กองเรือยุทธการ ทัพเรือภาคที่ 1 ทัพเรือภาคที่ 2 และ ทัพเรือภาคที่ 3 ฐานทัพเรือสัตหีบ ฐานทัพเรือสงขลา ฐานทัพเรือพังงา

3.2.2 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดหายุทโธปกรณ์ทหารเรือในการกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการจัดหาวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 เพื่อให้ทราบวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

4.2 สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการที่ใช้ในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือให้กับกำลังทางเรือของกองทัพเรือ

5. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

5.1 การลาดตระเวนทางทะเล คือ ภารกิจของกองทัพเรือในการเฝ้าตรวจอย่างมีระบบต่อเป้าหมายพื้นน้ำ โดยการใช้อุปกรณ์ หรือวิธีการทุกประเภทที่เหมาะสม สำหรับการเฝ้าตรวจ (Patrol) มีความมุ่งหมายเพื่อให้สามารถกำหนดตำบลที่ พิสูจน์ฝ่ายและทราบความเคลื่อนไหวของเป้าหมายในทะเล ป้องกันมิให้สิ่งหนึ่งสิ่งใดเข้ามาในพื้นที่

5.2 เทคโนโลยีดาวเทียม คือ สิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์คิดค้นขึ้น ที่สามารถโคจรรอบโลก โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก ส่งผลให้สามารถโคจรรอบโลกได้ในลักษณะเดียวกันกับที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก และโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ วัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์นี้เพื่อใช้ทางการทหาร การสื่อสาร การรายงานสภาพอากาศ การวิจัยทางวิทยาศาสตร์เช่นการสำรวจทางธรณีวิทยา สังเกตการณ์สภาพของอวกาศ โลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวอื่น ๆ รวมถึงการสังเกตวัตถุ และดวงดาวกาแล็กซี ต่าง ๆ

5.3 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) เป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง เป็นอากาศยานที่ไร้คนขับหรือนักบินแต่สามารถควบคุมได้อัตโนมัติจากระยะไกล

5.4 ระบบเซนเซอร์ใต้น้ำ (Underwater Sensor Networks) เป็นเทคโนโลยีการติดตั้งเซนเซอร์ใต้น้ำประจำที่และยานพาหนะใต้น้ำเพื่อตรวจสอบการทำงานร่วมกันและส่งสัญญาณระยะไกลขึ้นมาบนฝั่ง

5.5 สถานีเรดาร์ คือ ท่าเรือที่มีการติดตั้งเรดาร์สำหรับการตรวจการณ์ของกองทัพเรือและเป็นฐานในการส่งกำลังบำรุงของเรือรบที่มีการปฏิบัติการในการลาดตระเวน

6. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 แนวคิดการปฏิบัติการในการใช้เรือสำหรับการตรวจการณ์ในทะเล

รัฐบาลได้มอบหมายภารกิจในการป้องกันและรักษาอธิปไตยทางทะเล คุ้มครองรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล รวมไปถึงการดูแลความปลอดภัยในเส้นทางคมนาคมทั้งในอ่าวไทยและอันดามัน โดยมีพื้นที่รับผิดชอบแบ่งตามหน่วยงาน คือ ทัพเรือภาคที่ 1 อ่าวไทยตอนบน ทัพเรือภาคที่ 2 อ่าวไทยตอนล่าง และทัพเรือภาคที่ 3 ทะเลอันดามัน ในปัจจุบันกองเรือยุทธการทำหน้าที่เป็นหน่วยเตรียมกำลัง เพื่อใช้ในการรักษาความมั่นคงทางทะเลซึ่งกำลังทางเรือทั้งหมดเป็นการเตรียมกำลังจากฝั่งอ่าวไทย โดยในการปฏิบัติภารกิจเรือจากกองเรือต่าง ๆ จะได้รับการจัดรวมกันตามประเภทภารกิจ ขึ้นตรงกับทัพเรือภาคที่ 1 ถึง 3 ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยใช้กำลังในลักษณะหน่วยเฉพาะกิจ การปฏิบัติการในการลาดตระเวนตรวจการณ์จะมีการสลับหมุนเวียนกันปฏิบัติราชการตามวงรอบที่กำหนดเส้นทางการสับเปลี่ยนกำลังพลเดินทางจากฐานทัพเรือสัตหีบบริเวณชายฝั่งตะวันออกด้านอ่าวไทย อ้อมแหลมมลายูผ่านช่องแคบมะละกา เพื่อไปประจำการและลาดตระเวนบริเวณพื้นที่ความรับผิดชอบของกองทัพเรือทั้ง 3 แห่ง จากการคำนวณเรือรบ 1 ลำ ตัวอย่างเช่น เรือหลวงเจ้าพระยา ขนาด 4 เครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่ 1,500 ลิตร ต่อ ชั่วโมง ต่อเครื่องยนต์ หากมีการลาดตระเวนในหนึ่งรอบจำนวน 20 วันต่อรอบ คิดเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ 4,320,000 บาทต่อรอบต่อลำ ซึ่งยังไม่รวมค่าปฏิบัติการในด้านอื่น ๆ ทั้งในส่วนของค่าปฏิบัติการ เบี้ยเลี้ยงกำลังพล และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เป็นจำนวนมาก [9]

6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกวิธีการปฏิบัติการสำหรับการตรวจการณ์ในทะเล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเล ทั้งงานวิจัยจาก ในประเทศและต่างประเทศ พบว่า มีวิธีการต่างๆ ที่เป็นที่นิยมและเหมาะสมสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการลาดตระเวนของไทย ดังนี้

6.2.1 เทคโนโลยีดาวเทียมกับภารกิจทางทหาร

ยศภาค โชติกพงศ์ (2551) กล่าวว่า เทคโนโลยีดาวเทียมนำมาใช้ในกองทัพเรือครั้งแรก เป็นการสื่อสารผ่านช่องสัญญาณดาวเทียม INMARSAT ซึ่งเป็นบริษัทเอกชนต่างชาติที่ให้บริการช่องสัญญาณการสื่อสารให้กับเรือสินค้าและเรือเดินสมุทรทั่วโลก และต่อมาเมื่อมีการดำเนินกิจการดาวเทียมสื่อสารภายในประเทศระหว่างกระทรวงคมนาคมและบริษัทชินแซทเทิลไลท์ จำกัด (มหาชน) [8] กองทัพเรือได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณจากกระทรวงกลาโหมผ่านดาวเทียมไทยคม โดยการสื่อสารผ่านระบบดาวเทียมของกองทัพเรือระหว่างหน่วยบกและหน่วยเรือนั้นปัจจุบันเน้นการสื่อสารทางเสียงเป็นหลักเท่านั้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้ระบบดาวเทียมของไทยคมไม่สามารถติดตั้งใช้งานได้กับหน่วยเรือคือระบบจานรับ - ส่งสัญญาณที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ระบบดาวเทียมไทยคมไม่เหมาะสำหรับเรือหรือยานพาหนะที่เคลื่อนที่ ข้อดีของการใช้งานเทคโนโลยีดาวเทียมคือมีความคล่องตัวสูง ดูแลรักษาง่ายเนื่องจากเป็นการติดตั้งเป็นจุด ทำให้ระบบสื่อสารของกองทัพเรือมีประสิทธิภาพ แต่ปัญหาหลักในการใช้งานเทคโนโลยีของดาวเทียมในกองทัพเรือยังอยู่ในวงจำกัดเนื่องจากการขาดความเข้าใจในเทคโนโลยี และระบบดาวเทียมใช้งบประมาณในการลงทุนสูง

6.2.2 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับแบบตรวจการณ์

วีรพงษ์ นาคประสิทธิ์ (2560) ได้กล่าวว่า อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) ซึ่งเป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง แต่อาศัยการบังคับระยะไกล (Remote Control) จากฐานปฏิบัติการภาคพื้นดินร่วมกับคอมพิวเตอร์ควบคุมการบินและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติภารกิจที่ติดตั้งอยู่บนเครื่อง และที่สำคัญเมื่อไม่ต้องมีนักบินทำการบินไปกับอากาศยาน จึงทำให้เกิดผลดีในด้านต่าง ๆ ได้แก่ สามารถสร้างเครื่องยนต์ที่มีกำลังขับสูงมาก สามารถสร้างลำตัวเครื่องบินให้ทนต่อแรงเค้น (Stress) ได้อย่างมหาศาล สามารถบรรทุกน้ำหนัก (Load) ได้มาก และสามารถนำอากาศยานไร้คนขับไปปฏิบัติภารกิจในพื้นที่ปฏิบัติการที่เสี่ยงภัยมาก ในทศวรรษหน้าอากาศยานไร้คนขับจะเข้ามามีบทบาทในการปฏิบัติการทางทหารมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะสามารถนำมาใช้ในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเล ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการปฏิบัติการทางเรือ[11]

เสกสัณห์ ไชยมาตย์ (2556-2557) ได้กล่าวว่า ในด้านการทหาร UAV มีการพัฒนาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง โดยเฉพาะภารกิจการบินลาดตระเวนถ่ายภาพทางอากาศ การบินติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิดในเวลาจริง (Real Time) นอกจากนี้ในงานทางยุทธการจะมีการเพิ่มขีดความสามารถทั้งด้านสมรรถนะการบินและการปฏิบัติการได้ เช่น บินได้นานขึ้น ควบคุมได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น มีความเสถียรในการบินเพื่อให้เผชิญกับสภาพแวดล้อมทางอากาศที่แปรปรวนได้ดีขึ้น โดยพื้นฐานแล้วอากาศยานไร้คนขับมักมีการติดตั้งชุดอุปกรณ์ เช่น กล้องถ่ายภาพคุณภาพสูงทั้งกล้องถ่ายภาพในเวลากลางวัน (Electro Optical) และกล้องอินฟราเรด (Infrared Sensor) ที่สามารถบันทึกภาพระยะไกล และความสามารถในการส่งสัญญาณภาพไปยังสถานีภาคพื้นที่เป็นศูนย์การปฏิบัติการในเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาจริงมากที่สุด[13]

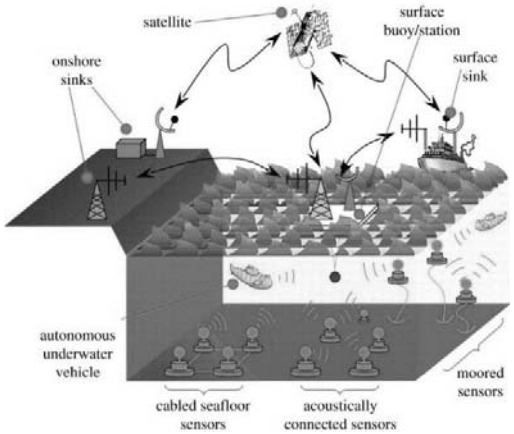
6.2.3 ระบบเซนเซอร์ใต้น้ำ (Underwater Sensor Networks)

เทคโนโลยีการติดตั้งเซนเซอร์ใต้น้ำประจำที่และยานพาหนะใต้น้ำเพื่อตรวจสอบการทำงานร่วมกันและส่งสัญญาณระยะไกลขึ้นมาบนฝั่ง การส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายผ่านมหาสมุทรเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ช่วยในการพัฒนาระบบสังเกตการณ์ในมหาสมุทรในอนาคต

S. EL-Rabaie, D. Nabil, R. Mahmoud and M. Alsharqawy ได้กล่าวว่า ระบบเซนเซอร์ใต้น้ำในปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำงานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งในด้านการเกษตร ด้านการอยู่อาศัย และด้านการทหาร ที่สามารถส่งข้อมูลได้แบบทันเวลา (Real-time) การทำงานของตัวติดตั้งสัญญาณ (Nodes) ที่มีการทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายจะ

สามารถส่งข้อมูลสิ่งต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาที่ผิวน้ำแก่สถานีบนฝั่งได้ [1]

หลักการทำงานของระบบเซนเซอร์ใต้น้ำจะเกิดจากการทำงานร่วมกันของโหนดเซนเซอร์อัตโนมัติใต้น้ำที่กระจายอยู่รอบๆ พื้นที่ โดยจะทำการส่งข้อมูลไปยังโหนดที่ลอยตัวซึ่งถ่ายทอดข้อมูลไปยังสถานีตรวจสอบและควบคุมชายฝั่งที่ใกล้ที่สุดซึ่งเรียกว่าสถานีระยะไกลดังแสดงในรูปที่ 1

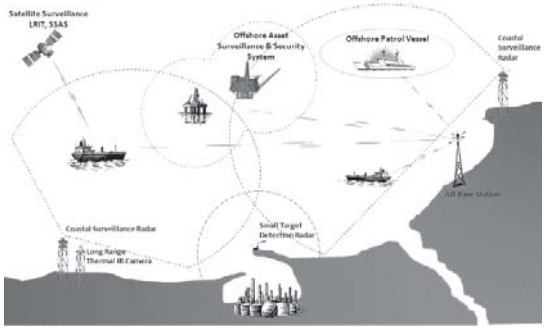


รูปที่ 1 Underwater Wireless Sensor Network[1]
ที่มา : S. EL-Rabaie, D. Nabil, R. Mahmoud and M. Alsharqawy, 2015

6.2.4 การจัดตั้งสถานีเรดาร์

หลักการทำงานพื้นฐานของเรดาร์ คือการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังวัตถุเพื่อระบุระยะทิศทาง รวมไปถึงความเร็วของวัตถุเหล่านั้น ใช้ความถี่สูงมากในช่วงความยาว 3 - 10 เซนติเมตร ใช้กำลังส่งถึง 60 - 300 กิโลวัตต์ เป็นกำลังส่งที่มากกว่าคลื่นวิทยุทั่วไป ระยะการส่งจะมีการหน่วงของคลื่นโดยมีเสาอากาศเป็นตัวส่งสัญญาณ ระบบเรดาร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เรดาร์ปฐมภูมิ (Primary RADAR) และเรดาร์ทุติยภูมิ (Secondary RADAR) ซึ่งแตกต่างกันที่การสะท้อนของสัญญาณ โดยระบบเรดาร์ทุติยภูมินอกเหนือจากการสะท้อนคลื่นแล้วยังมีการประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ (เช่น ความสูง ความเร็ว สัญญาณบอกฝ่ายเป็นต้น) ของเป้าหมายรวมเข้ากับสัญญาณที่ส่งไป และส่งกลับมาที่ภาครับของเรดาร์ เพื่อให้สามารถยืนยันความเป็นตัวตนของเป้าหมายที่ถูกตรวจพบ โดยปกติแล้วระบบเรดาร์ทุติยภูมิจะต้องทำงานร่วมกันระหว่างเรดาร์และเป้าหมาย เพื่อใช้ในการพิสูจน์ฝ่าย (Identification Friend or Foe: IFF)[5]

ระบบเรดาร์ตรวจการณ์ชายฝั่ง (Coastal Surveillance Radar System - CSRS) ใช้หลักการพื้นฐานของเรดาร์ในการตรวจจับเรือ โดยจัดตั้งสถานีส่งเรดาร์ตามแนวชายฝั่ง (รูปที่ 2) ซึ่งในปัจจุบันสถานีเรดาร์ของกองทัพเรือจัดตั้งอยู่ในสถานีเรือ 3 แห่ง ได้แก่ 1. ฐานส่งกำลังบำรุงทหารเรือตราด 2. ฐานส่งกำลังบำรุงทหารเรือสมุย และ 3. สถานีเรือละงู



รูปที่ 2 การทำงานของเรดาร์ตรวจการณ์ชายฝั่ง[2]
ที่มา : Klein Marine System, INC, 2561

6.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process) หรือ AHP เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด (Best Alternative) พัฒนาขึ้นโดย Saaty ในปี ค.ศ.1970 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหาร โดยมีหลักการคือแบ่งโครงสร้างของปัญหาออกเป็นชั้น ๆ ชั้นแรกคือ การกำหนดเป้าหมาย (Goal) แล้วจึงกำหนดเกณฑ์(Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub criteria) และทางเลือก(Alternatives) ตามลำดับ แล้วจึงวิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Trade off) เกณฑ์ในการคัดเลือกทางเลือกทีละคู่ (Pair wise) เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจว่าเกณฑ์ไหนสำคัญกว่ากัน โดยให้คะแนนตามความสำคัญหรือตามความชอบ หลังจากให้คะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์แล้ว จึงค่อยพิจารณาวิเคราะห์

ทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทีละเกณฑ์จนครบทุกเกณฑ์ ถ้าการให้คะแนนความสำคัญหรือความชอบนั้นสมเหตุสมผล (Consistency) จะสามารถจัดลำดับทางเลือก เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดได้ [10]

7. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process : AHP) ในการพิจารณาเลือกวิธีการในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือที่เหมาะสมที่สุด โดยการนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

7.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ถึงวิธีการในการรักษาความมั่นคงทางทะเลของกองทัพเรือ

7.2 กำหนดขอบเขตของการศึกษา คัดเลือกวิธีการ 4 แบบ ประกอบด้วย

7.2.1 เทคโนโลยีดาวเทียม

7.2.2 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับแบบตรวจการณ์

7.2.3 ระบบเซนเซอร์ใต้น้ำ (Underwater Sensor Networks)

7.2.4 สถานีเรดาร์

7.3 กำหนดผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการลาดตระเวนทางทะเลโดยการเลือกตัวอย่างประชากรแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ

กลุ่มที่ 1 ผู้ปฏิบัติงานที่สังกัด กองเรือยุทธการทัพเรือภาคที่ 1 ทัพเรือภาคที่ 2 และ ทัพเรือภาคที่ 3 ฐานทัพเรือสัตหีบ ฐานทัพเรือสงขลา ฐานทัพเรือพังงา

กลุ่มที่ 2 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดหายุทโธปกรณ์ทหารเรือ

7.4 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบในการคัดเลือกวิธีการในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก และปัจจัยย่อย จากนั้น จึงสร้างรูปแบบโครงสร้างของปัจจัยให้อยู่ในรูปของแผนภูมิลำดับชั้น โดยระดับชั้นบนสุดคือปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการคัดเลือกวิธีการ ส่วนลำดับชั้นรองลงมาคือปัจจัยย่อยอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของปัจจัยหลัก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 กลุ่ม มาดำเนินการตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

การให้ค่าลำดับความสำคัญในแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย จะใช้หลักการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ของปัจจัย โดยแบ่งการให้ค่าความสำคัญของการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยสองตัว เป็นช่วงคือ มีความสำคัญเท่ากันระหว่างปัจจัยสองตัว มีความสำคัญกว่าปัจจัยที่เปรียบเทียบในระดับน้อย มีความสำคัญกว่าปัจจัยที่เปรียบเทียบในระดับปานกลาง มีความสำคัญกว่าปัจจัยที่เปรียบเทียบในระดับมาก มีความสำคัญกว่าปัจจัยที่เปรียบเทียบในระดับมากที่สุด สามารถแทนค่าด้วยตัวเลขระหว่าง 1 ถึง 9 โดยหมายเลข 1 หมายถึงปัจจัยคู่เปรียบเทียบมีความสำคัญเท่ากัน จนถึงหมายเลข 9 หมายถึง ปัจจัยตัวแรกมีความสำคัญกว่าปัจจัยตัวที่สองในระดับมากที่สุด

จากนั้นกำหนดค่าคะแนนวินิจฉัย โดยใช้ค่าจากค่าเฉลี่ย โดยใช้ค่าความสำคัญที่ได้จากแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญจาก 2 กลุ่ม ในการหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักและปัจจัยย่อย และการพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

ผลจากการเปรียบเทียบทีละคู่ จะแสดงค่าในรูปของเมทริกซ์และคำนวณน้ำหนักของปัจจัยแต่ละตัวโดยใช้วิธีการไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ของแต่ละเมทริกซ์ ขั้นตอนการเปรียบเทียบทีละคู่จะถูกทำซ้ำ จากระดับบนไปสู่ระดับล่าง ตามโครงสร้างของแผนภูมิลำดับชั้น

สุดท้ายคือสรุปผลการพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ พร้อมทั้งสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในวิธีการที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

(AHP) เพื่อศึกษาแนวทาง รูปแบบ วิธีการ และขั้นตอนในการนำไปประยุกต์ใช้กับกองทัพเรือในอนาคต

7.5 รวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ชุด กลุ่มที่ 1 จำนวน 5 นาย กลุ่มที่ 2 จำนวน 4 นาย เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย และเปรียบเทียบวิธีการทั้ง 4 วิธี

7.6 วิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้มาจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยและวิเคราะห์ผลจากลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

8.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

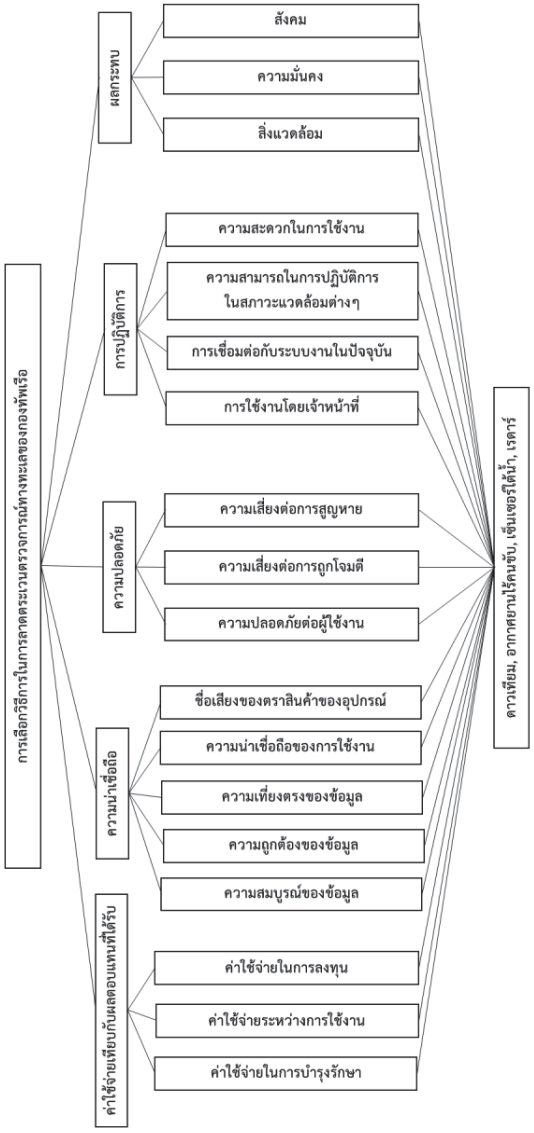
8.1.1 กำหนดเป้าหมายของการวิเคราะห์

เลือกวิธีการที่เหมาะสมที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

8.1.2 กำหนดกลุ่มปัจจัยที่ใช้พิจารณาวิธีการที่เหมาะสมที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

หลังการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้สามารถแยกออกได้เป็นสองส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลความสำคัญของปัจจัย ที่ใช้พิจารณาวิธีการที่เหมาะสมที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ ในการศึกษานี้ประกอบด้วยปัจจัยหลักทั้งหมด 5 ปัจจัยหลัก และ ปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักรวม 17 ปัจจัย จากองค์ประกอบที่กล่าวมาสามารถสรุปออกมาเป็นแผนภูมิระดับชั้นในการวิเคราะห์ได้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

ส่วนที่ 2 วิธีการในการตัดสินใจ

(1) เทคโนโลยีดาวเทียม

(2) เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ

(3) เซนเซอร์ใต้น้ำ

(4) สถานีเรดาร์

8.1.3 การวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญของปัจจัย

ขั้นที่ 1 นำข้อมูลความสำคัญของปัจจัยซึ่งได้จากแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ท่าน โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ปัจจัย นำมาสร้างตารางเมทริกซ์คำนวณหาลำดับความสำคัญของปัจจัย เนื่องจากผู้ตัดสินใจในกรณีศึกษามีมากกว่า 1 คน จึงใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญของปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย

ปัจจัยหลัก	ค่าใช้จ่ายฯ	ความน่าเชื่อถือ	ความปลอดภัย	การปฏิบัติการ	ผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายฯ	1.00	0.84	0.39	0.33	0.98
ความน่าเชื่อถือ	1.19	1.00	0.60	1.87	3.15
ความปลอดภัย	2.57	1.66	1.00	2.90	5.11
การปฏิบัติการ	3.05	0.54	0.34	1.00	4.94
ผลกระทบ	1.03	0.32	0.20	0.20	1.00
รวม	8.84	4.36	2.53	6.30	15.18

ต่อไปจะทำการปรับค่าในตารางเมทริกซ์เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยหลัก โดยการนำตัวเลขของผลรวมแต่ละแถวในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้นๆ เช่น กลุ่มปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับมีผลรวมเท่ากับ 8.84 มาเป็นตัวหารค่าในแนวตั้งของแถวนั้น ตัวอย่างเช่น ในแถวที่ 1 หลักที่ 1 จะได้ค่า 1.00/8.84 = 0.11 เป็นต้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย แสดงได้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เมทริกซ์ค่าน้ำหนักของปัจจัยความสำคัญ

ปัจจัยหลัก	ค่าใช้จ่ายฯ	ความน่าเชื่อถือ	ความปลอดภัย	การปฏิบัติการ	ผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายฯ	0.11	0.19	0.15	0.05	0.06
ความน่าเชื่อถือ	0.13	0.23	0.24	0.30	0.21
ความปลอดภัย	0.29	0.38	0.40	0.46	0.34
การปฏิบัติการ	0.35	0.12	0.13	0.16	0.33
ผลกระทบ	0.12	0.07	0.08	0.03	0.07
รวม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดในแต่ละแถวในแนวนอน มาหารจำนวนตัวเลขในแต่ละแถวแนวนอนนั้น (เท่ากับ 5) เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย ตัวอย่างเช่น ค่าความสำคัญของกลุ่มปัจจัยค่าใช้จ่ายเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับ หาได้จาก (0.11 + 0.19 + 0.15 + 0.05 + 0.06) / 5 = 0.115 แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยผลรวมของแต่ละค่าลำดับความสำคัญ

ปัจจัยหลัก	ค่าใช้จ่าย	ความน่าเชื่อถือ	ความปลอดภัย	การปฏิบัติการ	ผลกระทบ	ผลรวม	ความสำคัญ
ค่าใช้จ่ายฯ	0.11	0.19	0.15	0.05	0.06	0.58	0.115
ความน่าเชื่อถือ	0.13	0.23	0.24	0.30	0.21	1.11	0.221
ความปลอดภัย	0.29	0.38	0.40	0.46	0.34	1.86	0.373
การปฏิบัติการ	0.35	0.12	0.13	0.16	0.33	1.09	0.217
ผลกระทบ	0.12	0.07	0.08	0.03	0.07	0.37	0.073

ตามทฤษฎีไอเกนเวกเตอร์ ตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 จะได้ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยการนำเอาผลรวมของลำดับความสำคัญโดยรวมมาคูณกับค่าในตารางค่าเฉลี่ยเมทริกซ์พื้นฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การหาผลรวมเพื่อหาความสอดคล้องของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยหลัก	ค่าใช้จ่ายฯ	ความน่าเชื่อถือ	ความปลอดภัย	การปฏิบัติการ	ผลกระทบ	ผลรวมในแนวนอน
	0.115	0.221	0.373	0.217	0.073	
ค่าใช้จ่ายฯ	0.12	0.19	0.15	0.07	0.07	**0.590**
ความน่าเชื่อถือ	0.14	0.22	0.22	0.41	0.23	**1.220**
ความปลอดภัย	0.30	0.37	0.37	0.63	0.37	**2.042**
การปฏิบัติการ	0.35	0.12	0.13	0.22	0.36	**1.178**
ผลกระทบ	0.12	0.07	0.07	0.04	0.07	**0.381**

เมื่อได้ผลรวมแนวนอนของแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมตั้งหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวมของปัจจัยในแนวนอนนั้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า λ_{Max}

$$\lambda_{Max} = \frac{\left(\frac{0.590}{0.115}\right)+\left(\frac{1.220}{0.221}\right)+\left(\frac{2.042}{0.373}\right)+\left(\frac{1.178}{0.217}\right)+\left(\frac{0.381}{0.073}\right)}{5}$$

$$= 5.34$$

จากนั้นนำค่า λ_{Max} มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ตามสูตรดังนี้

$$C.I. = \frac{(\lambda_{Max} - n)}{(n-1)}$$

$$\lambda_{Max} = 5.34$$

$$C.I. = \frac{(5.34-5)}{(5-1)}$$

$$= 0.0858$$

การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญถ้ามีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{Max} จะเข้าใกล้จำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ ลำดับต่อไปคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) โดยนำผลลัพธ์ที่ได้มาเทียบกับค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.)

แทนค่า C.I. จากการคำนวณ = 0.0858 และ C.I. จากการสุ่มตัวอย่าง = 1.12

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

$$= \frac{0.0858}{1.12} = 0.0766$$

หรือ 7.66 %

ค่า C.R. ไม่ควรเกิน 10% สำหรับการวิเคราะห์ของปัจจัยที่เกินกว่า 5 ปัจจัย และ 4 ปัจจัย และไม่ควรเกิน 5% สำหรับ 3 ปัจจัย

หากค่า C.R. เกินกว่ามาตรฐานดังกล่าว หมายความว่าการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญไม่มีความสอดคล้องกัน โดยค่า C.R. ที่คำนวณได้ คือ 7.66 % ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน

ขั้นที่ 2 นำข้อมูลความสำคัญของทางเลือกซึ่งได้จากแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ท่าน โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ปัจจัย นำมาสร้างตารางเมทริกซ์คำนวณหาลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณค่าไอเกนเวกเตอร์ ตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องมีค่าไม่เกิน 0.1 จะได้ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัย

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์จากการหาคะแนนจากผลรวมของผลคูณของความสำคัญแต่ละทางเลือก และน้ำหนักความสำคัญของค่าปัจจัยนั้นๆ จากลำดับบนสุด จนถึงระดับล่างสุดของโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น และสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากทางเลือกที่ได้รับคะแนนสูงสุด

9. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

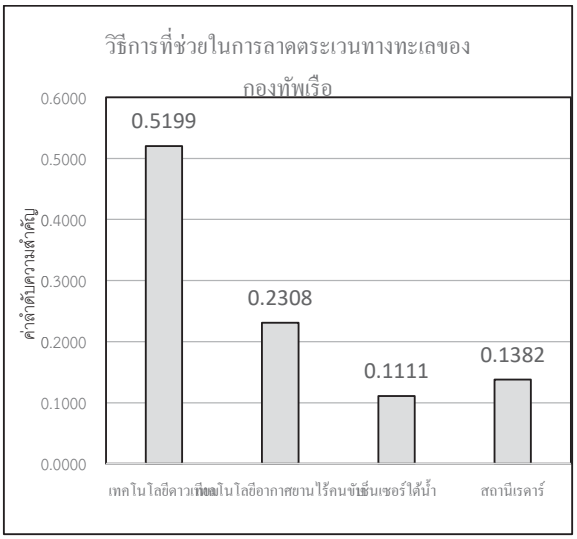
9.1 ลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้งหมด

ตารางที่ 5 การเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้งหมด

ปัจจัย	ลำดับความสำคัญ
ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	0.1828
ความเสี่ยงต่อการถูกโจมตี	0.1298
ความสะดวกในการใช้งาน	0.0770
ความน่าเชื่อถือของการใช้งาน	0.0664
ความเที่ยงตรงของข้อมูล	0.0626
ความสามารถในการปฏิบัติการในสภาวะแวดล้อมต่างๆ	0.0623
ความเสี่ยงต่อการสูญหาย	0.0604
การเชื่อมต่อกับระบบงานในปัจจุบัน	0.0536
ความถูกต้องของข้อมูล	0.0526
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	0.0488

ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยย่อยซึ่งอยู่ในระดับที่สามของแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 5 ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน (18.28%) รองลงมาคือ ความเสี่ยงต่อการถูกโจมตี (12.98%) และลำดับที่สาม คือ ความสะดวกในการใช้งาน (7.70%)

9.2 ผลการวิเคราะห์เลือกวิธีการที่ช่วยในการลาดตระเวนทางทะเลของกองทัพเรือ



รูปที่ 4 ลำดับความสำคัญรวมหรือผลลัพธ์ของการตัดสินใจ

ระบบตัดสินใจในการประเมินเพื่อเลือกวิธีการโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ จะเลือกวิธีการที่มีค่าลำดับความสำคัญรวมสูงสุด จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เทคโนโลยีดาวเทียม มีลำดับความสำคัญรวมสูงสุดที่ 0.5199 หรือ 51.99% จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 4

10. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า เทคโนโลยีดาวเทียมเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ช่วยในการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ จากข้อมูลที่รวบรวมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเทคโนโลยีดาวเทียมสามารถปฏิบัติงานได้ครอบคลุมพื้นที่ในระยะไกลมากที่สุด ซึ่งตรงกับภารกิจของกองทัพเรือในการจัดหายุทโธปกรณ์เพื่อเสริมสร้างกำลังการป้องกันรักษาอำนาจอธิปไตยและผลประโยชน์ของชาติทางทะเลของกองทัพเรือ ถึงแม้ว่าการลงทุนในเทคโนโลยีดาวเทียมจะมีมูลค่าการลงทุนสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีหน่วยงานในประเทศที่มีการลงทุนในเทคโนโลยีดาวเทียมอยู่แล้ว จึงทำให้ไม่เกิด

ค่าใช้จ่ายจากการจัดหา เมื่อมองในแง่ของการใช้ประโยชน์ เทคโนโลยีดาวเทียม สามารถใช้ประโยชน์ในหลากหลายกิจกรรมมากกว่า

11. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

11.1 ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษารายละเอียดของการใช้เทคโนโลยีดาวเทียมสื่อสาร ในภารกิจการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางทะเลของกองทัพเรือ

11.2 ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจในการจัดหายุทโธปกรณ์ประเภทอื่นของกองทัพเรือหรือกระทรวงกลาโหมได้

12. เอกสารอ้างอิง

[1] Emad Felemban et al. (2015). Underwater Sensor Network Applications: A Comprehensive Survey. *International Journal of Distributed Sensor Networks,* 11: 1-14.

[2] Klein Marine System, INC. (2561). HarborGuard-Pro Maritime Security & Surveillance. Retrieved on January 10, 2019, from http://kleinmarinesystems.com/

[3] กัลยา วานิชย์บัญชา. (2542). **การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

[4] ดิศรณ์ ปนัดเศรณี. (2551). การศึกษาต้นทุนปฏิบัติการสำหรับการออกปฏิบัติการในทะเลของเรือรบในราชการกองทัพเรือ. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

[5] นิวัติ เนียมพลอย. (2553). ส่วนประกอบเรดาร์เบื้องต้น (RADAR Basic Components). สืบค้น 27 พฤศจิกายน 2561, จาก https://nniwat.wordpress.com

[6] เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ และคณะ. (2550). **ผลประโยชน์แห่งชาติทางทะเลสถานการณ์ และข้อเสนอ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[7] "พระราชบัญญัติจัดระเบียบราชการกระทรวงกลาโหม พ.ศ. 2551." เล่ม 125 ตอนที่ 26 ก, 1 กุมภาพันธ์ 2551.

[8] ยศภาค โชติกพงศ์. (2551). การนำเทคโนโลยีดาวเทียมมาใช้อย่างเต็มรูปแบบในกองทัพเรือ. โรงเรียนเสนาธิการทหารเรือ. สถาบันการวิชาทหารเรือชั้นสูง. เอกสารไม่ตีพิมพ์.

[9] วชิรพร วงศ์นครสว่าง. (14 มกราคม 2562). รองเสนาธิการ กรมยุทธศึกษาทหารเรือ กองทัพเรือ. สัมภาษณ์.

[10] วิฑูรย์ ตันศิริมงคล. (2542). **AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก.** กรุงเทพฯ: กราฟฟิคแอนด์ปริ้น.

[11] วีรพงษ์ นาคประสิทธิ์. (2560). การใช้อากาศยานไร้คนขับแบบตรวจการณ์ สนับสนุนการปฏิบัติทางเรือของทัพเรือภาคที่ 3. โรงเรียนเสนาธิการทหารเรือ. เอกสารไม่ตีพิมพ์.

[12] สำนักงานสภาความมั่นคงแห่งชาติ. (ไม่ระบุ). แผนความมั่นคงแห่งชาติทางทะเล (พ.ศ.2558 – 2564). สืบค้น27 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.nsc.go.th/

[13] เสกสัณห์ ไชยมาตย์. (2556-2557). อากาศยานไร้นักบิน กำลังทางอากาศที่จำเป็นสำหรับกองทัพยุคใหม่. *วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ* 5(ตุลาคม 2556 - มกราคม 2557): 79-86.

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ : กรณีศึกษาศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา

Factors Related to the Amount of Electricity Produced from Organic Waste : A Case Study of Nakhon Ratchasima Municipal Waste Disposal Center

อานนท์ ศรีสว่าง, สงวน วงษ์ชวลิตกุล และสุรีพร มีหอม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

84 หมู่ 4 ถนนมิตรภาพ-หนองคาย ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

E-mail: [1]arnon_sri@vu.ac.th

Received: August 26, 2019

Revised: September 4, 2019

Accepted: September 9, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจปริมาณขยะและองค์ประกอบของขยะ ในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา จำนวน 292 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์สูงสุดของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา คือ ขยะชุมชน รองลงมาได้แก่ ขยะเศษอาหาร ขยะผักตลาดสด และสิ่งปฏิกูล ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยทั้งสี่สามารถร่วมอธิบายความแปรปรวนของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ได้ร้อยละ 81.70

คำสำคัญ: องค์ประกอบขยะอินทรีย์, ผลิตไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์, การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ABSTRACT

This research aims to study factors related to the volume of electricity production from organic waste. The collecting data from the survey of quantity and composition of waste obtained from the amount 292 days in the Nakhon Ratchasima Municipal Waste Disposal Center. For data analysis, the stepwise multiple regression was used. The result showed that the most influential factor in the volume of power generation from organic waste was community waste, followed by food waste, fresh market waste, and sewage, respectively. These all influential factors could explain variation in the volume of power generation by 81.70 %.

Keywords: Organic Waste Composition, Produce Electricity from Organic Waste, Multiple Regression Analysis

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้า เป็นปัจจัยพื้นฐานจำเป็นในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจเพื่อประกอบกิจการทั้งในด้านอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม โดยความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มมากขึ้น ยังส่งผลให้มีปริมาณขยะทั่วประเทศรวมกันสูงถึง 27.06 ล้านตันต่อปี และมีขยะตกค้างเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 10 ล้านตันต่อปี [1]

ปัจจุบัน ผลจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างก้าวกระโดด อีกทั้งเขตชุมชนมีประชากรหนาแน่นมากขึ้นก่อให้เกิดขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร ดังนั้น การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ โดยองค์ประกอบขยะอินทรีย์ เป็นขยะที่สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนประเภทโรงไฟฟ้าขยะ และพบว่า มีจำนวนโรงงานสูงถึงร้อยละ 14.19 รองจากโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ และโรงไฟฟ้าถ่านหิน [2] ตามลำดับ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้นด้วยการจัดการเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้องค์ประกอบขยะอินทรีย์และการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดี

การศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ โดยเลือกใช้ข้อมูลของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์การบริหารจัดการขยะอินทรีย์ถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพของขยะอินทรีย์ที่สอดคล้องกับเวลาและต้นทุนในการบริหารจัดการ[5] จากนั้นจึงนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นแนวทางในการบริการจัดการเพิ่มปริมาณองค์ประกอบขยะอินทรีย์แต่ละชนิดเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ดีต่อไป

2. วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์

3. ประโยชน์ที่จะได้รับ

การศึกษาวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการ ขยะอินทรีย์เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์

4. สมมติฐานของการวิจัย

จากผลการสำรวจในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า องค์ประกอบขยะอินทรีย์มี 4 ประเภท ได้แก่ ขยะชุมชน ขยะเศษอาหาร ขยะผักจากตลาดสด และสิ่งปฏิกูล นำเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนขยะอินทรีย์เป็นก๊าซชีวภาพด้วยเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สำหรับเป็นเชื้อเพลิงให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา [4] สามารถกำหนดสมมติฐานของการวิจัยได้ คือ ปริมาณขยะชุมชน (X_1) ปริมาณขยะเศษอาหาร (X_2) ปริมาณขยะผักตลาดสด (X_3) และปริมาณสิ่งปฏิกูล (X_4) เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้า ($\hat{Y}$)

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

เมื่อ X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

$\hat{Y}$ คือ ค่าของตัวแปรตาม

i คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

a คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอย

b_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระ X_i

5. ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกศึกษาที่ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2560 โดยกำหนดตัวแปรเพื่อใช้วิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ คือ

1) ตัวแปรอิสระ (X) ประกอบด้วยค่าของตัวแปร ปริมาณขยะชุมชน (X_1) ปริมาณขยะเศษอาหาร (X_2) ปริมาณขยะผักตลาดสด (X_3) และปริมาณสิ่งปฏิกูล (X_4)

2) ตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) เป็นค่าของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา

6. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถแบ่งเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

6.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์

การเปลี่ยนขยะเป็นเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF) และเชื้อเพลิงขยะอินทรีย์ ในงานวิจัยนี้ขอกล่าวถึงขยะอินทรีย์เท่านั้น เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษามีกระบวนการเป็นชุมชนที่มีขยะอินทรีย์มีองค์ประกอบแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะชุมชน ขยะเศษอาหาร ขยะผักตลาดสด และสิ่งปฏิกูล ด้วยการนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการคัดแยกแล้ว มาผ่านกระบวนการแปรรูป [4] โดยทำให้ขยะอินทรีย์ย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอินทรียวัตถุที่มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น ปราศจากเชื้อโรคและเมล็ดวัชพืช ด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อเปลี่ยนรูปขยะอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนหรือก๊าซชีวภาพ เป็นเชื้อเพลิงให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า [5]

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาณขยะอินทรีย์ 1 ตัน จะเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เมตร ก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 55-70 และมีค่าความร้อนประมาณ 20-25 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพลังงานประมาณร้อยละ 20-40 ของพลังงานของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จะถูกนำมาใช้ในระบบทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ส่วนพลังงานไฟฟ้าจะเหลือประมาณ 75-150 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน [2][7] จุดเด่นของเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นเทคโนโลยีในการบำบัดขยะมูลฝอยสามารถให้พลังงานสุทธิ (Net Energy Producer) มีศักยภาพในการผลิตพลังงานจาก “ขยะเปียก” ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการเผาเพื่อผลิตพลังงาน [8][9]

6.2 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์ถดถอย ใช้เทคนิคศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (X) ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป กับตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) เมื่อตัวแปรมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง [10] หลักการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ มีข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ ดังนี้

6.2.1 ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น โดยพิจารณาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าตัวแปรตาม [11]

6.2.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรต้องมีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ โดยพิจารณาจากขนาดของค่าความเบ้ (Skewness) ที่ไม่เกิน 2 และค่าความโด่ง (Kurtosis) ที่ไม่เกิน 7 [12][13]

6.2.3 ค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดต้องคงที่ โดยสามารถพิจารณาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าตัวแปรตาม [14]

6.2.4 ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน โดยพิจารณาจากผลของ Durbin-Watson Test (D-W) ที่ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 1.5 - 2.5 [15]

6.2.5 ตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน จนก่อให้เกิดปัญหา Multicollinearity โดยพิจารณาได้จากค่า Variance Inflation Factor (VIF) = $1/(1-R_i^2)$ ของตัวแปรอิสระที่ต้องมีค่าไม่เกิน 10 [13][16]

7. วิธีการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์กับการผลิตพลังงานไฟฟ้า และนำมาเปรียบเทียบองค์ประกอบขยะอินทรีย์ โดยดำเนินการวิจัยเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

7.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ ของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2560 คือ ข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวกับ

ปริมาณขยะอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ [4]

สำหรับขนาดของชุดข้อมูลอย่างต่ำที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักการของยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เท่ากับ 210 วัน [17] อย่างไรก็ตาม สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ จะใช้ชุดข้อมูลจำนวน 292 วัน ซึ่งถือว่าเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ อาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise) [16] เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ ของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา

8. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการกำหนดขั้นตอนการวิเคราะห์จากแบบจำลองความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงปริมาณขององค์ประกอบขยะอินทรีย์ที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

8.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ผลการศึกษาองค์ประกอบขยะอินทรีย์ ที่รับเข้าศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา มีพื้นที่แหล่งขยะ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา [1] เริ่มจากสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่า องค์ประกอบขยะอินทรีย์ มีทั้งหมด 4 ประเภท ที่ป้อนเข้ากระบวนการเปลี่ยนขยะเป็นเชื้อเพลิงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากการสำรวจข้อมูลเชิงปริมาณขององค์ประกอบขยะอินทรีย์และอัตราส่วนร้อยละ เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป แสดงในตารางที่ 1

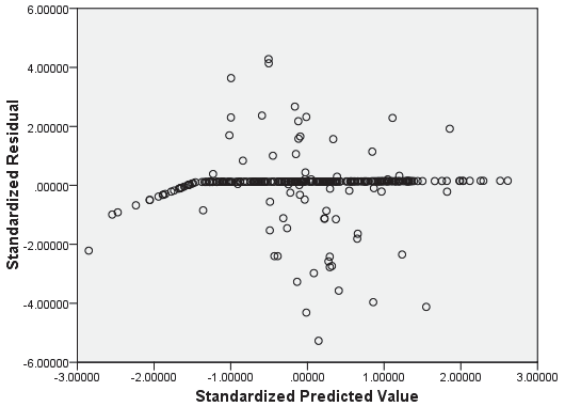
จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จากปริมาณขยะที่เข้าศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ.2560 เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 292 วัน โดยมีปริมาณองค์ประกอบขยะมากที่สุด คือ ขยะชุมชน คิดเป็นร้อยละ 70 และองค์ประกอบขยะมีปริมาณน้อยที่สุด คือ ผักตลาดสดคิดเป็นร้อยละ 5.15 ทั้งนี้ องค์ประกอบขยะอินทรีย์ เชิงปริมาณที่ป้อนเข้าระบบทั้งหมด เมื่อเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงป้อนให้เครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้กำลังไฟฟ้าออกมาเฉลี่ยเท่ากับ 300,508.60 วัตต์-ชั่วโมง [5]

ตารางที่ 1 ผลสำรวจข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของขยะอินทรีย์

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กิโลกรัมต่อวัน)	ร้อยละ
1. ขยะชุมชน	27,400.10	70.00
2. ขยะเศษอาหาร	5,553.30	14.18
3. ขยะผักตลาดสด	2,017.10	5.15
4. สิ่งปฏิกูล	4,179.00	10.67
รวม	39,149.50	100.00

8.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปร

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะเพื่อตรวจสอบด้านความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแสดงผลในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือ (Residual) หรือค่าความคลาดเคลื่อน และค่าตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือกับตัวแปรตาม

จากรูปที่ 1 พบว่า ค่าแปรปรวนของค่าเศษเหลือมีค่าที่ใกล้เคียงกันหรือเกือบคงที่ ทุกค่าของตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) ซึ่งหมายความว่า ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (X_1, X_2 X_3 และ X_4) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้น (Linear)

ตารางที่ 2 ค่า Variance Inflation Factor (VIF), Skewness, Kurtosis และ Durbin-Watson

Model	**VIF**	**Skewness**	Kurtosis	Durbin-Watson
Y		-0.19	0.05	
X_1	4.47	-0.21	-0.01	
X_2	5.98	-0.20	0.07	
X_3	3.93	-0.08	-0.15	
X_4	2.82	0.37	-0.58	1.78

ตารางที่ 3 ผล ANOVA การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

Model	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Regression	47648.302	4	11912.075	320.886	0.000[b]
Residual	10654.152	287	37.122		
Total	58302.453	291			
a. Dependent Variable: Y					
b. Predictors: (Constant), X_4, X_1, X_3, X_2					

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ

Model	**Unstandardized Coefficients**		**Standardized Coefficients**	**t**	**Sig.**
	B	**Std. Error**	**Beta**		
(Constant)	158.056	13.811		11.444*	0.000
X_1	4.098	0.767	0.362	6.789*	0.000
X_2	3.207	0.604	0.258	4.183*	0.000
X_3	4.536	1.069	0.212	4.244*	0.000
X_4	0.770	0.232	0.141	3.316*	0.001
Dependent Variable: Y, $R^2 = 0.817$					

*P<0.05

8.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

จากตารางที่ 2 วิเคราะห์การเกิด Multicollinearity ของตัวแปรต้นเหตุ (X_1, X_2, X_3 และ X_4) มีความเป็นอิสระต่อกันของตัวแปรอิสระ พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า VIF ไม่เกิน 10 ดังนั้น สรุปผลได้ว่าค่าของตัวแปรอิสระทุกตัวเป็นอิสระต่อกันหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

ผลการตรวจสอบรูปแบบการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ของตัวแปรตาม ($\hat{Y}$) พบว่า มีค่าความเบ้ (Skewness) เท่ากับ - 0.19 และค่าความโด่ง (Kurtosis) เท่ากับ 0.05 ของตัวแปรอิสระ (X_1, X_2, X_3 และ X_4) พบว่า มีความเบ้เท่ากับ -0.21, -0.20, -0.08, และ 0.37 และค่าความโด่งเท่ากับ -0.01, 0.07, -0.15, และ -0.58 ตามลำดับ ดังนั้น สรุปผลได้ว่าข้อมูลทั้งของตัวแปรตามและของตัวแปรอิสระทั้งหมด มีการแจกแจงแบบปกติ ผลการตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้สถิติทดสอบของ Durbin-Watson พบว่า ค่า D-W เท่ากับ 1.78 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 2 ดังนั้น สรุปผลได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

8.4 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

จากตารางที่ 3 พบว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของปริมาณขยะทั้ง 4 ประเภท ปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ พบว่า ค่า F เท่ากับ 320.886 และ P-value < 0.05 ซึ่งถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ยอมรับว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม [15]

สำหรับผลการตรวจสอบความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระแต่ละตัว ที่มีผลต่อตัวแปรตาม พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีความสัมพันธ์กับ Y อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value < 0.05) [13] โดยปริมาณขยะชุมชน (X_1) มีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาขยะเศษอาหาร (X_2) ขยะผักตลาดสด (X_3) และสิ่งปฏิกูล (X_4) โดย มีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Beta) เท่ากับ 0.362, 0.258, 0.212 และ 0.141 ตามลำดับ ปริมาณขยะอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด สามารถร่วมอธิบายความแปรปรวนของปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ได้ร้อยละ 81.70 ซึ่งสามารถวิเคราะห์การถดถอยความสัมพันธ์ของตัวแปร Y และตัวแปรอิสระทุกตัวในรูปของสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังนี้

$$\hat{Y} = 158.056 + 4.098X_1 + 3.207X_2 + 4.536X_3 + 0.770X_4$$

จากผลการศึกษานี้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srisawang, A. , Vongchavalitkul, S. , & Meehom, S. พบว่า วัตถุดิบที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานเกินร้อยละ 25 เป็นขยะเศษอาหารและขยะชุมชนซึ่งมีปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ [18]

9. สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์มากที่สุด ได้แก่ ปริมาณขยะชุมชน รองลงมาคือปริมาณขยะเศษอาหาร ปริมาณขยะผักตลาดสด และปริมาณสิ่งปฏิกูล ตามลำดับ ดังนั้น โรงงานผลิตไฟฟ้าจากขยะอินทรีย์ เลือกประเภทวัตถุดิบขยะอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบเหมาะสมที่จะใช้เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องปั่นไฟฟ้าสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น การปรับปรุงคุณภาพองค์ประกอบขยะอินทรีย์หรือคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำหรับใช้เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องปั่นไฟฟ้าในอนาคตที่มีแนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจจะขยายตัวสูงขึ้น ประชากรและปริมาณขยะก็จะมีปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ภาครัฐหรือกระทรวงพลังงานหรือสถานประกอบการเอกชนควรให้ความสำคัญปัจจัยพื้นฐานวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงวัตถุดิบขยะอินทรีย์ที่ดีและมีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ดี

จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า ปริมาณขยะอินทรีย์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนคร

นครราชสีมา ด้วยวิธีการหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่า กระบวนการคัดแยกขยะอินทรีย์สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบยังไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้ขยะมูลฝอยถูกคัดแยกออกไปหลุมฝังกลบมีปริมาณสูงขึ้น [4] [19] ซึ่งการคัดแยกขยะอินทรีย์เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบให้มีปริมาณเพียงพอต่อการเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ควรศึกษาวิเคราะห์สภาพทั่วไปของคุณลักษณะของขยะมูลฝอยและองค์ประกอบขยะอินทรีย์ของจังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการคัดแยกองค์ประกอบขยะอินทรีย์ที่จะใช้เป็นวัตถุดิบเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการกำจัดขยะอินทรีย์ด้วยดัชนีชี้วัดทางสถิติและการจัดการกระบวนการจัดการขยะอินทรีย์ของเทศบาลนครนครราชสีมา

10. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). รายงานสรุปสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยประจำปี 2560. สืบค้น 10 มีนาคม 2562, จาก http://www.pcd.go.th

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2561). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - ธันวาคม 2561. สืบค้น 2 มีนาคม 2562, จาก http://www.dede.go.th

[3] กิติชัย รักตะกนิษฐ์. (2558). ทางเลือกในการกำจัดขยะอินทรีย์ โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย. *รัฏฐาภิรักษ์*, 57(1): 68-81.

[4] Ali, G., Nitivattananon, V., Abbas, & Sabir, M. (2012). Green waste to biogas: Renewable energy possibilities for Thailand's green markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews Elsevier,* 16(7): 5423-5429.

[5] เทศบาลนครนครราชสีมา. (2561). โครงการบริหารจัดการเดินระบบดูแลระบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์และกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย. ใน รายงานสรุปผลดำเนินงานประจำปี 2560 นครราชสีมา ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลนครนครราชสีมา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[6] Environment, N. (2010). Potential methane production from waste. Retrieved April 10, 2019, from http://www.naskeo.com/

[7] Wang-Yao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala S.H., & Nopharatana. A. (2006). Seasonal Variation of Landfill Methane Emissions from Seven Solid Waste Disposal Sites in Central Thailand. The 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE 2006): 1-4

[8] Kanti, L. S. (2000). **Basic of Solid Waste and Hazardous Waste Management Technology.** New Jersey: Prentice-Hall.

[9] ธเรศ ศรีสถิตย์. (2553). **วิศวกรรมการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] Hocking, R. R. & Leslie, R. N. (1967). Selection of the best subset in regression analysis. *Technimetrics*, 9(4): 531-540.

[11] Lewis, L. (1961). **Connoisseurs and secret agents in eighteenth century Rome (1st ed.).** London: Chatto and Windus.

[12] Curran, P.J., West, S.G., & Finch, J.H. (1996). "The Robustness of Test Statics to Nonmorality and Specification Error in Confirmatory Factor Analysis". *Journal of Psychological Methods*, 1(1): 16-29.

[13] Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. (2010). **Multivariate Data Analysis.** 7th Ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall International Inc.

[14] Durbin, J. & Watson, G.S. (1951). Testing for serial correlation in least squares regression. *II Biometrika*, 38(1/2): 159-177.

[15] Gastwirth, J.L., GGel, Y.R., & Miao, W. (2009). The impact of Levine's test of equality of variances on statistical theory and practice. *Statistical Science*, 24(3): 343 – 360.

[16] Belsley, D.A., Kuh E., & Welsch, R.E. (1980). **Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity**. New York: John Wiley & Son.

[17] Yamane, T. (1973). **Statistics: An introductory analysis (3st ed.).** Tokyo: Harper International.

[18] Srisawang, A., Vongchavalitkul, S., & Meehom, S. (2017). The Analysis of Organic Waste Management for Energy Conversion in Nakhon Ratchasima Municipality by Lean Six Sigma. KMUTT, Bangkok, Thailand. The 13th International Conference on Eco Materials 2017 (ICEM13): 194-199.

[19] Chinwan, D. & Pant, S. (2014). Waste to Energy in India and its Management. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, 1(10): 89-94.

เครื่องมือตรวจจับข้อความที่เป็นการระรานทางไซเบอร์สำหรับภาษาไทยบนสื่อสังคมออนไลน์

TGF-GRU: A Cyber-bullying Autonomous Detector of Lexical Thai across Social Media

[1]Pakpoom Mookdarsanit , [2]Lawankorn Mookdarsanit

[1]Department of Computer Science, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University

[2]Department of Business Computer, Faculty of Management Science, Chandrakasem Rajabhat University

Email: pakpoom.m@chandra.ac.th[1*]

Received: June 28, 2019

Revised: August 13, 2019

Accepted: September 5, 2019

บทคัดย่อ

ความขัดแย้งของคนบนสังคมออนไลน์ในประเทศไทยที่ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องนั้น หนึ่งในสาเหตุหลักมีผลมาจากการระรานทางไซเบอร์บนเครือข่ายทางสังคมออนไลน์แทบทั้งสิ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ร้ายต่อบุคคลอื่นให้เกิดความเสียหาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการเมือง บทความวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางภาษาเพื่อใช้ในการตรวจจับข้อความที่เป็นการระรานทางไซเบอร์บนเครือข่ายสังคมออนไลน์ แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใช้พื้นฐานของ “จีอาร์ยู” ซึ่งก่อนถึงขั้นตอนการดำเนินงานของจีอาร์ยูนั้น จะมีอัลกอริทึมสำหรับลดมิติของข้อมูล โดยตั้งชื่อว่า “ทีจีเอฟ” ซึ่งรวมกันเรียกว่า “ทีจีเอฟ-จีอาร์ยู” โดยที่แบบจำลองดังกล่าวนี้ได้ถูกสร้างและคำนวณมาจากโพสต์หรือความคิดเห็นข้อความภาษาไทยจากเฟซบุ๊กจำนวน 10,900 ข้อความ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทีจีเอฟสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำให้กับจีอาร์ยูได้ถึงร้อยละ 8.41 กับเวลาในการประมวลผลที่เพิ่มมาอีกเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การใช้ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารนั้นเป็นที่รู้กันในท้องถิ่นว่ามีคำพ้องความหมาย คำพ้องรูป และการประชด ซึ่งจะมีผลให้การตรวจจับข้อความภาษาไทยโดยใช้คอมพิวเตอร์มีโอกาสผิดพลาด โดยสรุปแบบจำลองทีจีเอฟ-จีอาร์ยู สามารถใช้เป็นเครื่องมือเสริมทางปัญญาประดิษฐ์ของเฟซบุ๊กสำหรับตรวจจับข้อความภาษาไทยที่ไม่เหมาะสม ก่อนที่ผู้ใช้จะทำการโพสต์หรือแสดงความคิดเห็นได้ ในอนาคตอันใกล้นี้ข้อความที่เป็นการระรานทางไซเบอร์ (เช่น การดูหมิ่น ความคิดเห็นที่เกี่ยวกับเพศ คำพูดที่สร้างความเกลียดชัง ข่าวลือ การใส่ร้ายป้ายสี และการระรานรูปแบบอื่น ๆ) จะถูกตรวจจับและกรองออกอัตโนมัติทันที และเมื่อนั้นชนวนที่จะทำให้เกิดความแตกแยกในสังคมก็จะค่อย ๆ ลดลง โดยให้เครื่องมือตรวจจับข้อความที่เป็นการระรานทางไซเบอร์ทำงานด้วยตัวของมันเอง

คำสำคัญ: การตรวจจับข้อความที่เป็นการระรานทางไซเบอร์, การวิเคราะห์อารมณ์จากความคิดเห็น, การทำความเข้าใจภาษาธรรมชาติ, จีอาร์ยู, การปรับและคัดกรองไวยากรณ์ภาษาไทย, การแบ่งคำภาษาไทย

Abstract

Continually, one of the most the fragile states in Thailand are originated from cyber-bullying across social media networks (OSNs). Cyber-bullying intentionally is plotted to offend other people, particularly in politics. This paper develops a novel linguistic model to detect the Thai-bullying label on OSNs. Our model is

based on “Gated Recurrent Unit (GRU)” that has a pre-process for dimensional reduction algorithm called “Lexical Thai Grammatical Filtering (TGF)”. Our developed TGF-GRU is formulated by the 10,900 Thai texts from posts/comments on Facebook. From the results, TGF can improve the accuracy of normal GRU as 8.41% with a little time consumption. Notwithstanding, some synonyms, homographs or insinuations of Thai jargons can easily confuse the detection. In a nutshell, TGF-GRU model will be able to be used as an additional AI feature to autonomously detect the inappropriate Thai text before a user posts or comments on Facebook. For years, some cyber-bullying labels (e.g. pejorative, sexual comment, hate speech, rumor, slandering, etc.) will have been autonomously detected and filtered out; the causes of social fragile state will be gradually mitigated by Thai-bullying detector.

Keywords: Bullying Detection, Sentiment Analysis, Natural Language Understanding, Gated Recurrent Unit (GRU), Thai Grammatical Filtering, Thai Word Segmentation

1. Introduction

Thai is a spoken-language in a family of Kra-dai that was derived from Pali, Sanskrit, Khmer and Mon [1]. From the historical evidence, Thai ancient alphabets were originally inscribed on many memorial stones by King Ramkhamhaeng of Sukhothai [2]. Heretofore, Thai is one of an official language in ASEAN that has almost 70 million native speakers [3]. Grammatically, Thai is a tonal language that the “same pronunciation but different tones” may easily communicate in the different meaning. Such a same word as “ma”, one tone of ma is a verb, “come (Thai: มา)”, a higher tone means “grand-mom (Thai: ม่า)” and “horse (Thai: ม้า)” and the highest tone as “dog (Thai: หมา)”. In statistical machine translation, there is no space segmentation between Thai words [4][5] (unlike English) that is one of a well-known challenge in researches about Thai natural language processing (Thai-NLP), particularly in linguistic textual corpus.

Until the digital era, all amounts of public textual contents on the internet are written in Thai [6] around 0.3% of other languages on the whole internet. Despite this, some of them can be seen as “cyber bullying (aka online bullying)” [7][8] that plot to offend other people across Online social media networks (OSNs) e.g. pejorative, sexual comment, hate speech, rumor, slandering or any other negative posting against others, particularly in politics. From the statistics, more than 80% of overall bullying-contents in OSNs are produced on Facebook that has the 2.38 billion active users [9].

Intrinsically, Thai natural language processing [10][11] that can be categorized into Text-to-speech conversion [12][13][14]. Thai language understanding [15-18]. Thai word segmentation [19-23] and statistical machine translation [24-26].

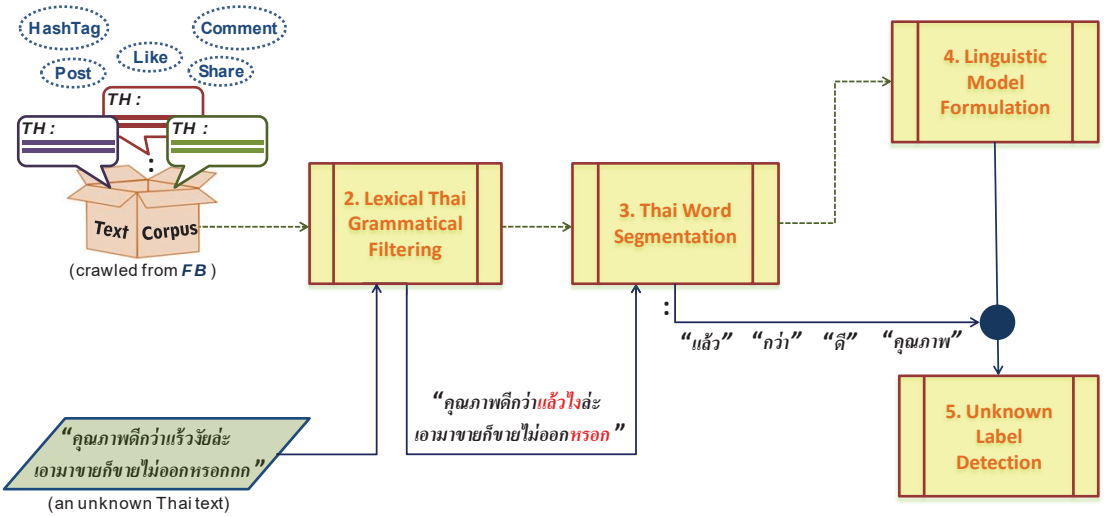


Figure 1 : The framework of Thai-textual cyber-bullying detection using TGF-GRU model

This paper develops an intelligent linguistic model based on Gated Recurrent Unit (GRU) [27] to detect the bullying labels from lexical Thai contents (comments or posts) on OSNs. For the pre-processing, the lexical Thai grammatical Filtering is used to segment the sentence/phrase into many words that our proposed model is denominated "Lexical Thai Grammatical Filtering Lexical Thai Grammatical Filtering and Gated Recurrent Unit (TGF-GRU)". The overall TGF-GRU model is shown in Figure 1.

For the model formulation, the corpus (or textual dataset) keeps the 10,900 Thai texts that are crawled from posts and comments from Facebook. Prior to the linguistic model formulation (in section 4), these texts are filtered and corrected some grammatical errors and noises/outliers (as "lexical Thai grammatical filtering" in section 2) and sentence-by-sentence segmented into many Thai words (as "Thai word segmentation" in section 3).

For unknown label detection (in section 5), the unknown Thai text are also checked by section 2 and 3. Finally, the TGF-GRU analyzes whether the bullying label or not. From the experimental results, our TGF-GRU improves the detection accuracy as 8.41% compared to the traditional GRU.

This paper is divided into 6 sections. The section 2 describes "Lexical Thai Grammatical Filtering". The topic "Thai Word Segmentation" is written in section 3. Section 4 and Section 5 talk about "Linguistic Model Formulation" and "Unknown Label Detection". The conclusion is in section 6.

2. Lexical Thai Grammatical Filtering

To formulate the bullying label detection, the computer model must understand the sentimental contents within the textual information across online social media networks (OSNs).

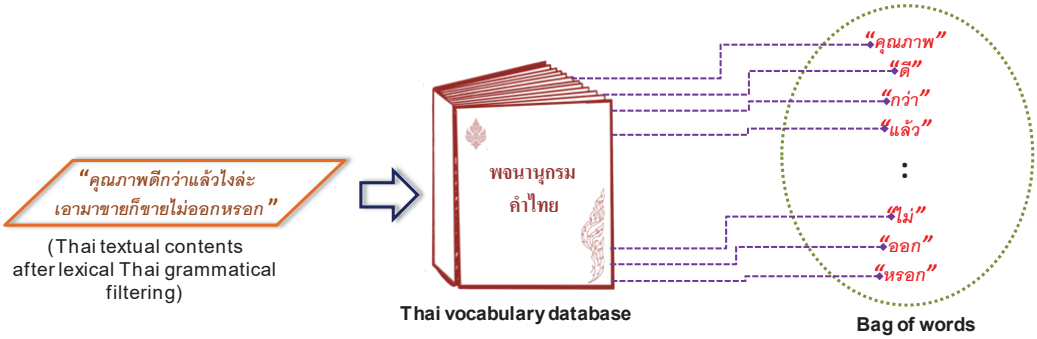


Figure 2 : The workflow of Thai word segmentation

Notwithstanding, some many unofficial words are widely used over the internet that easily make the model wrongly understands the meaning of text. All most often used unofficial words are listed in our "volatile linked-list" to check.

Prior to the word segmentation, all ungrammatical words are replaced by the correctly grammatical Thai words as shown in Table 1.

Table 1 Some Thai Word Replacement

Unofficial Words	Replaced by
แร่ว, แร้น, แร้ว, แล้น, ล้าว	แล้ว
งัย, งาย	ไง
เตง, ตะเอง	ตัวเอง
เมพ	เทพ
จิม, จริม	จริง

For the dimensionality reduction, some repeated alphabets (such as a number of "ว (s)" in the text "รู้ แ ร้ ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ว ") are seen as "noise/outlier" that is eventually filtered out.

3. Thai Word Segmentation

The filtered Thai text is segmented into Thai words by "vocabulary entity matching". For the vocabulary dataset, all vocabularies are automatically crawled from the source of online Thai dictionary (Thai: พจนานุกรมออนไลน์) and covers almost all Thai vocabularies. All crawled vocabularies are stored in "Thai vocabulary database" term of "vocabulary entity". As shown in Figure 2, Thai text is segmented into many words using the matching between those entities in the dictionary and words within the text. All words are stored in a storage called "bag of words".

4. Linguistic Model Formulation

Since the internet users read a post/comment across online social media networks (OSNs) as Thai textual information, the one is trying to understand each word within the text that needs to understand all previous words. For this reason, all segmented words (from the previous section) are formulated by Recurrent Neural Network (RNN).

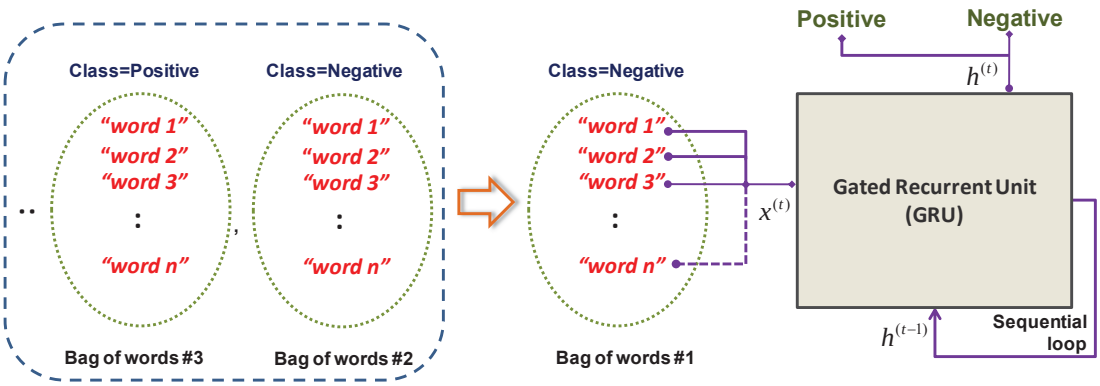


Figure 3 : Linguistic model formulation using gated recurrent unit (GRU)

RNN is well-known and appropriate for a sequence of events with the connection between previous tasks, particularly in language understanding. According to the speed and performance, Gated Recurrent Unit (GRU) – a simple version of RNN, is used for the model formulation. Since GRU can be seen a light-weight version of Long-Short Term Memory (LSTM). GRU is faster and less processing power than LSTM. In our model, the classification of the answer is categorized into "Non-bullying" and "Bullying" label. Technically, all words of a text (aka a bag of words) with its label tagging are input to the GRUs. Each word is analyzed by one GRU circuit. And the previous state affects the next GRU, repeatedly as shown in Figure 3.

All 10,900 textual information (aka a number of 10,900 bags) from any posts/comments are collected from Facebook.

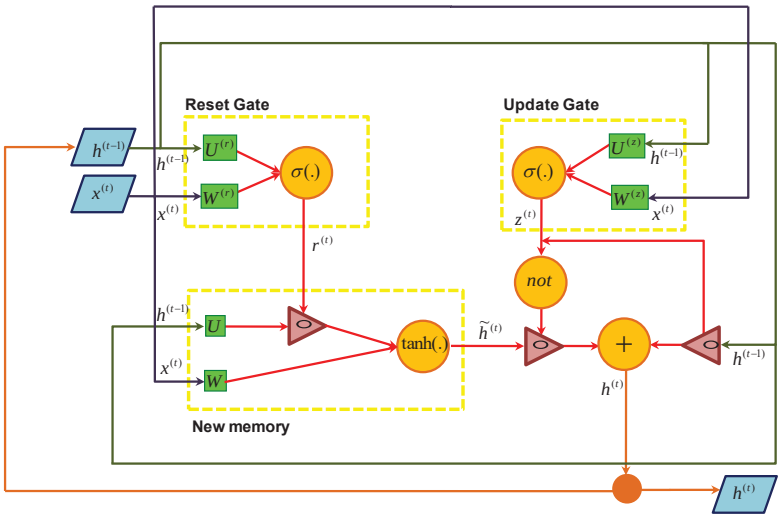


Figure 4 : Architecture of gated recurrent unit (GRU)

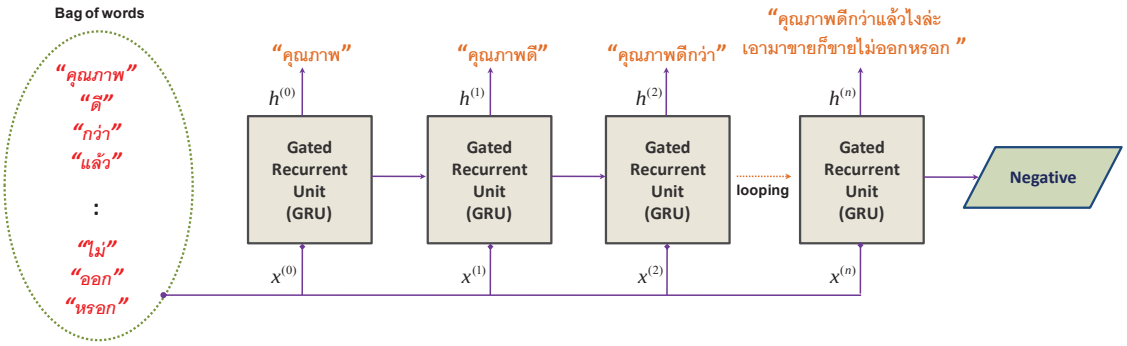


Figure 5 : The workflow of unknown label detection

Basically, the architecture of GRU circuit (as shown in Figure 4) consists of update gate ($z^{(t)}$), reset gate ($r^{(t)}$), new memory ($\tilde{h}^{(t)}$) and hidden state that can be computed by the equation (1)-(4) [27], respectively.

$$z^{(t)} = \sigma\left(W^{(z)}x^{(t)} + U^{(z)}h^{(t-1)}\right) \quad (1)$$

$$r^{(t)} = \sigma\left(W^{(r)}x^{(t)} + U^{(r)}h^{(t-1)}\right) \quad (2)$$

$$\tilde{h}^{(t)} = \tanh\left(r^{(t)} \bullet Uh^{(t-1)} + Wx^{(t)}\right) \quad (3)$$

$$h^{(t)} = \left(1 - z^{(t)}\right) \bullet \tilde{h}^{(t)} + z^{(t)} \bullet h^{(t-1)} \quad (4)$$

5. Unknown Label Detection

Since an unknown Thai label is input to detect whether bullying label or not. The unknown label can either pass or bypass the "Lexical Thai Grammatical Filtering" in section 2.

Table 2 Comparison between TGF-GRU and GRU

Method	Accuracy		Time Consumption
	AVG	SD	
TGF-GRU	84.21	0.0046	160.1 s
GRU	77.68	0.0052	151.9 s

Table 3 Some Example of Wrong Detection in Thai

Thai Textual Information	Wrong Detection
"ท่านจะยุในจัยผมไปตลอดกาล ผมจะเก็บทุกเรื่องราวสุดยอดเครัจฉานวิชาของท่านไว้เป็นอย่างดี"	Positive
"ยี่ห้อนี้เมพชิง ๆ ราคาสูงอย่างกับต้นตาล แต่พอเวลาผ่านไป ราคาตกลงเร็วอย่างกับน้ำเชื่อมบูด ขวัญใจรถยกตัวจริงเลยล่ะครับ"	Positive
"ไม่เห็นแปลกใจเล้ย... ถึงแม้ว่าจะเป็นโฉมใหม่ รถซื้อแกง ก็คือ รถซื้อแกง ออพชั่นน้อย เครื่องเก่า แถมราคาแพง แต่ก็ยังขายดีอยู่ คงเป็นเพราะแบรนด์นี้ขึ้นชื่อว่าซ่อมง่าย และที่สำคัญคือ ทนอย่างกะแรด"	Negative

Later, the section 3 is to segment those Thai label into many words. Finally, the bullying label from the summarization of these words is recursively detected by the linguistic model formulation. The overall workflow of unknown label detection is shown in Figure 5.

We compared the results using Accuracy that can be computed by TP, TN, FP and FN, respectively.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5)$$

Our designed TGF-GRU (aka Thai Word Segmentation and Gated Recurrent Unit) and general GRU are compared in Table 2 (based on 2,200 unknown Thai labels).

Even if TGF-GRU spends more time than GRU, the TGF-GRU improves the accuracy of bullying detection. Due to the various synonyms (Thai: คำพ้องความหมาย), homographs (Thai: คำพ้องรูป) and also insinuations (Thai: การประชด) of Thai used in the internet that produce some understanding errors. (Note that: we cannot show such dirty textual contents in this paper)

In heritage view, these vague, tonal and sarcastic meanings, unique to Thai jargon with its alphabets, can be seen as "Thai-ness" that distinctively and attractively differs from any other languages.

6. Conclusion

Since Thai is an official language in Thailand, ASEAN that is spoken by almost 70 million people. The specialty of Thai is the different tones of the same word and no space between words that can be seen as the research challenge in Thai natural language processing (Thai-NLP). From the statistics, the 0.3% of internet contents is written in Thai. Some of them is cyber-bullying that intends to attack other people, particularly in online social media network (OSNs) like Facebook. This paper develops a linguistic model called "Lexical Thai Grammatical Filtering and Gated Recurrent Unit (TGF-GRU)" to detect the bullying contents. Our developed TGF-GRU is formulated by 10,900 Thai textual contents that are crawled from any posts/comments on Facebook. The average accuracy of TGF-GRU is 84.21%, except for some synonyms, homographs and insinuations of Thai jargons. For future work, many new Thai vocabularies will be used on the internet according to the language revolution. The Thai linguistic corpus always needs to be updated that should be used the domain adaptation algorithms to grow the knowledge. Without regarding to a large number of new Thai vocabularies, the human's understanding is still based on the understanding of previous words until the end of Thai textual sequence.

7. Reference

[1] Satienkoses, Y. (1981). **Essays on Thai Folklore.** Bangkok: Duang Kamol.

[2] Inthajakra, L., Prachyapruit, A. & Chantavanich, S. (2016). The Emergence of Communication Intellectual History in Sukhothai and Ayutthaya Kingdom of Thailand. *Social Science Asia*, 2(4): 32-41.

[3] World Bank. (2018). Population, Total. Retrieved on May 15, 2019, from https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=TH

[4] Haruechaiyasak, C., Kongyoung, S. & Dailey, M. (2008). A comparative study on Thai word segmentation approaches. In proceedings of the 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (125-128). Krabi, Thailand: IEEE.

[5] Klahan, A., et al. (2018). Thai Word Safe Segmentation with Bounding Extension for Data Indexing in Search Engine. In Proceedings of the 14th International Conference on Computing and Information Technology (83-92). Chiang Mai, Thailand: Springer.

[6] W3 Techs. (2018). Historical trends in the usage of content languages for websites. Retrieved on May 15, 2019, from https://w3techs.com/technologies/history_overview/content_language

[7] Smith, P. K., et al. (2008). Cyberbullying: its nature and impact in secondary school pupils. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(4): 376-385.

[8] Sittichai, R. & Smith, P. K. (2018). Bullying and Cyberbullying in Thailand: Coping Strategies and Relation to Age, Gender, Religion and Victim Status. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1): 24-30.

[9] Social Media Today. (2018). Facebook Reaches 2.38 Billion Users, Beats Revenue Estimates in Latest Update. Retrieved on May 15, 2019, from https://www.socialmediatoday.com/news/facebook-reaches-238-billion-users-beats-revenue-estimates-in-latest-upda/553403/

[10] Koanantakool, T., Karoonboonyanan, T. & Wutiwiwatchai, C. (2009). Computers and the Thai Language. *IEEE Annals of the History of Computing*, 31(1): 46-61.

[11] Sornlertlamvanich, V., et al. (2000). The state of the art in Thai language processing. In proceedings of the 38th Annual Meeting on Association for Computational Linguistics (1-2). Stroudsburg, PA, USA: ACM.

[12] Mittrapiyanuruk, P., et al. (2000). Issues in Thai Text-to-Speech Synthesis: The NECTEC Approach. In proceeding of NECTEC Annual Conference (483-495). Bangkok, Thailand: NECTEC.

[13] Chinathinmatmongkhon N., Suchato, A. & Punyabukkana, P. (2008). Implementing Thai Text-to-Speech Synthesis for Hand-held Devices. In proceeding of the 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (125-128). Krabi, Thailand: IEEE.

[14] Wutiwiwatchai, C. & Furui S. (2007). Thai speech processing technology: *A review. Journal Speech Communication*. 49(1): 8-27.

[15] Assawinjaipetch, P., et al. (2016). Recurrent Neural Network with Word Embedding for Complaint Classification. In proceedings of the Third International Workshop on Worldwide Language Service Infrastructure and Second Workshop on Open Infrastructures and Analysis Frameworks for Human Language Technologies (36-43). Osaka, Japan: ACL Technology.

[16] Nomponkrang, T. & Sanrach C. (2016). The Comparison of Algorithms for Thai-Sentence Classification. *International Journal of Information and Education Technology*. 6(10): 801-808.

[17] Sukakanya, U. & Porkaew , K. (2009). Comparison of Classification Techniques for Thai Web Document Classification. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2009: 895-901.

[18] Haruechaiyasak, C., et al. (2013). S-Sense: A Sentiment Analysis Framework for Social Media Sensing. In proceedings of the 6th International Joint Conference on Natural Language Processing (6-13). Nagoya, Japan: The Association for Computational Linguistics.

[19] Nararatwong, R., et al. (2018). Improving Thai Word and Sentence Segmentation Using Linguistic Knowledge. IEICE Transactions on Information and Systems. E101.D(12): 3218-3225.

[20] Lapjaturapit, T., Viriyayudhakom, K. & Theeramunkong, T. (2018). Multi-Candidate Word Segmentation using Bi-directional LSTM Neural Networks. In proceedings of the 2018 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology & International Conference on Information and Communication Technology for Embedded Systems (1-6). Khon Kaen, Thailand: IEEE.

[21] Theeramunkong, T. & Usanavasin S. (2003). Non-dictionary-based Thai word segmentation using decision trees. In proceedings of the first international conference on Human language technology research (1-5). San Diego: ACM.

[22] Theeramunkong, T. & Tanhermhong T. (2004). Pattern-Based Features vs. Statistical-Based Features in Decision Trees for Word Segmentation. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems. E87-D(5): 1254-1260.

[23] Boonkwan, P. & Supnithi, T. (2017). Bidirectional Deep Learning of Context Representation for Joint Word Segmentation and POS Tagging. In proceedings of the 5th International Conference on Computer Science, Applied Mathematics and Applications. Berlin, Germany: Springer.

[24] Lyons, S. (2016). Quality of Thai to English Machine Translation. In proceedings of Pacific Rim Knowledge Acquisition: Workshop on Knowledge Management and Acquisition for Intelligent Systems (261-270). Phuket, Thailand: Springer.

[25] Luekhong, P., et al. (2016). A Study of a Thai-English Translation Comparing on Applying Phrase-Based and Hierarchical Phrase-Based Translation. In proceeding of international Symposium on Natural Language Processing (38-48). Ayutthaya, Thailand: Springer.

[26] Sutantayawalee, V., et al. (2017). Improvement of Statistical Machine Translation using Charater Based Segmentation with Monolingual and Bilingual Information. In proceedings of the 28th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation (145-151). Phuket, Thailand: ACL Technology.

[27] Chung, J., et al. (2014). Empirical Evaluation of Gated Recurrent Neural Networks on Sequence Modeling. arXiv. 1412.3555: 1-9.

โปรแกรมหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบิน

An application for measuring the airport obstructive barrier

อติชาต อึ๋งโฆษาชนะวานิช และ พงษ์ฤทธิ์ นิติวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

E-Mail : aticharta2936@gmail.com

Received: July 2, 2019

Revised: July 25, 2019

Accepted: September 16, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งก่อสร้างโดยรอบสนามบิน ทั้งสนามบินกองทัพอากาศดอนเมือง และท่าอากาศยานดอนเมือง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดระยะพ้นสิ่งกีดขวาง ตามข้อบัญญัติของระเบียบกองทัพอากาศ และหลักมาตรฐานตามกฎการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) โดยโปรแกรมถูกพัฒนาให้สามารถแสดงผลได้ทั้งแบบภาพสองมิติ และภาพสามมิติ เพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความเข้าใจได้มากขึ้น โปรแกรมนี้สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกในการทำงานของกรมช่างโยธาทหารอากาศ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการออกแบบ ดูแล เพื่อให้สนามบินสามารถรองรับภารกิจของกองทัพอากาศได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบการขออนุญาตปลูกสร้างสิ่งต่าง ๆ โดยรอบสนามบินกองทัพอากาศ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการทำการบิน จากการตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรม พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบ 0.34 เมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06 เมตร และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางดิ่ง 0.00205 เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00409 เมตร ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

คำสำคัญ : ระยะพ้นสิ่งกีดขวางสนามบิน

Abstract

The purpose of this research is to develop a computer program to calculate a safe distance of buildings from the obstacle limitation surface of the airport using Microsoft Excel. This program is capable of inspecting the buildings around the air base, both the Air Force base and Don Mueang International airport to meet the requirements of the obstacle clearance specified by the Royal Thai Air Force and the International Civil Aviation Organization (ICAO) regulations. To accommodate the interpretation of users, the program was developed to display both in 2 and 3 dimensional images. The program can help the Directorate of Civil Engineering of the Royal Thai Air Force to improve the inspection process for building permits around the air base. The directorate is responsible for the safety of the air base and surrounding area for aviation. The testing for accuracy of the program indicated that the error in the horizontal direction was 0.34 meters with the standard deviation of 0.06 meters and the vertical direction was 0.00205 meters with the standard deviation of 0.00409 meters. The discrepancies are in acceptable ranges.

Keywords : Obstacle limitation surfaces of airport

1. บทนำ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและมีบทบาทอย่างมากในงานด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิศวกรรม ดังจะเห็นได้จากการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อเพิ่มความสะดวก เพิ่มประสิทธิภาพ และความรวดเร็วในการทำงาน

กรมช่างโยธาทหารอากาศเป็นหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบในการควบคุมดูแลให้สนามบินอยู่ในสภาพพร้อมรองรับภารกิจของกองทัพอากาศ และหนึ่งในภารกิจสำคัญของกรมช่างโยธาทหารอากาศ คือ การตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนในบริเวณใกล้เคียงโดยรอบสนามบินให้เป็นไปตามข้อกำหนดระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินซึ่งบัญญัติไว้ในระเบียบกองทัพอากาศ และหลักมาตรฐานตามกฎการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติหลายขั้นตอนทำให้มีความล่าช้าและอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยี สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการตรวจสอบ จะช่วยเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้มากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งก่อสร้างในบริเวณพื้นที่โดยรอบสนามบินให้เป็นไปตามข้อกำหนดระยะพ้นสิ่งกีดขวางซึ่งบัญญัติไว้ในระเบียบกองทัพอากาศ และหลักมาตรฐานตามกฎการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO)

3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

3.1 โปรแกรมนี้ใช้ตรวจสอบสิ่งปลูกสร้างและสิ่งกีดขวางในบริเวณพื้นที่โดยรอบสนามบินกองทัพอากาศดอนเมือง และท่าอากาศยานดอนเมืองเท่านั้น

3.2 เงื่อนไข ข้อกำหนดที่ใช้ในโปรแกรมนี้ เป็นไปตามข้อบัญญัติที่ระบุในระเบียบกองทัพอากาศและกฎการบินสากลของ ICAO

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โปรแกรมหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยคำนวณในการตรวจสอบ และกำหนดความสูงของอาคารบ้านเรือนในบริเวณพื้นที่โดยรอบสนามบินให้เป็นไปตามข้อกำหนดในระเบียบกองทัพอากาศ และ ICAO เพื่อสนับสนุนภารกิจของกรมช่างโยธาทหารอากาศ ต่อไป

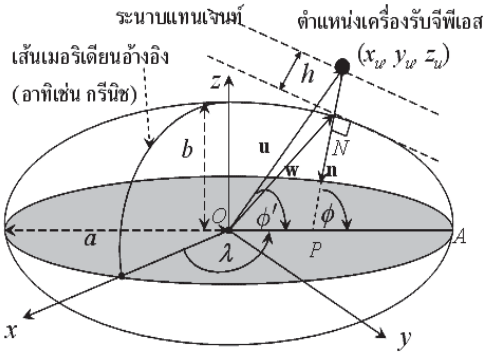
5. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบพิกัด (Coordinate System) สำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดหรือบอกตำแหน่งพื้นโลกที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบัน ประกอบด้วย

5.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยวิธีการบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และ ลองติจูด (Longitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิด (Origin) ของละติจูดและลองติจูดที่กำหนดขึ้น สำหรับศูนย์กำเนิดของละติจูด (Origin of Latitude) นั้นกำหนดขึ้นจากแนวระดับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ซึ่งแบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ฉะนั้นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด จะเป็นค่าเชิงมุมที่เกิดจากมุมที่ศูนย์กลางของโลก กับแนวระดับฐานกำเนิดมุมที่เส้นศูนย์สูตร ที่วัดค่าของมุมออกไปทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ มีค่าเชิงมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นการใช้ค่าระยะเชิงมุมของละติจูดอ้างอิงบอกตำแหน่งต่าง ๆ นอกจากจะกำหนดเรียกค่าวัดเป็นองศาลิปดาและฟิลิปดาและจะบอกซีกโลกเหนือหรือใต้กำกับด้วยเสมอ

5.2 ระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator Coordinate System) เป็นระบบตารางกริดที่ใช้ช่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งที่นิยมใช้กับแผนที่ในกิจการทหาร ตารางกริดมีขนาดรูปร่างเท่ากันทุกตารางและมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัด

ที่ง่ายและถูกต้อง เป็นระบบกริดที่นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ Universal Transverse Mercator Projection ของ Gauss -Krueger มาใช้ดัดแปลงการแสดงรายละเอียดของพื้นผิวโลกโดยให้รูปทรงกระบอก Mercator Projection อยู่ในตำแหน่งที่แกนของรูปทรงกระบอกทับกับแนวเส้นศูนย์สูตรและตั้งฉากกับแนวแกนของขั้วโลก ประเทศไทยได้นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ UTM มาใช้ในการทำแผนที่ เป็นชุด L 7018 ในปัจจุบัน ระบบพิกัด UTM ของประเทศไทยอ้างอิงพื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984 (WGS 84) ซึ่งเป็นแบบจำลองโลกในรูปทรงรี (ทรงไข่) ที่กำหนดให้รัศมีในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางโลก (a) มีค่า 6,378.137 กิโลเมตร และรัศมีในแนวขั้วโลก (b) มีค่า 6,356.7523142 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองโลกตามพื้นหลักฐาน WGS 84

ตำแหน่งตามระบบ WGS 84 ประกอบด้วย

5.2.1 จีโอดีติค ละติจูด (Geodetic Latitude, ϕ) เป็นมุมที่วัดจากระนาบเส้นผ่านศูนย์กลางโลกไปยังเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิวทรงรี (มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางซีกโลกเหนือ และเป็นลบเมื่อวัดไปทางซีกโลกใต้)

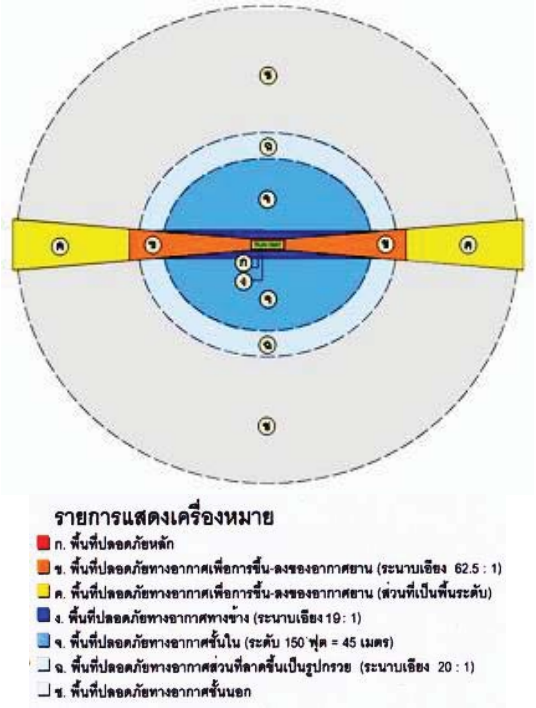
5.2.2. จีโอดีติค ลองติจูด (Geodetic Longitude, λ) เป็นมุมที่วัดบนระนาบเส้นผ่านศูนย์กลางโลก โดยกวาดจากเส้นเมอริเดียนอ้างอิงไปยังตำแหน่ง P (มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดจากเส้นเมอริเดียนอ้างอิงไปทางตะวันออก)

5.2.3. ความสูง (Geodetic Height, h) วัดจากตำแหน่งเครื่องรับจีพีเอสไปยังพื้นผิวของทรงรีตามเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิวทรงรี

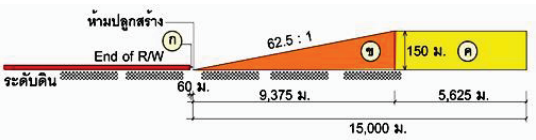
จากรูปที่ 1 สังเกตได้ว่าเวคเตอร์ u ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่ระบุตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอสโดยอ้างอิงกับจุดศูนย์กลางโลก O (ที่ใช้ในระบบพิกัด ECEF หรือ ECI) เมื่อแปลงเวคเตอร์ u โดยอ้างอิงกับ WGS 84 พิกัดละติจูดจะไม่อ้างอิงกับจุดศูนย์กลางโลก (O) แต่จะอ้างอิงกับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิวทรงรี การคำนวณหาค่า (ϕ , λ ,h) หาได้จากตำราทางด้านแผนที่และวิศวกรรมสำรวจ

6. การดำเนินงานวิจัย

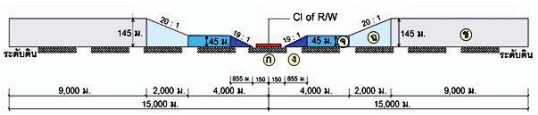
6.1 ศึกษาข้อมูลและหลักการออกแบบสนามบินในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการขออนุญาตปลูกสร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างในเขตปลอดภัยในราชการทหารของ ทอ. การปฏิบัติต่อสิ่งปลูกสร้างและสิ่งกีดขวางที่อยู่ในพื้นที่ทางอากาศเพื่อความปลอดภัยทางการบินของสนามบินทหาร ตามที่ระบุในพระราชกฤษฎีกากำหนดบริเวณเขตปลอดภัยในราชการทหารกำหนดบริเวณเขตปลอดภัยในราชการทหารแห่ง ทอ. และประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง กำหนดเขตบริเวณใกล้เคียงสนามบินดอนเมืองกรุงเทพมหานคร เป็นเขตปลอดภัยในการเดินอากาศ พ.ศ.2540 รวมทั้งศึกษาหลักมาตรฐานตามกฎการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) มีข้อมูลสำคัญตามแสดงในรูปที่ 2 – 7



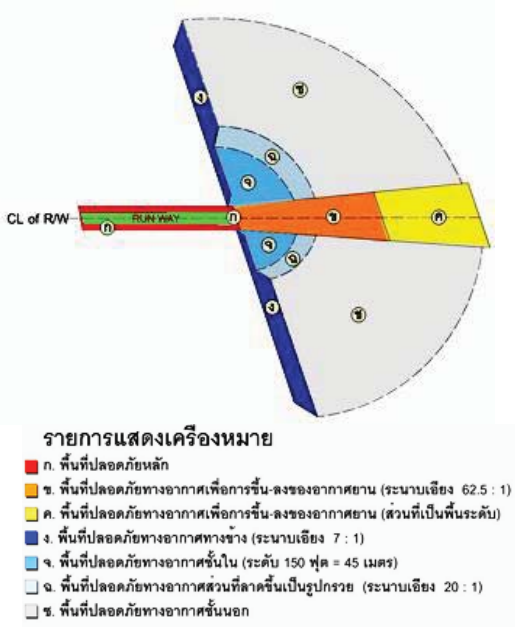
รูปที่ 2 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ทอ.



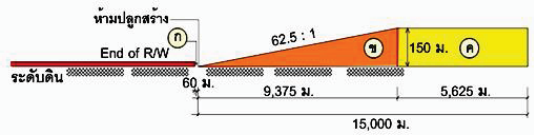
รูปที่ 3 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งพื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ทอ. (รูปตัดตามแนวยาว)



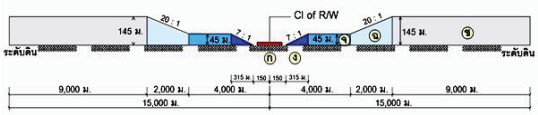
รูปที่ 4 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งพื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ทอ. (รูปตัดตามแนวขวาง)



รูปที่ 5 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ICAO



รูปที่ 6 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ICAO (รูปตัดตามแนวยาว)



รูปที่ 7 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ICAO (รูปตัดตามแนวขวาง)

ขั้นตอนการหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางนั้น เริ่มด้วยการสร้างฐานข้อมูลพิกัด (X, Y) ของสนามบิน ซึ่งกำหนดแกน X ตั้งฉากกับทางวิ่ง และแกน Y ขนานกับทางวิ่ง และจุดกึ่งกลางของทางวิ่งมีพิกัด X = 0 และ Y = 0 จากนั้นตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างว่าอยู่ในบริเวณพื้นที่ปลอดภัยใด แล้วจึงคำนวณระยะพ้นสิ่งกีดขวางตามข้อกำหนดระยะสูงปลอดภัยของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

ความสูงของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้าง และแสดงผลการคำนวณ พร้อมภาพ 2 และ 3 มิติ ซึ่งแสดงตำแหน่งวัตถุบนสนามบิน

การหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางตามข้อกำหนดระยะสูงปลอดภัยของพื้นที่ปลอดภัยส่วนต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 พื้นที่ปลอดภัยหลัก (ก.) เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 150$ และ $Y \leq 1860$ มีระยะพ้นสิ่งกีดขวางเท่ากับ 0 ตามข้อกำหนดของ ทอ. และ ICAO

6.1.2 พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศเพื่อการขึ้น-ลงของอากาศยานส่วนระนาบเอียง (ข.) และพื้นระดับ (ค.) ตามข้อกำหนด ทอ. และ ICAO เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 150 + 0.15\,(Y-1860)$ และ $1860 < Y \leq 16860$ แสดงระยะพ้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะสูงปลอดภัยของพื้นที่ปลอดภัย ข.และ ค.

พื้นที่ปลอดภัย	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพ้นสิ่งกีดขวาง
ข.ส่วนระนาบเอียง	$Y-1860 \leq 9375$	(X-1860)/62.5
ค.ส่วนพื้นระดับ	$Y-1860 > 9375$	150

6.1.3 พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศทางข้าง (ง.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นใน (จ.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย (ฉ.) และพื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นนอก (ช.) ตามข้อกำหนด ทอ. กรณีที่ 1 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 15000$ และ $Y \leq 16860$ แสดงระยะพ้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะพ้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ.และ ช. ตามข้อกำหนด ทอ. กรณีที่ 1

พื้นที่ปลอดภัย	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพ้นสิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$X \leq 1005$	(X-150)/19
จ.ส่วนชั้นใน	$1005 < X \leq 4000$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000 < X \leq 6000$	45+(X-4000)/20
ช.ส่วนชั้นนอก	$X > 4000$	145

กรณีที่ 2 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X > 150+0.15\,(Y-1860)$ และ $Y > 16860$ ซึ่งมีค่า $L = ((X-150)^2 + (Y-1860)^2)^{1/2}$ แสดงระยะพ้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะพ้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ.และ ช. ตามข้อกำหนด ทอ.สำหรับกรณีที่ 2

พื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ. และ ช.	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพ้นสิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 855^2$	L/19
จ.ส่วนชั้นใน	$855^2<(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 4000^2$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000^2<(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 4000^2$	45+(L-4000)/20
ช.ส่วนชั้นนอก	$6000^2<(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 15000^2$	145

6.1.4 พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศทางข้าง (ง.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นใน (จ.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย (ฉ.) และพื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นนอก (ช.) ของ ICAO กรณีที่ 1 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 15000$ และ $Y \leq 16860$ แสดงระยะพ้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะพ้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ.และ ช.ตามข้อกำหนด ICAO สำหรับกรณีที่ 1

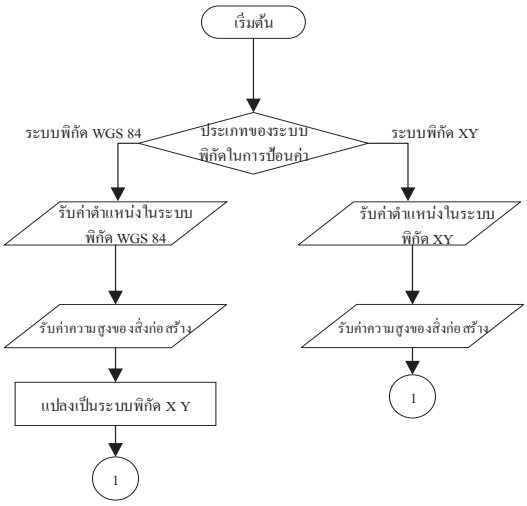
พื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ. และ ช.	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพ้นสิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$X \leq 465$	(X-150)/7
จ.ส่วนชั้นใน	$465 < X \leq 4000$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000 < X \leq 6000$	45+(X-4000)/20
ช.ส่วนชั้นนอก	$X > 4000$	145

กรณีที่ 2 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X > 150+0.15\,(Y-1860)$ และ $Y > 16860$ ซึ่งมีค่า $L = ((X-150)^2 + (Y-1860)^2)^{1/2}$ แสดงระยะพ้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 5

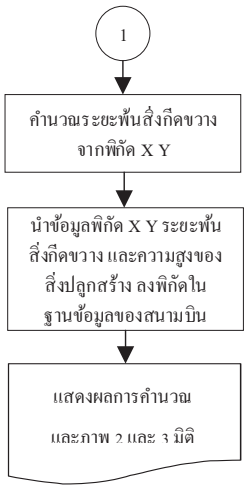
ตารางที่ 5 ระยะพ้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ.และ ช. ตามข้อกำหนด ICAO สำหรับกรณีที่ 2

พื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ. และ ช.	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพ้นสิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 315^2$	L/7
จ.ส่วนชั้นใน	$315^2<(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 4000^2$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000^2<(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 6000^2$	45+(L-4000)/20
ช.ส่วนชั้นนอก	$6000^2<(X-150)^2+(Y-1860)^2 \leq 15000^2$	145

6.2 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคำนวณหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินด้วยโปรแกรม Microsoft Excel บนระบบปฏิบัติการ Window โดยให้สามารถรับค่าตำแหน่งพิกัดวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างได้ทั้งแบบระบบพิกัด UTM ที่อ้างอิงพื้นหลักฐาน WGS 84 และแบบระยะห่าง (X,Y) จากปลายทางวิ่งของสนามบินหรือตั้งฉากกับสนามบินโดยมีแผนผังลำดับขั้นตอนการประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 8

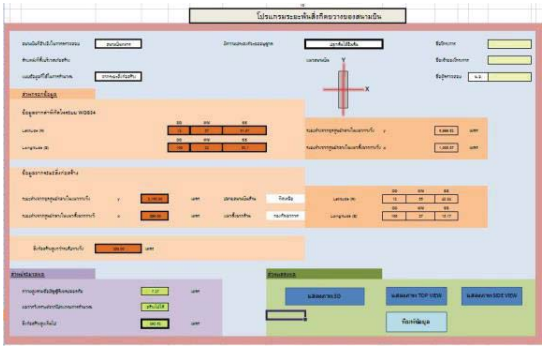


รูปที่ 8 ลำดับการประมวลผลของโปรแกรม

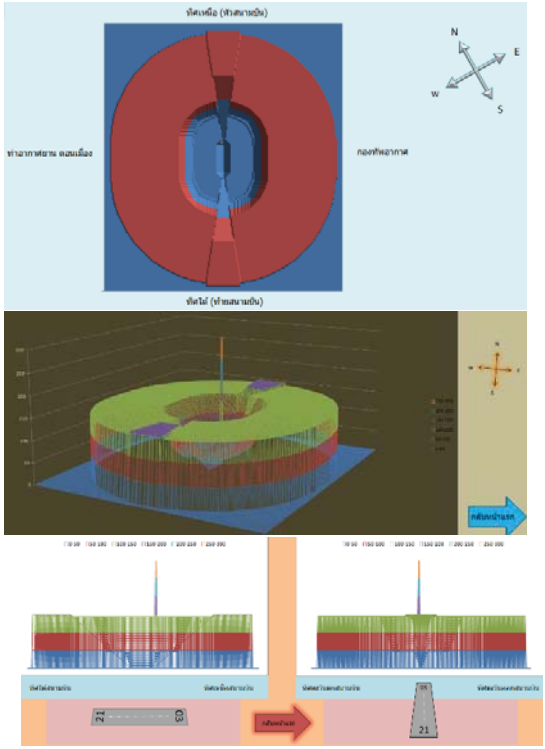


รูปที่ 8 (ต่อ) ลำดับการประมวลผลของโปรแกรม

โปรแกรมหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินนี้พัฒนาให้สามารถป้อนข้อมูลได้อย่างง่าย และแสดงผลการคำนวณพร้อมภาพทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งเห็นตำแหน่งและความสูงของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างที่เปรียบเทียบกับตำแหน่งและความสูงระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบิน รวมทั้งให้มีคำสั่งพิมพ์รายงานผลการคำนวณเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 9 – 11



รูปที่ 9 หน้าโปรแกรมสำหรับการป้อนข้อมูล



รูปที่ 10 การแสดงผลภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ

รายการการตรวจสอบโปรแกรมหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบิน

ชื่อผู้ตรวจสอบ .....

ชื่อโครงการ .....

ชื่อเจ้าของโครงการ .....

มีความประสงค์ ปลูกต้นไม้ยืนต้น

ตำแหน่งที่ตั้งบริเวณก่อสร้าง

ระยะทางจากปลายทางวิ่งด้านที่ใกล้ที่สุดในแนวขนานทางวิ่ง = 2160.00 เมตร = 2.16 ก.ม.

ระยะทางจากศูนย์กลางทางวิ่งในแนวตั้งฉาก = 290.00 เมตร = 0.29 ก.ม.

ค่าพิกัดในระบบ WGS84

	DD	MM	SS
Latitude(N)	13	55	43.54
Longitude(E)	100	37	15.17

สิ่งก่อสร้างสูงกว่าระดับทางวิ่ง = 300 เมตร

ผลการตรวจสอบ

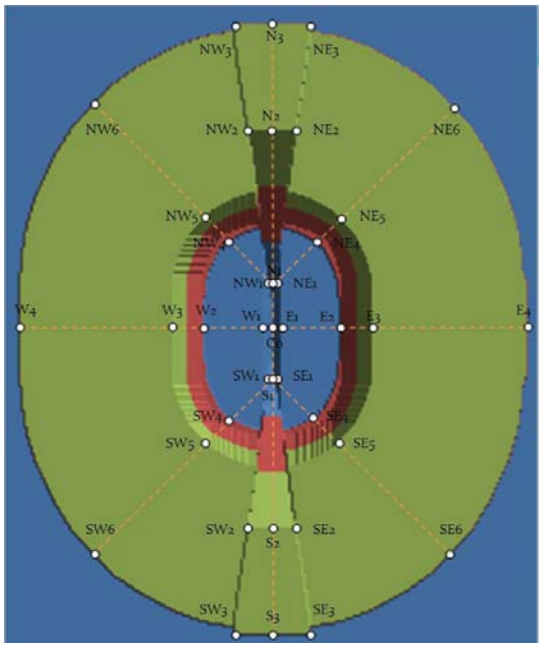
บริเวณนี้สามารถสร้างสิ่งก่อสร้างได้ไม่เกิน 7.368 เมตร ตามข้อบัญญัติความสูงปลอดภัย

สิ่งก่อสร้าง ไม่สามารถสร้างได้

สิ่งก่อสร้างสูงเกินไป 292.63 เมตร

รูปที่ 11 การแสดงผลรายการคำนวณ

6.3 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดภายในบริเวณพื้นที่ปลอดภัย จำนวน 39 จุด เพื่อใช้ตรวจสอบผลการคำนวณของโปรแกรมกับตำแหน่งพิกัดจริงและระยะพ้นสิ่งกีดขวาง ได้แก่ การหาค่าความคลาดเคลื่อนทางราบด้วยค่าเฉลี่ยของรากที่สองของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE) ซึ่งข้อมูลพิกัดที่ใช้ตรวจสอบแสดงใน รูปที่ 12 และการหาค่าความคลาดเคลื่อนทางดิ่งด้วยค่าเฉลี่ยของผลต่างของค่าระยะพ้นสิ่งกีดขวาง รวมถึงยังตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจากตัวอย่าง การขอสร้างอาคารสิ่งปลูกสร้างจริงอีกด้วย



รูปที่ 12 ตำแหน่งจุดพิกัดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง

7. ผลการวิจัย

จากขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าในกรณีที่ใช้ตัวอย่างการขออนุญาตสร้างสิ่งปลูกสร้างที่แล้วมาเพื่อตรวจสอบผลการคำนวณด้วยโปรแกรม ผลที่คำนวณได้จากโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกับผลการคำนวณจากตัวอย่างจริง และ ผลการคำนวณที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดเพื่อตรวจสอบค่าพิกัดทางราบและค่าที่คำนวณ พบว่าผลการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบ 0.34 เมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06 เมตร และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางดิ่ง 0.00205 เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00409 เมตร

8. สรุปผลการวิจัย

สามารถพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินที่ให้ผลการคำนวณได้ โดยโปรแกรมสามารถตรวจสอบความสูงและตำแหน่งของวัตถุหรือ

สิ่งปลูกสร้างได้ทั้งวิธีการป้อนข้อมูลเป็นระยะห่างของวัตถุ เมื่อวัดจากปลายทางวิ่ง และตั้งฉากกับสนามบิน หรือการระบุตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างเป็นระบบพิกัด UTM ที่อ้างอิงพื้นหลักฐาน WGS 84 นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถแสดงผลการคำนวณได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งยังมีคำสั่งสำหรับพิมพ์รายงานการคำนวณที่ได้อีกด้วย ผลตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนทางราบด้วย RMSE พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.34 เมตร และการหาค่าความคลาดเคลื่อนทางดิ่งด้วยค่าเฉลี่ยของผลต่างของค่าความสูงปลอดภัย พบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.00205 เมตร ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ฐานข้อมูลการสร้างภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ กำหนดขึ้นจากเส้นกริดที่มีระยะห่างทาง X และ Y เท่ากับ 150 เมตร เพื่อต้องการให้การประมวลผลภาพมีความรวดเร็ว ทำให้การแสดงผลภาพเกิดความคลาดเคลื่อนบ้างในบางบริเวณโดยเฉพาะส่วนโค้ง จึงควรกำหนดเส้นกริดให้มีระยะห่างทาง X และ Y น้อยกว่า 150 เมตร เพื่อให้การแสดงผลภาพดียิ่งขึ้น

9.2 พัฒนาโปรแกรมให้สามารถหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินอื่น เพื่อให้ครอบคลุมสนามบินต่าง ๆ ของกองทัพอากาศ

10. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย ที่ให้คำปรึกษาแนวทางการดำเนินงานวิจัยตลอดจนข้อมูล และขอขอบคุณแผนกผังแม่บท กองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ ที่ให้ข้อมูลคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

11. เอกสารอ้างอิง

[1] สมศักดิ์ บัวศรี. (2539). **เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมฐานบิน.**

[2] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2538). **การสำรวจเส้นทาง.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค.

[3] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2542). **เส้นโครงแผนที่.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[4] ระเบียบกองทัพอากาศ. (2534). **การขออนุญาตปลูกสร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างในเขตปลอดภัยในราชการทหารของ ทอ**.

[5] Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., Young, S. (2010). **Planning and Design of Airports**. 5th Ed. New York : McGraw-Hill

[6] ICAO. (2018). **Annex 14 Volume 1 Aerodrome Design and Operations**.

การประยุกต์ใช้แนวคิดลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่จัดเก็บสินค้า กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง

Applying of Lean Concepts to Increase the Efficiency of Storage Space: A Case Study of Door and Window Equipment Dealers

อุไรวรรณ วรรณศิริ

160 ถนนสุขสวัสดิ์ แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140

โทร. 081-422-2268

E-mail: mineoflogistics@gmail.com

Received: July 31, 2019

Revised: September 4, 2019

Accepted: September 18, 2019

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่จัดเก็บสินค้า กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง ซึ่งมาจากปัญหาการวางสินค้าในคลังสินค้าไม่เป็นระบบ ส่งผลให้สินค้าที่อยู่ในคลังสินค้ามีจำนวนไม่ตรงกับข้อมูลที่แท้จริงในระบบและทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้า โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง 2) นำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล นำไปสู่การแก้ไขโดยการนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ เพื่อเปรียบเทียบความสูญเปล่าของข้อมูลจำนวนสินค้าและพื้นที่จัดเก็บสินค้าก่อนและหลังแก้ไขปัญหา

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการตรวจนับสินค้าแบบดั้งเดิมกับการนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ โดยทดสอบกับสินค้า 5 อันดับแรกที่พบความผิดพลาดในการตรวจนับมากที่สุดพบว่า การตรวจนับสินค้าแบบดั้งเดิมมีความถูกต้อง 83.12 % ในขณะที่การนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้มีความถูกต้อง 97.95 % คิดเป็นอัตราความสูญเปล่าที่ลดลงรวม 14.83 % และพื้นที่การจัดเก็บสินค้าที่ได้รับการออกแบบใหม่ ทำให้ลดความสูญเปล่าด้านระยะทางและเวลาในการค้นหาสินค้า ส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่จัดเก็บสินค้าได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ : แนวคิดลีน, คลังสินค้า, ความสูญเปล่า

Abstract

This paper proposes the application of lean concepts to increase the efficiency of storage areas. It focuses on the case studies of door and window equipment dealer companies. Which comes from the problem of placing the product in the warehouse is not a system. Resulting in the number of products in the warehouse not matching the actual data in the system and causing delays in product searches. The objective of this research is to: 1) study the storage system in the warehouse of the company, dealer of door and window equipment. 2) Lean

concept applied in the company warehouse, door and window equipment distributor. Research methodology consists of Data collection and Data analysis. Leading to corrections by applying lean concepts to apply. To compare the wastage of data on the number of products and storage areas before and after resolving problems.

The results of the study compare the traditional product counting with the application of lean concepts. By testing the top 5 products with the most counting errors, the traditional product count is 83.12% accurate. While the application of lean concepts was 97.95% accurate, which reduced the total wastage rate by 14.83%. And storage space that has been redesigned. Which helps to reduce wastage of distance and time in searching for products. Resulting in better efficiency in storage space.

Keywords : Lean Concept, Warehouse, Waste

1. บทนำ

ปัจจุบันการประกอบธุรกิจตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่างมีอัตราการแข่งขันที่สูงมาก เนื่องจากมีเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยขึ้นและการเข้าถึงของข้อมูลเพื่อสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ได้ง่ายยิ่งขึ้นกว่าเมื่อก่อน ทำให้บริษัทต้องมีการปรับตัวเพื่อให้บริการที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการแข่งขันทางธุรกิจในสถานการณ์เศรษฐกิจของยุคปัจจุบันนี้ก็คือ วิธีการจัดการคลังสินค้าไม่ว่าจะเป็นการรับสินค้า การเก็บสินค้าและการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งการบริหารจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพที่สูงสุดนั้นจะส่งผลให้มีต้นทุนที่ลดลง คุณภาพเหนือกว่า และส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด เป็นการสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าได้เป็นอย่างดี [12]

คลังสินค้าที่ดีจะต้องมีหน้าที่ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการใหม่คือ เน้นประสิทธิภาพทางด้านเวลาลดช่วงเวลาของการเคลื่อนย้ายสินค้าและการใช้ประโยชน์สูงสุดของพื้นที่ (Space Utility) [2] เมื่อพิจารณาในมุมของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เน้นการลงทุน แต่ส่งเสริมให้มีการนำเสนอความคิดเห็นและให้ความร่วมมือในการลงแรงเป็นหลักโดยการกำจัดสิ่งที่ไม่ได้ใช้ออกไป ซึ่งการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคนที่ร่วมกันคิดหาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ นั้น มีวัตถุประสงค์คือ การลดความสูญเปล่า การลดต้นทุน การเพิ่มผลผลิต และนำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้น [10]

จากปัญหาการวางสินค้าในคลังสินค้าไม่เป็นระบบส่งผลให้สินค้าที่อยู่ในคลังสินค้ามีจำนวนไม่ตรงกับข้อมูลที่แท้จริงในระบบและทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้า นำไปสู่การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำแผนผังก้างปลา (Fish bone) [5] และความสูญเปล่า 8 ประการ [14] มาช่วยวิเคราะห์ปัญหาความสูญเปล่าร่วมกัน เพื่อศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง โดยมีจุดมุ่งหมายคือการเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่จัดเก็บสินค้า ซึ่งได้นำแนวคิดลีน [9] มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาเพื่อลดความสูญเปล่าด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำด้านข้อมูลของคลังสินค้าและพื้นที่จัดเก็บสินค้า ส่งผลให้สามารถรู้จำนวนสินค้าที่แน่นอนในคลังสินค้าเป็นเหตุให้ไม่มีสินค้าตกค้างในสต๊อกและสามารถลดระยะเวลา ในการค้นหาสินค้าเพื่อจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 ศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง

2.2 นำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีขั้นตอนในการศึกษาวิจัย 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การเก็บรวบรวมข้อมูล 2) การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับคลังสินค้าบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่างต่อไป

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตและแบบสนทนากลุ่ม โดย 1. แบบสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์ที่มีวิธีการและระเบียบแบบแผนอย่างหนึ่ง ที่จะนำไปใช้ในการสำรวจข้อเท็จจริง การพบปะสนทนาโดยมีจุดมุ่งหมายระหว่างผู้ที่ต้องการทราบเรื่องราวซึ่งเรียกว่า ผู้สัมภาษณ์ กับผู้ให้เรื่องราวซึ่งเรียกว่า ผู้ให้สัมภาษณ์ การสัมภาษณ์เป็นกระบวนการสื่อสารระหว่างบุคคล 2 คน ด้วยวิธีการพบปะกับผู้ให้ข่าว ได้ยินเสียง ได้อยู่ใกล้ชิด และได้ซักถามผู้ให้สัมภาษณ์ทำให้ได้ความกระจ่างในประเด็นต่าง ๆ ของข้อมูลเพิ่มขึ้น ในครั้งนี้จะเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้คำถามแบบปลายเปิดควบคู่กับการพูดคุยเพื่อให้ผู้ให้สัมภาษณ์รู้สึกเป็นกันเองกับผู้สัมภาษณ์ ข้อมูลที่ใช้ในการสัมภาษณ์จะเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในคลังสินค้า และมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคที่ผ่านมาอย่างไรบ้าง 2. แบบสังเกต เป็นการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมปัจจัยต่าง ๆ ในการรับและจ่ายสินค้าของคลังสินค้า ซึ่งเป็นการปฏิบัติตนให้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ที่ต้องการศึกษาหาข้อมูล และ 3. แบบสนทนากลุ่ม ผู้วิจัยจะเข้าไปสนทนากับกลุ่มพนักงานในคลังสินค้า ลักษณะคำถามที่ถามจะคล้ายกับการสัมภาษณ์ โดยคำถามจะเน้นปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานในคลังสินค้า แต่มุ่งประเด็นไปที่มุมมองของพนักงานในคลังสินค้า

2) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยมีวิธีการดังนี้ 1. ข้อมูลปฐมภูมิ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลโดยตรง โดยได้ทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับพนักงานคลังสินค้า โดยใช้คำถามแบบปลายเปิดเป็นการตั้งคำถามแบบกว้าง ๆ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบได้อย่างเสรี ผู้วิจัยเลือกสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจากแผนกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนกคลังสินค้า 2. ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ผลงานวิชาการ งานวิทยานิพนธ์ ตำรา วารสาร นิตยสาร สื่อสิ่งพิมพ์ทุกชนิด และข้อมูลจากบริษัทตัวแทนจำหน่ายประตูและหน้าต่าง

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง โดยการนำแผนผังก้างปลาและความสูญเปล่า 8 ประการ มาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลในการสัมภาษณ์พนักงานคลังสินค้าถึงการรับสินค้าเข้าคลังสินค้า การบันทึกข้อมูลสินค้าในคลังสินค้าทั้งหมด การเลือกพื้นที่จัดเก็บสินค้า การจัดเก็บสินค้า การจ่ายสินค้าออกจากคลัง การหยิบสินค้า การค้นหาสินค้า และได้นำข้อมูลที่กล่าวมาทำการวิเคราะห์ปัญหา โดยการนำแผนผังก้างปลาและความสูญเปล่า 8 ประการ มาช่วยวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน โดยการวิเคราะห์ได้นำคำถามและคำตอบที่ได้จากพนักงานในคลังสินค้ามาวิเคราะห์ในเชิงพรรณนา

2) ศึกษาการนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง คือ การนำเครื่องมือของแนวคิดลีนมาออกแบบเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า ได้แก่ Visual Management (การควบคุมดูแลด้วยการมองเห็น) 5S (5ส) KAMBAN (ป้ายสัญญาณ) KAIZEN (การเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้น) และ Just in time: JIT (ทันเวลาพอดี) โดยเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้

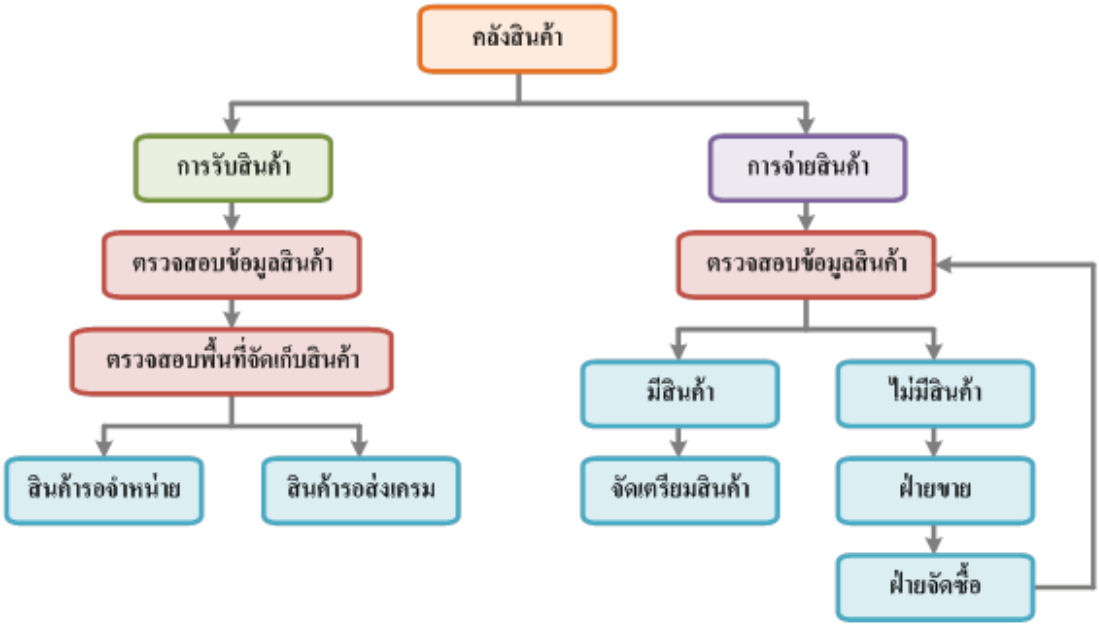
4. ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า

จากปัญหาการวางสินค้าในคลังสินค้าไม่เป็นระบบ ส่งผลให้สินค้าที่อยู่ในคลังสินค้ามีจำนวนไม่ตรงกับข้อมูลที่แท้จริงในระบบและทำให้เกิดความล่าช้าในการ

ค้นหาสินค้า เมื่อลูกค้าสั่งซื้อสินค้าทำให้ไม่สามารถจัดส่งได้ตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ เป็นเหตุให้มีสินค้าตกค้างในสต๊อก ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาระบบการจัดการภายในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และจัดการแก้ปัญหาที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยบริษัทมีสินค้าแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ โช้กประตู ตัวหนีบกระจก บานพับ มือจับประตู มือจับหน้าต่าง และอุปกรณ์ประตูหน้าต่างอื่น ๆ โดยสินค้าในคลังสินค้าจะมีสินค้าที่สั่งเก็บสต๊อกไว้เพื่อรอขายหน้าร้าน สินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และสินค้าตีคืนจากลูกค้าเพื่อรอส่งเครมบริษัทผู้ผลิต

เมื่อลูกค้าสั่งซื้อสินค้ามาที่ฝ่ายขาย ฝ่ายขายจะทำการตรวจสอบข้อมูลสินค้ากับพนักงานคลังสินค้า ถ้ามีสินค้าตามความต้องการจึงให้พนักงานคลังสินค้าจัดเตรียมสินค้าตามคำสั่งซื้อ แต่ถ้าสินค้าไม่มีในคลังสินค้าฝ่ายขายจะประสานไปยังฝ่ายจัดซื้อให้สั่งสินค้าไปยังบริษัทผู้ผลิต และส่งข้อมูลสินค้ามาให้พนักงานคลังสินค้าเพื่อเตรียมพื้นที่จัดเก็บสินค้าต่อไป



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของคลังสินค้า

สต๊อกการ์ดด้วยเช่นกัน 2) การจ่ายสินค้า เมื่อมีคำสั่งจ่ายสินค้าเข้ามาพนักงานจะตรวจสอบข้อมูลสินค้าจากสต๊อกการ์ดว่ามีสินค้าตามจำนวนใบสั่งจ่ายหรือไม่ ถ้ามีให้จัดเตรียมสินค้าตามจำนวนที่ต้องการ แต่ถ้าไม่มีสินค้าพนักงานคลังสินค้าจะทำการแจ้งข้อมูลกลับไปที่ฝ่ายขาย เพื่อให้ฝ่ายจัดซื้อสั่งสินค้าเข้ามาตามความต้องการของลูกค้า การจัดเก็บสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง สินค้ามีหลายประเภทส่วนใหญ่จะบรรจุมาใน กระดาษลูกฟูก ซองพลาสติกหรือสินค้าที่มีน้ำหนักมาก ๆ จะมัดรวมกันมาเพื่อสะดวกในการขนย้าย ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 พื้นที่จัดเก็บในคลังสินค้า (ก่อนทำการปรับปรุง)

รูปที่ 2 แสดงถึงพื้นที่จัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า (ก่อนทำการปรับปรุง) ของบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง โดยการวางสินค้าจะไม่ได้ทำการแยกชนิดหรือประเภทของสินค้าให้เป็นหมวดหมู่ตามความเหมาะสม แต่จะเป็นการวางเรียงกันตามความสะดวกในการจัดเก็บสินค้า ก่อให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้าและเป็นการขาดประสิทธิภาพในการจัดสรรพื้นที่ในการเก็บสินค้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เดือน	วัน	รายการ	เลขที่สำคัญ	จำนวนรับ (ชิ้น)	จำนวนจ่าย (ชิ้น)	จำนวนเหลือ (ชิ้น)	หมายเหตุ
ม.ค.	10	โช๊กบน	C-0509	100	10	90	
	12	มือจับ	H-0387	60	10	50	
	14	ตาแมว	E-1518	500	100	400	
	16	แขนค้ำ	A-2814	59	10	49	

รายชื่อสินค้า

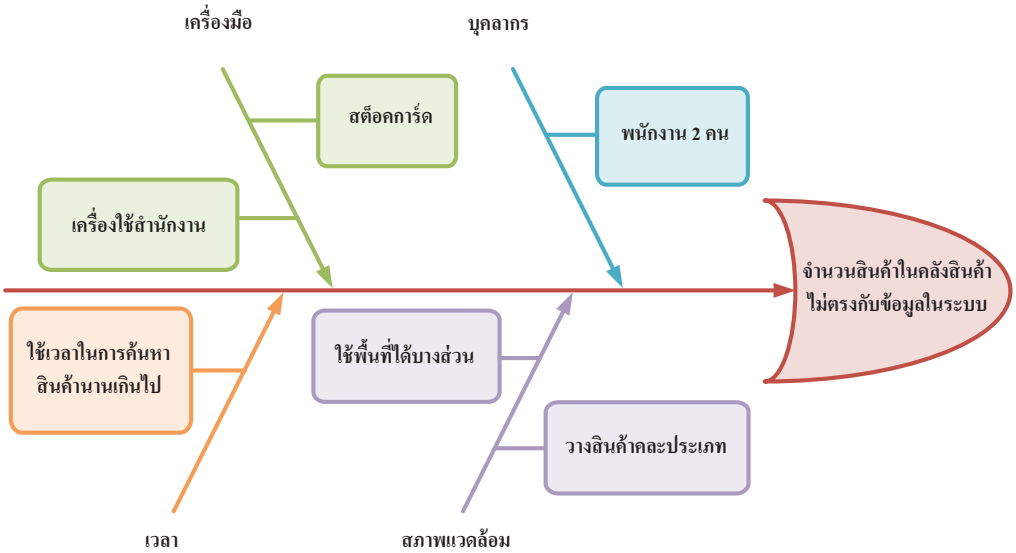
รูปที่ 3 ภาพแสดงรายละเอียดของสต๊อกการ์ด (บัตรสินค้า)

จากรูปที่ 3 เป็นการแสดงตัวอย่างรายละเอียดของสินค้าที่อยู่ในคลังสินค้า ซึ่งสต๊อกการ์ดจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของสินค้าที่อยู่ในคลังสินค้าทั้งหมด เมื่อมีการนำสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้าจะต้องทำการบันทึกข้อมูล เพื่อใช้ตรวจสอบจำนวนของสินค้าที่ยังมีอยู่ในคลังสินค้าได้อย่างถูกต้อง

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น จึงได้นำแผนผังก้างปลาและความสูญเปล่า 8 ประการ [8] มาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในคลังสินค้าดังนี้

1) แผนผังก้างปลา โดยการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจำนวนสินค้าไม่ตรงกับข้อมูลในระบบ พบว่ามีปัจจัยหลัก ๆ ในคลังสินค้า 4 ปัจจัย [5] คือ 1) บุคลากร 2) สภาพแวดล้อม 3) เครื่องมือ และ 4) เวลา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1) บุคลากร พบว่าพนักงานคลังสินค้ามี 2 คน โดยทั้งสองคนจะเป็นผู้ดูแลและรับผิดชอบเกี่ยวกับคลังสินค้าทั้งหมด จะไม่มีการแบ่งหน้าที่อย่างชัดเจน บางครั้งคนหนึ่งรับสินค้าเข้า อีกคนไปหาสินค้าในคลังให้ฝ่ายขายตามคำสั่งซื้อของลูกค้า บางครั้งจะมีพนักงานของส่วนงานอื่นเข้ามาช่วยหยิบสินค้าเมื่อพนักงานของคลังสินค้าทำงานไม่ทัน 2) สภาพแวดล้อม พบว่าการจัดสรรพื้นที่ไม่สามารถใช้ได้เต็มประสิทธิภาพ เมื่อมีสินค้าจาก

บริษัทผู้ผลิตมาส่งที่คลังสินค้า พนักงานคลังสินค้าจะวางสินค้าไว้บนพื้นที่ว่างที่มองเห็น โดยเป็นการวางสินค้าแบบคละประเภทกัน 3) เครื่องมือ พบว่าพนักงานจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของสินค้าทั้งหมดลงบนสต็อกการ์ด บางครั้งพนักงานคลังสินค้าหรือพนักงานจากส่วนงานอื่นเข้ามาหยิบสินค้า จะลืมลงบันทึกในสต็อกการ์ด หรือคิดว่าพนักงานอีกคนได้บันทึกข้อมูลไว้แล้ว และ 4) เวลา พบว่าการหยิบสินค้าเพื่อส่งให้ลูกค้าในแต่ละครั้งต้องใช้เวลานานมาก เพราะสินค้าไม่ได้วางแยกประเภท แต่วางตามความสะดวกของพื้นที่และคนหยิบ ในบางครั้งจะมีการโยกย้ายพื้นที่จัดเก็บสินค้าไปยังจุดใหม่ ทำให้ผู้ที่จัดเก็บสินค้าคนแรก เมื่อต้องการหาสินค้าเดิมอีกครั้งจะไม่พบสินค้าตรงจุดเดิม ต้องเดินวนหาสินค้าในพื้นที่อื่นต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังก้างปลา (Fishbone)

2) ความสูญเปล่า 8 ประการ นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้า ทำให้ทราบว่ามีประเภทของความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (1) ข้อบกพร่องหรือของเสีย (Defect) พบว่าพนักงานไม่ได้แบ่งงานกันอย่างชัดเจน (2) การผลิตเกินความต้องการ (Overproduction) พบว่าเมื่อเจ้าหน้าที่คลังสินค้าติดงานไม่สามารถจัดหาสินค้าให้ได้ จะมีพนักงานของฝ่ายอื่นมาช่วยหาสินค้า (3) การขนส่ง (Transportation) พบว่าสินค้าไม่ได้วางแยกประเภทกันอย่างชัดเจน เมื่อเวลาต้องการสินค้าทำให้ต้องค้นหาหลายพื้นที่ถึงจะพบสินค้า (4) การรอคอย (Waiting) พบว่าเมื่อค้นหาสินค้าไม่พบจึงทำให้ส่วนงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องรอคอยเพื่อให้ได้สินค้าตามที่ต้องการ (5) สินค้าคงคลัง (Inventory) พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปสินค้าที่ค้นหาไม่พบกลับพบ จึงทำให้สินค้าค้างสต๊อกเป็นจำนวนมาก (6) การเคลื่อนไหว (Motion) พบว่าการหยิบสินค้าตามบิลขายแต่ละครั้งต้องมีการค้นหาสินค้าในหลาย ๆ จุดของคลังสินค้า ก่อนที่จะพบสินค้าตามที่ต้องการ (7) การดำเนินการมากเกินไป (Overprocessing) พบว่าพนักงานได้ทำการโยกย้ายตำแหน่งวางสินค้าเพื่อความสะดวกในการค้นหา แต่ไม่ได้มีการบอกกล่าวกันภายในคลังสินค้า (8) ศักยภาพมนุษย์ (Human Potential) พบว่าพนักงานคลังสินค้าไม่ได้มีส่วนร่วมในการออกแบบพื้นที่จัดเก็บสินค้าให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง ทำให้การวางสินค้าเป็นไปตามสถานการณ์ ขาดความเป็นระเบียบ การทำงานของพนักงานจึงทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 ประเภทความสูญเปล่า 8 ประการ

ประเภทของความสูญเปล่า	คำอธิบายย่อ	ตัวอย่างในคลังสินค้า
ข้อบกพร่องหรือของเสีย (Defect)	เวลาที่ใช้ไปกับการทำบางอย่างไม่ถูกต้อง การตรวจสอบหาข้อผิดพลาดหรือการแก้ข้อผิดพลาด	เจ้าหน้าที่ไม่ได้แบ่งงานกันอย่างชัดเจน
การผลิตเกินความต้องการ (Overproduction)	การทำมากกว่าที่ลูกค้าต้องการหรือเร็วกว่าที่จำเป็น	เจ้าหน้าที่คลังสินค้าติดงานไม่สามารถจัดหาสินค้าให้ได้ จะมีเจ้าหน้าที่ของฝ่ายอื่นมาช่วยหาสินค้า
การขนส่ง (Transportation)	มีความสูญเปล่าการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ในระบบ	สินค้าไม่ได้วางแยกประเภทกันอย่างชัดเจน เมื่อเวลาต้องการสินค้าทำให้ต้องค้นหาหลายพื้นที่จึงจะพบสินค้า
การรอคอย (Waiting)	การรอคอยเหตุการณ์ต่อไปเกิดขึ้นหรือรอคอยกิจกรรมงานต่อไป	หาสินค้าไม่พบจึงทำให้ส่วนงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องรอคอยเพื่อให้ได้สินค้าตามที่ต้องการ
สินค้าคงคลัง (Inventory)	ต้นทุนสินค้าคงคลังส่วนเกินที่มีต้นทุนการเงิน ต้นทุนการจัดเก็บและการเคลื่อนย้าย การเสื่อมสภาพ ของเสีย	เวลาผ่านไปสินค้าที่ค้นหาไม่พบกลับพบ จึงทำให้สินค้าค้างสต๊อกเป็นจำนวนมาก
การเคลื่อนไหว (Motion)	พนักงานในระบบมีการเคลื่อนไหวอย่างไม่จำเป็น	การหยิบสินค้าตามบิลขายแต่ละครั้งต้องมีการค้นหาสินค้าในหลาย ๆ จุดของคลังสินค้าก่อนที่จะพบสินค้าตามที่ต้องการ
การดำเนินการมากเกินไป (Overprocessing)	การทำงานที่ลูกค้าไม่เห็นคุณค่า หรือที่เกิดจากนิยามของคุณภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า	พนักงานได้ทำการโยกย้ายตำแหน่งวางสินค้าเพื่อความสะดวกในการค้นหา แต่ไม่ได้มีการบอกกล่าวกันภายในคลังสินค้า
ศักยภาพมนุษย์ (Human Potential)	ความสูญเปล่าและความสูญเสียเนื่องจากไม่ได้ให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วมหรือรับฟังความคิดของพวกเขาหรือสนับสนุนอาชีพของเขา	พนักงานคลังสินค้าไม่ได้มีส่วนร่วมในการออกแบบพื้นที่จัดเก็บสินค้าให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง ทำให้การวางสินค้าเป็นไปตามสถานการณ์ ขาดความเป็นระเบียบ การทำงานของพนักงานจึงทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาการนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาให้กับคลังสินค้าบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ประตูหน้าต่าง

จากปัญหาการจัดเก็บสินค้าไม่เป็นระเบียบและการใช้พื้นที่ในคลังสินค้าไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้จำนวนสินค้าไม่ตรงกับข้อมูลในสต๊อกการ์ดและทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้า ดังที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้น สามารถแก้ไขได้โดยการนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในคลังสินค้า ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

1) Visual Management โดยการทำป้ายบอกสถานที่ติดต่อที่ชัดเจน ขั้นตอนการเข้ารับสินค้าในคลังสินค้า กราฟแสดงผลงานในการทำงานประจำวัน หรือจะเป็นตำแหน่งการวางสินค้าต่าง ๆ ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ง่ายต่อการปฏิบัติงาน อีกทั้งพนักงานคนอื่น ๆ หรือส่วนงานอื่นที่เข้ามาติดต่อ จะทราบได้ทันทีว่าจุดใดเป็นจุดรับสินค้าออกจากคลัง และจุดใดเป็นจุดรับสินค้าเข้าคลังจากบริษัทผู้ผลิต

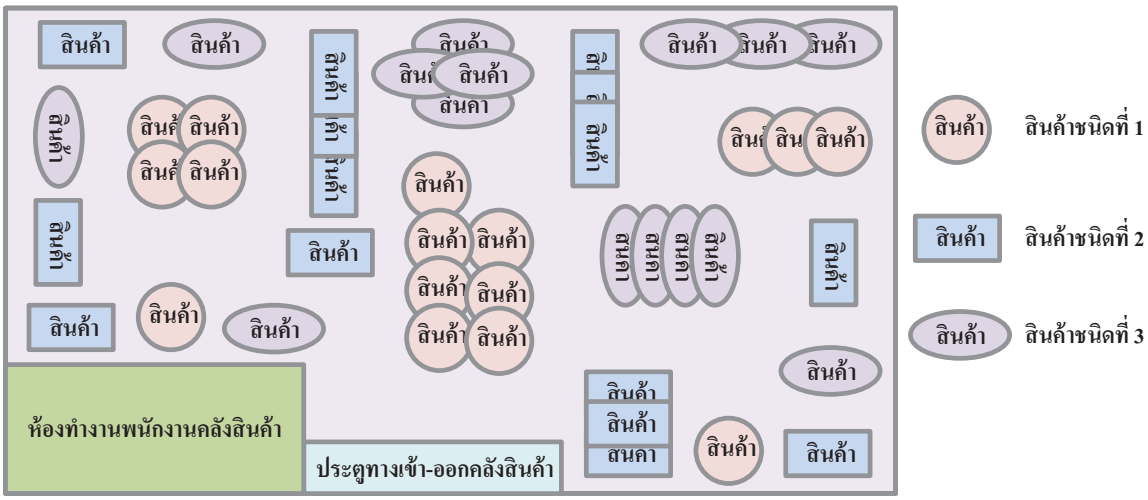
2) 5S เป็นเครื่องมือของแนวคิดลีนที่สามารถนำมาลดขั้นตอนในการทำงานของคลังสินค้าได้ ซึ่งแบ่งได้ 5 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (1) สะสาง คือ การแยกประเภทของสินค้าออกจากพื้นที่ใช้สอย เพื่อสะดวกในการสัญจรไปมาในคลังสินค้า เพราะจะมีการเข้ามาหยิบสินค้าภายในคลังตลอดเวลา (2) สะดวก คือ การจัดอุปกรณ์และสินค้าให้เป็นระเบียบ เพื่อสะดวกและความปลอดภัยในการใช้งาน (3) สะอาด คือ การหมั่นทำความสะอาดสถานที่ จัดเก็บกล่องสินค้าและวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไปไว้ตรงจุดที่กำจัดสิ่งของเหลือใช้ เพื่อให้คลังสินค้ามีสุขลักษณะที่ดีตลอดเวลา (4) สร้างมาตรฐาน คือ การแบ่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าให้เป็นสัดส่วน แยกสินค้าตามประเภท ทำให้สภาพแวดล้อมของคลังสินค้าสะอาดตา และพร้อมให้บริการแก่ผู้มาติดต่อกับแผนกคลังสินค้า (5) สร้างนิสัย การอบรมสร้างนิสัยการปฏิบัติงานตามระเบียบวินัยและข้อบังคับอย่างเคร่งครัด โดยการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบกันอย่างชัดเจนและปฏิบัติหน้าที่ของตนเองอย่างเคร่งครัด ไม่พยายามเลี่ยงหน้าที่ของตนเอง

3) KAMBAN เป็นการทำป้ายกำกับไว้กับกล่องของประเภทสินค้านั้น ๆ พร้อมรายละเอียดของสินค้า เมื่อพนักงานคลังสินค้ามาหาสินค้าประเภทนี้จะได้เข้าใจตรงกันว่าสินค้าประเภทใด มีจำนวนเท่าไร โดยไม่ต้องเสียเวลากลับไปดูข้อมูลตรงจุดอื่น

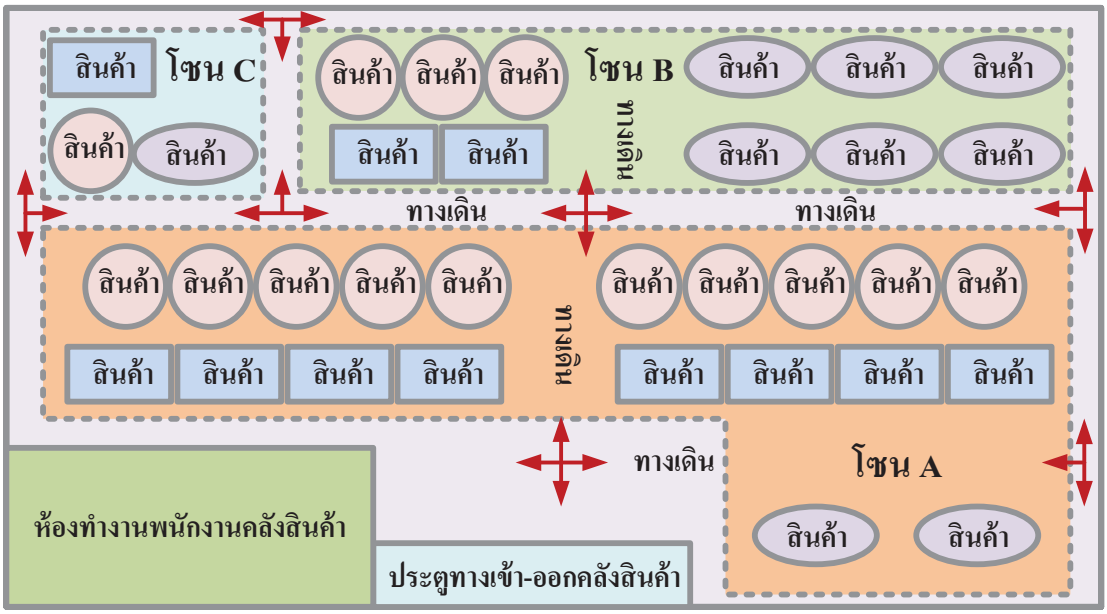
4) KAIZEN เป็นการจัดวางสินค้าตามพื้นที่ที่ได้กำหนดไว้ เมื่อมีการเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนจุดวางสินค้า ต้องแจ้งให้พนักงานคนอื่นในคลังสินค้าได้ทราบ เพราะเป็นการทำงานร่วมกันเป็นทีม

5) Just in time: JIT เมื่อมีคำสั่งซื้อส่งมาที่คลังสินค้า พนักงานสามารถหยิบสินค้าให้ได้แบบทันท่วงทีตามความต้องการของลูกค้า โดยไม่มีกิจกรรมใดที่ส่งผลให้การหยิบสินค้าต้องชะงักลงได้ จึงทำให้ไม่เกิดการรอคอยจากส่วนงานแผนกคลังสินค้า

เมื่อได้นำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ โดยการจัดพื้นที่จัดเก็บสินค้าเป็นหมวดหมู่ แยกประเภท ชนิดของสินค้า และสินค้าบางประเภทมีน้ำหนักมาก จึงทำการเรียงซ้อนกันไว้บนพื้น โดยมีการเขียนป้ายกำกับไว้ให้เห็นอย่างชัดเจน สินค้าบางชนิดมีขนาดเล็กจะใส่สินค้ารวมกันไว้ในกล่องเดียวกัน โดยจะเขียนป้ายบอกรายละเอียดติดไว้ข้างกล่อง ในการจัดพื้นที่การจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้านั้น จะแบ่งเป็น 3 โซน (Zone) ดังนี้ 1) โซน A คือ สินค้าขายดี 2) โซน B คือ สินค้าขายได้เรื่อย ๆ และ3) โซน C คือ สินค้าขายได้ช้า ซึ่งการแบ่งพื้นที่ต้องคำนึงถึงขนาดและน้ำหนักของสินค้าด้วย ดังแสดงดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 แผนผังก่อนปรับปรุงการจัดพื้นที่ในคลังสินค้า



รูปที่ 6 แผนผังหลังปรับปรุงการจัดพื้นที่ในคลังสินค้า

รูปที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบแผนผังภายในคลังสินค้าก่อนและหลังการปรับปรุงพื้นที่ตามลำดับ โดยรูปที่ 5 เป็นภาพสินค้าที่ยังไม่ได้จัดระเบียบ เป็นการวางสินค้าคละประเภทกัน โดยไม่มีหมวดหมู่หรือชนิดของสินค้า พื้นที่ว่างตรงไหนสินค้ามาใหม่สามารถวางลงได้เลย รูปที่ 6 จะเป็นการจัดพื้นที่ 3 โซน เป็นการแบ่งโซนตามระดับการเคลื่อนไหวของสินค้า โซน A จะมีพื้นที่และปริมาณสินค้ามากที่สุด ซึ่งจะอยู่ใกล้จุดขนถ่ายสินค้ามากที่สุด เพราะเป็นสินค้าขายดีหรือสินค้าเคลื่อนไหวเร็ว โซน B ปริมาณสินค้าปานกลางมีความเคลื่อนไหวได้ เรื่อย ๆ และโซน C ปริมาณสินค้าน้อยเคลื่อนไหวช้า นาน ๆ ถึงจะขายได้ ซึ่งมีพื้นที่เล็กที่สุด และอยู่ไกลจุดขนถ่ายสินค้ามากที่สุด

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างสินค้าจากการตรวจนับสินค้าแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ (รายเดือน)

ลำดับ	รายการ	จำนวนสินค้าในสต๊อกการ์ด (ชิ้น)	จำนวนนับแบบดั้งเดิม (ชิ้น)	ความถูกต้องแบบดั้งเดิม (%)	จำนวนนับแบบใหม่ (ชิ้น)	ความถูกต้องแบบใหม่ (%)	อัตราความสูญเปล่าที่ลดลง (%)
1	โช๊กบน	100	90	90.00	98	98.00	8.00
2	โช๊กล่าง	110	100	90.91	109	99.09	8.18
3	มือจับ	60	50	83.34	58	96.67	13.33
4	แขนค้ำ	59	49	83.05	57	96.61	13.56
5	ตาแมว	500	400	80.00	490	98.00	18.00
รวม		**829**	**689**	**83.12**	**812**	**97.95**	**14.83**

จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างสินค้าจากการตรวจนับสินค้าแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ (รายเดือน) โดยสินค้าที่นำมาเป็นตัวอย่างในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดนั้น จะเป็นสินค้าที่เกิดความผิดพลาดในการตรวจนับบ่อยที่สุด 5 อันดับจากสินค้าทั้งหมดที่บริษัทเป็นตัวแทนจำหน่าย ซึ่งหลังจากได้นำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสินค้าที่นับได้ ตัวอย่างเช่น รายการที่ 1 โช๊กบน จะพบว่ายอดสินค้าในสต๊อกการ์ดมีจำนวน 100 ชิ้น เมื่อนับแบบระบบดั้งเดิมนับได้จำนวน 90 ชิ้น คิดเป็นค่าความถูกต้องแบบ ดั้งเดิม 90.00 % โดยหลังจากมีการปรับปรุงระบบโดยการจัดหมวดหมู่ แยกประเภทของสินค้าและวางในพื้นที่ที่เหมาะสมแล้ว ทำการนับแบบระบบใหม่จะพบสินค้าล่าสุดที่นับได้จำนวน 98 ชิ้น คิดเป็นค่าความถูกต้องแบบใหม่ 98.00 % ทำให้ทราบถึงค่าอัตราความสูญเปล่าที่ลดลง 8.00 %

5. อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า ทำให้ทราบว่าคลังสินค้ามีความสำคัญต่อบริษัทเป็นอย่างยิ่ง เพราะคลังสินค้ามีหน้าที่สำคัญในการรับ การจัดเก็บ การค้นหาและจัดส่งสินค้า สอดคล้องกับ [1] เพื่ออำนวยประโยชน์แก่ลูกค้า และสร้างมูลค่าเพิ่มในทางธุรกิจ การปฏิบัติงานแบบดั้งเดิมในคลังสินค้านี้ พนักงานคลังสินค้ารับสินค้าเข้าคลังสินค้า ซึ่งในการรับสินค้าไปจัดเก็บในคลังสินค้านั้น ส่วนใหญ่จะมีความผิดพลาดของการเก็บข้อมูลสินค้า ผู้ประกอบการไม่ได้ให้ความสำคัญกับวิธีในการจัดเก็บข้อมูลของสินค้าที่ดี ทำให้เกิดจำนวนสินค้าไม่ตรงกันระหว่างข้อมูลในระบบและจำนวนสินค้าที่มีอยู่จริง จากนั้นจึงนำสินค้าไปจัดเก็บตรงพื้นที่ว่างในคลังสินค้า ไม่ได้ทำการแยกชนิดหรือประเภทของสินค้าให้เหมาะสม แต่จะเป็นการวางเรียงกันตามความสะดวกในการจัดเก็บสินค้า ซึ่งสอดคล้องกับ [4] ก่อให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้า เมื่อมีการนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้กับคลังสินค้านี้ สามารถลดปัญหาจำนวนสินค้าไม่ตรงกับข้อมูลในระบบ และสามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าอย่างมีระบบ ซึ่งสอดคล้องกับ [6] โดยมีการปรับผังโรงงานเพื่อลดระยะทางและเวลาในการเคลื่อนย้ายหรือการเคลื่อนไหว ลดขั้นตอนการทำงานที่มากเกินไป ซึ่งการปรับปรุงทำให้เกิดแผนผังเป็นกระบวนการที่ดีขึ้น สามารถควบคุมด้วยสายตาได้สะดวก ซึ่งสอดคล้องกับ [7] ส่งผลให้ประหยัดเวลาในการค้นหาสินค้า ลดเรื่องความถูกต้องของสินค้า ทำให้ไม่มีสินค้าค้างสต๊อก และเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแก่ลูกค้า

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งประเด็นศึกษาเกี่ยวกับการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในคลังสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย

อุปกรณ์ประตูและหน้าต่าง เนื่องจากปัญหาสินค้าที่อยู่ในคลังสินค้ามีจำนวนไม่ตรงกับข้อมูลจริงที่อยู่ในระบบและการวางสินค้าในคลังสินค้าไม่เป็นระบบทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้า ทำให้ลูกค้าได้รับสินค้าไม่ตรงตามเวลาและความต้องการ จนทำให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นมาหลังจากที่ทำการศึกษาระบบการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า ทำให้ทราบว่าคลังสินค้านี้จะมีหน้าที่หลัก ๆ 2 ส่วน คือ 1) การรับสินค้า 2) การจ่ายสินค้า โดยการเก็บข้อมูลสินค้าทั้งหมดไว้บนสต๊อกการ์ด ซึ่งคลังสินค้าจะมีพนักงาน 2 คนเป็นผู้ดำเนินการเกี่ยวกับคลังสินค้าทั้งหมด ในแต่ละเดือนจะมีการตรวจนับสินค้าโดยพนักงานของคลังสินค้าจะเป็นผู้ตรวจนับสินค้าจริงและนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลบนสต๊อกการ์ด หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในคลังสินค้านี้ ได้ทำการตรวจนับสินค้าโดยการนำสินค้าที่เกิดความผิดพลาดในการตรวจนับบ่อยที่สุด 5 อันดับจากสินค้าทั้งหมดที่บริษัทเป็นตัวแทนจำหน่าย จะได้ผลลัพธ์ของวิธีการตรวจนับแบบดั้งเดิมและวิธีการตรวจนับแบบใหม่ (รายเดือน) ซึ่งภาพรวมสามารถลดอัตราความสูญเปล่าลดลงถึง 14.83 % และได้มีการออกแบบแผนผังคลังสินค้าใหม่ ซึ่งมีการแบ่งพื้นที่จัดเก็บเป็น 3 โซน ดังนี้ 1) โซน A คือ สินค้าขายดี 2) โซน B คือ สินค้าขายได้เรื่อย ๆ และ3) โซน C คือ สินค้าขายได้ช้า สอดคล้องกับ [3] ทำให้พื้นที่และระยะทางในการทำงานลดลง การจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์เป็นระเบียบมากขึ้นง่ายต่อการหยิบมาใช้งาน สอดคล้องกับ [11] เกิดความสะดวกง่ายต่อการควบคุมทางสายตา สอดคล้องกับ [15] ส่งผลให้ประสิทธิภาพของพื้นที่จัดเก็บสินค้าเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันท่วงที

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ คือ

1. พนักงานคลังสินค้าควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับแนวคิดลีน จะได้สามารถนำไปใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ เพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2. ควรนำเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ในบริษัท อาทิเช่น ระบบบัญชีอัตโนมัติ หรือระบบ RFID [13] เพื่อลดปัญหาการลืมบันทึกข้อมูลสินค้าที่สต๊อกการ์ด จะทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชุติระ ระบอบ. (2552). **การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักท์.

[2] ธนิต โสรัตน์. (2552). **คู่มือการจัดการคลังสินค้าและการกระจายสินค้า.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ประชุมทอง พริ้นติ้ง.

[3] ธิญาดา ใจไหมคร้าม. (2559). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาคลังสินค้า 2 ราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร (ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ)

[4] นิวัฒน์ เดชอำไพ และกาญจนา เศรษฐนันท์. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดชั้นในสตรีโดยประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน. *วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 7(2): 13-27.

[5] สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram or Ishikawa Diagram). สืบค้น 8 ธันวาคม 2561, จาก: http://www.nst.or.th/article/article492/article492082.html

[6] ประภาศรี พงศ์ธนาพาณิช. (2555). การสร้างความมีเสถียรภาพของระบบการผลิตกับแนวคิดการผลิตแบบลีน. *วารสารการจัดการสมัยใหม่ Modern Management Journal*. 10(2): 1-7.

[7] ไพศาล ลาภสมบูรณ์ชัย และณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์. (2558). การลดความสูญเปล่าในกระบวนการบรรจุหอมหัวใหญ่ โดยเทคนิคการผลิตแบบโตโยต้า : ศึกษาโรงงานถาวรการเกษตร. *วารสารสุทธิปริทัศน์*. 29(92): 218-235.

[8] วิทยา สุหฤทดำรง. (2556). **LEAN HOSPITALS ปรับปรุงคุณภาพ ความปลอดภัยผู้ป่วยและความพึงพอใจของพนักงาน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ.สแควร์ สำนักพิมพ์.

[9] ศิ-ต รอดเครือวัลย์. (2552). **LEAN ยุคใหม่...สไตล์ Simple.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ปัญญาชน สำนักพิมพ์.

[10] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). (2552). **Kaizen Best Practices.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) สำนักพิมพ์.

[11] สุชาดี ธำรงสุข, วันชัย แหลมหลักสกุล และสมนึก วิสุทธิแพทย์. (2559). การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 26(3):451-461.

[12] อำพรรณ เช้าจันทร์ และชิณโสณ์ วิสิฐนิธิกิจา.(2561) การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า กลุ่มบริษัทซัมมิท. Veridian E-Journal สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ. 11(3): 1409-1418.

[13] อุไรวรรณ วรรณศิริ. (2561). การลดความสูญเปล่าของคลังวัตถุดิบโดยระบบการระบุลักษณะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์น้ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลนีนายเรืออากาศ.* 14: 57-67.

[14] G. Mark. **LEAN HOSPITALS. (2009).** New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

[15] Liker, J.K. & Meier, D. (2006). **The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps.** New York: New York: McGraw Hill Inc.

โปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ

Mobile Application for Healthcare Planning of Elderly People

[1]ธันยธรณ์ สุวรรณหงษ์ , [2]อมฤตา ฤทธิภักดี , [3]พัชรพงษ์ ตรีวิริยานุภาพ

[1,2,3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Email : [1]tanyatorn.s906@pnru.ac.th, [2]amarita@pnru.ac.th

[3]patcharapong@pnru.ac.th[3]

Received: August 16, 2019

Revised: September 20, 2019

Accepted: October 16, 2019

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรของประเทศไทยที่ผ่านมาทำให้ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ โดยมีประชากรผู้สูงอายุจำนวนกว่า 7 ล้านคนคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมดและมีแนวโน้มสูงขึ้น อีกทั้งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีซึ่งมีความสำคัญอย่างมากกับผู้สูงอายุโดยเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ผู้สูงอายุใช้ชีวิตง่ายขึ้นพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ เช่น โปรแกรมประยุกต์บนมือถือจากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของโทรศัพท์มือถือในรูปแบบของสมาร์ตโฟน ดังนั้นการพัฒนาแอปพลิเคชันจึงเป็นที่นิยมมากขึ้น ปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในหลายๆ ด้าน ของผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนมือถือ มีฟังก์ชันที่จำเป็นต่อผู้สูงอายุ เช่น ปฏิทินสำหรับบันทึกกิจกรรมมีระบบการแจ้งเตือน การค้นหาโรงพยาบาลใกล้เคียง การแนะนำกิจกรรมที่น่าสนใจสำหรับผู้สูงอายุ การโทรออกฉุกเฉิน จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุด้านการใช้งานอยู่ระดับดีและด้านภาพรวมอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ : โปรแกรมประยุกต์บนมือถือ ผู้สูงอายุ การวางแผนสุขภาพ

Abstract

Currently, Thailand population structure trend has been going to be aged society. There are around 7 million elders in Thailand which is correspondence to 10% of the whole entire Thai people and tend to be increase. From a rapid development of smart mobile phone, the associated mobile phone applications have been developed accordingly. Nowadays, both government and private sections have developed the mobile phone applications which comprise with necessary functions for elders use such as calendar to record events, notification systems finding nearby hospitals, recommend interesting activities for elder, emergency call etc. From mobile phone application assessments for health planning and management of elder, results reveal that usability is good and the overall is good.

Keywords: Mobile phone application for elders, elders, health planning and management

1. บทนำ

ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาจำนวนของประชากรของประเทศไทยมีจำนวนที่ค่อนข้างคงตัวอยู่ที่ 65 ล้านคนและในสัดส่วนของประชากรที่มีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วนั้น คือ กลุ่มผู้สูงอายุตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ.2546 ผู้สูงอายุ หมายความว่า บุคคลผู้ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปและกลุ่มผู้สูงอายุมีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนสูงขึ้นมากกว่า 7 ล้านคนหรือมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมดของประเทศทำให้ประเทศไทยก้าวเข้าสู่ภาวะสังคมผู้สูงอายุ ตั้งแต่ พ.ศ.2548 และคาดว่าในปี พ.ศ.2564 จำนวนประชากรผู้สูงอายุจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในกลุ่มอาเซียนที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 2 รองจากประเทศสิงคโปร์ เมื่อสัดส่วนโครงสร้างประชากรของประเทศเปลี่ยนไปส่งผลให้รูปแบบการอยู่อาศัยเปลี่ยนแปลงตามขนาดของครอบครัวเล็กลงทำให้ผู้สูงอายุมีแนวโน้มอาศัยอยู่เพียงลำพังและประสบปัญหาในการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

สำหรับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีซึ่งมีความสำคัญอย่างมากกับผู้สูงอายุ โดยเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ผู้สูงอายุใช้ชีวิตง่ายขึ้นพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกสบายในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ เช่น โปรแกรมประยุกต์บนมือถือ (Mobile Application) จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของโทรศัพท์ในรูปแบบของสมาร์ตโฟน (Smart Phone) จะเห็นได้ว่าน้อยคนมากที่จะไม่มีอุปกรณ์ประเภทนี้อยู่ใกล้ตัว การพัฒนาแอปพลิเคชันจึงเป็นที่นิยมมาก ปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในหลาย ๆ ด้านของผู้สูงอายุ

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนมือถือเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้กับกลุ่มผู้สูงอายุโดยโปรแกรมประยุกต์บนมือถือจะมีฟังก์ชันที่จำเป็นต่อผู้สูงอายุ เช่น ปฏิทินสำหรับบันทึกกิจกรรม มีระบบการแจ้งเตือน การค้นหาโรงพยาบาลใกล้เคียงที่สามารถบอกระยะทางรวมถึงประเภทของโรงพยาบาลว่าเป็นรัฐบาลหรือเอกชนและยังสามารถโทรหาโรงพยาบาลได้โดยไม่ต้องค้นหาซ้ำ อีกทั้งยังสามารถเปิดไปยังเว็บไซต์ของโรงพยาบาลได้ การแนะนำกิจกรรมที่น่าสนใจสำหรับผู้สูงอายุ เช่น การออกกำลังกายที่เหมาะสม เมนูอาหารเพื่อสุขภาพ การดูแลตนเองเมื่อเข้าสู่สังคมสูงวัย การโทรออกฉุกเฉินเมื่อผู้ใช้ต้องการความช่วยเหลือในเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เมื่อกดแล้วจะเป็นการโทรออกเบอร์ 1669 มีเจ้าหน้าที่พร้อมให้ความช่วยเหลือตลอด 24 ชั่วโมง

2. วัตถุประสงค์

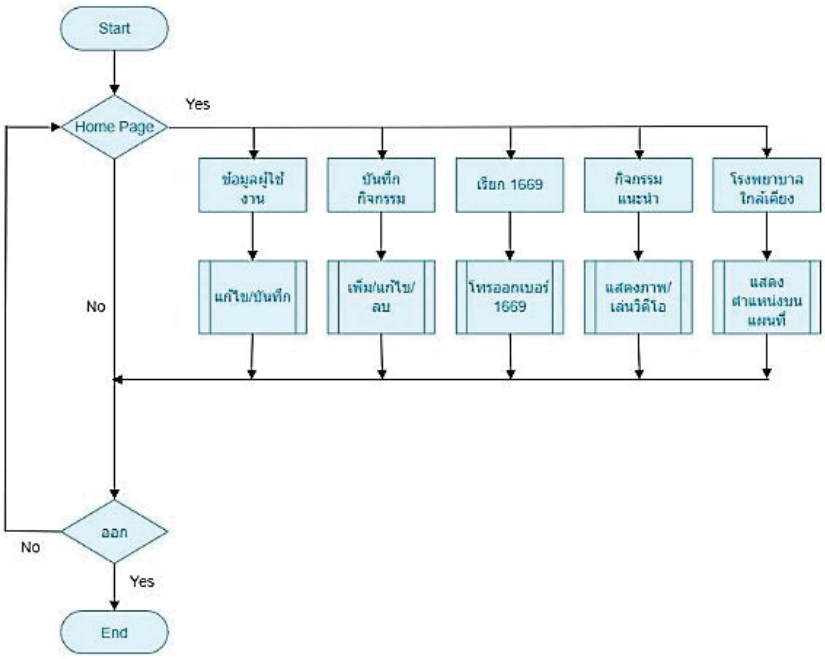
2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุบนระบบปฏิบัติงานแอนดรอยด์

2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุบนระบบปฏิบัติงานแอนดรอยด์

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธัญวัฒน์ บุญศรีนุ้ย (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ระบบบริหารจัดการยา กรณีศึกษาบ้านพักคนชรา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับให้ผู้ดูแลผู้สูงอายุในการแก้ปัญหาเรื่องการจ่ายยาผิดพลาด ลดขั้นตอนในการทำงานให้ผู้ดูแลผู้สูงอายุในบ้านพักคนชราจ่ายยาได้ถูกต้องตามที่แพทย์สั่งและช่วยให้ผู้ดูแลผู้สูงอายุทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันใช้งานร่วมกับโมบายแอปพลิเคชันเพื่อใช้ในการสแกนคิวอาร์โค้ดผู้สูงอายุและกล่องใส่ยาเพื่อทำการเช็คข้อมูล ส่วนที่สองเป็นการพัฒนากล่องจ่ายยาที่สามารถสั่งเปิดได้จากโมบายแอปพลิเคชันและจากการประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ได้รับผลประเมินเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.96 อยู่ในระดับที่ดี [1] วาทิศ ตันติเหมันต์ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมพัฒนาการสมองสำหรับโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้

ตระหนักถึงปัญหาโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ จึงได้ศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารสมองเพื่อส่งเสริมความจำ กระตุ้นสมองให้ผู้สูงอายุได้ดูแลตัวเองได้จากทุกที่บนโทรศัพท์มือถือของตนทำให้มีการเรียนรู้ รับรู้และสามารถปรับปรุงความจำให้ดีขึ้น ลดอาการหลงลืมให้ช้าลง โดยออกแบบให้เหมาะสมกับสายตาผู้สูงอายุเพื่อง่ายต่อการมองเห็นและการใช้งานเมนูมีความชัดเจนไม่ซับซ้อน จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน ได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับที่ดี [2] ศิลามณี แจ้งใบ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและเข้าถึงผู้ป่วยบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ศึกษาและพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางในการเข้าถึงผู้ป่วย ในรูปแบบเว็บแผนที่ออนไลน์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และสามารถค้นหาตำแหน่งบ้านของผู้ป่วยที่ลงทะเบียนกับโรงพยาบาลพุทธชินราช ทั้งยังสามารถค้นหาจุดบริการรถฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุดและค้นหาโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาพยาบาลได้อย่างทันท่วงที ลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บที่รุนแรงหรือถึงขั้นเสียชีวิตได้ พัฒนาขึ้นด้วยภาษาพีเอชพี (PHP) ให้ทำงานร่วมกับฐานข้อมูลโพสต์เกรสคิวแอล (PostgreSQL) และชุดคำสั่งจาวาสคริปต์ (JavaScript) ที่ใช้งานร่วมกับกูเกิลแมพเอพีไอ (Google Maps API) ระบบนี้สามารถช่วยในการตัดสินใจในระดับเบื้องต้นสำหรับศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการที่จะเลือกสรรรถให้บริการฉุกเฉินที่อยู่ใกล้ตำแหน่งบ้านผู้ป่วยที่สุด พร้อมเส้นทางในการเดินทางไปยังบ้านผู้ป่วยที่ใกล้ที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด หรือปลอดภัยที่สุด สิ่งที่แตกต่างไปจากกูเกิลแมพ คือ ระบบนี้สามารถแสดงข้อมูลประวัติของผู้ป่วย ซึ่งมีรูปของผู้ป่วย เลขบัตรประชาชน ชื่อ นามสกุล ที่อยู่ เป็นต้น ที่ถูกเรียกขึ้นมาจากจีโอเซิร์ฟเวอร์ (GeoServer) ค้นหาตำแหน่งรถให้บริการฉุกเฉินที่อยู่ใกล้ที่สุด และตำแหน่งของโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด [3] นิรัติศัย ไก่แก้ว และสุวรรณี อัสวกุลชัย (2560) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ออกกำลังกายภายในศูนย์ออกกำลังกายของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (IOS) มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำการ พัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่บนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (IOS) เพื่อแนะนำการออกกำลังกายภายในศูนย์ออกกำลังกายของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ช่วยให้นักศึกษาสามารถใช้เครื่องออกกำลังกายได้อย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ เช่น การลดหน้าท้อง ลดน้ำหนัก เพิ่มกล้ามเนื้อ ลดต้นขา และระบบสามารถคำนวณ ค่าบีเอ็มไอ (BMI) เพื่อประเมินสุขภาพเบื้องต้นและยังมีการบันทึกประวัติการออกกำลังกาย พัฒนาโดยการใช้เอ็กซ์โค้ด (X-Code) เป็นเครื่องมือ จากผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 30 คน ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดี [4] กุลวดี ศรีพานิชกุลชัยและคณะ (2559)ได้ทำการศึกษาโครงการแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาเพื่อส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาการเด็กไทย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ พบว่าการจดบันทึกข้อมูลนับเป็นเรื่องสำคัญ กรณีที่เด็กป่วย ผู้ปกครองมักจะลืมนำสมุดบันทึกมาด้วยบางครั้งสมุดบันทึกชำรุดหรือสูญหายจึงทำให้ข้อมูลของเด็กมีการตกหล่นหรือหายตามไป[5] คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันที่ง่ายต่อการดูแลข้อมูลสุขภาพและนอกจากนี้ยังสามารถเข้าถึงความรู้เบื้องต้นเพื่อนำไปปรับใช้ในการเลี้ยงดูได้ โดยมีฟังก์ชันสามารถบันทึกพัฒนาการของเด็กได้ตั้งแต่แรกเกิดสามารถบันทึกตารางนัดหมายวันพบแพทย์สามารถคำนวณการเจริญเติบโตของเด็กว่าเหมาะสมกับวัยหรือไม่ อีกทั้งยังมีข้อมูลด้านโภชนาการแนะนำสำหรับเด็กในแต่ละวัยสะดวกในการพกพา การแจ้งเตือนเมื่อถึงวันนัดต่าง ๆ เช่น นัดฉีดวัคซีน ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับพ่อและแม่ได้ดี



รูปที่ 1 แผนผังการทำงาน

4. วิธีการดำเนินการ

4.1 แผนผังการทำงาน

4.2 กลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ บุคคลทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป

กลุ่มตัวอย่าง คือ คัดเลือกจากประชากรโดยวิธีการแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เป็นบุคคลทั่วไป

4.3 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนมือถือ ประเภทฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่

(1) Notebook Lenovo™ ideapad™ 500 Processor: Intel® Core™ i7-6500U CPU@ 2.50 GHz 2.60 GHz , SSD: WD Green™ 240GB SATA , HDD: WD Blue™ 1.0TB , RAM: Transcend DDR3L-1600 ECC-DIMM 12 GB , Graphic: Intel® HD Graphics520 Speed 2592 MHz, ADM Radeon™ R7 M360 2GB

(2) Mobile: Samsung Galaxy Note 5 Android: Lollipop 7.0 , CPU: 2.1GHz Quad + 1.5GHz Quad 64-bit, Process Octa Core , RAM: 4GB , ROM: 32GB

ประเภทซอฟต์แวร์ (Software) ได้แก่

(1) ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro © 2018 Microsoft Corporation.

(2) โปรแกรม Android Studio

(3) โปรแกรม Photoshop CS6

(4) โปรแกรม Blue Stacks

(5) Application Canva

(6) Google Map

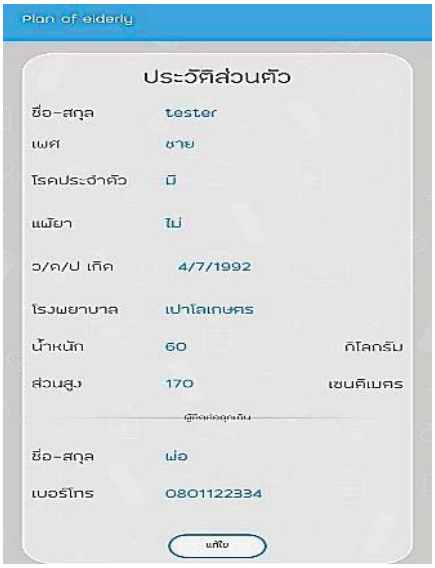
4.4 ขั้นตอนวิธีดำเนินโครงการ

ขั้นตอนที่ 1 การทำงานหลักของโปรแกรม

รูปที่ 2 หน้าหลักโปรแกรม

หน้าจอหลักแสดงปุ่มเมนูการออกแบบสีสันที่สบายตา เน้นขนาดไอคอนที่มีขนาดใหญ่และสื่อความหมายชัดเจน สะดวกและง่ายต่อการใช้งานไม่ซับซ้อน เมนูประกอบด้วย ข้อมูลผู้ใช้บันทึกกิจกรรม เรียก 1669 แนะนำกิจกรรม โรงพยาบาลใกล้เคียงดังแสดงในรูปที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 การทำงานของเมนูข้อมูลผู้ใช้



รูปที่ 3 ข้อมูลผู้ใช้งาน

ในส่วนข้อมูลผู้ใช้นั้นจะให้ผู้ใช้ได้กรอกข้อมูลตนเองลงไป สามารถบันทึกและแก้ไขได้ดังแสดงในรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 การทำงานหน้ากิจกรรมที่บันทึก

รูปที่ 4 กิจกรรมที่บันทึก

ในส่วนกิจกรรมที่บันทึก ผู้ใช้สามารถบันทึกกิจกรรมในแต่ละวันได้โดยเลือกวันในปฏิทินและกดปุ่มเครื่องหมายบวกสีแดง ผู้ใช้งานสามารถบันทึกและกำหนดเวลาแจ้งเตือนของกิจกรรมนั้น ๆ ได้ตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 การทำงานเมนูบันทึกกิจกรรม

รูปที่ 5 การบันทึกกิจกรรม

ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถกรอกรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ชื่อกิจกรรม รายละเอียดของกิจกรรม วันที่ เวลาและสามารถเลือกได้ว่าอยากให้แอปพลิเคชันแจ้งเตือนหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 5

ขั้นตอนที่ 5 การทำงานเมนูกิจกรรมแนะนำ

รูปที่ 6 กิจกรรมแนะนำ

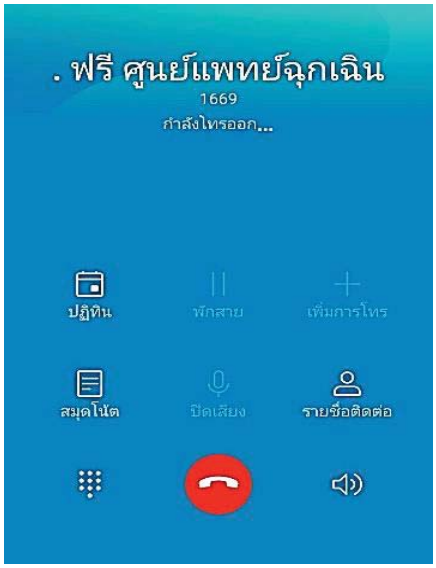
เมนูกิจกรรมแนะนำออกแบบให้ใช้งานง่ายโดยแบ่งเป็นประเภทของกิจกรรม เช่น สิทธิผู้สูงอายุ การออกกำลังกาย การรับประทานอาหาร การพักผ่อน การดูแลสุขภาพและเมนูเพื่อสุขภาพ ดังแสดงในรูปที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 การทำงานเมนูย่อยของหมวดต่าง ๆ

รูปที่ 7 เมนูย่อยของหมวดต่าง ๆ

เมนูย่อยนั้นจะมีกิจกรรม เคล็ดลับ เกร็ดความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ มีเนื้อหาที่เป็นทั้งรูปภาพ อินโฟกราฟิกและวิดีโอแนะนำดังแสดงในรูปที่ 7

ขั้นตอนที่ 7 การทำงานหน้าเมนูเรียก 1669



รูปที่ 8 แสดงหน้าโทรออก 1669

ในส่วนนี้เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มจะเป็นการโทรออกเบอร์ 1669 ทันทีการโทรออกจะไม่เสียค่าใช้จ่ายเมื่อผู้ใช้งานต้องการขอความช่วยเหลือจะมีเจ้าหน้าที่คอยรับสายและทีมที่พร้อมช่วยเหลือตลอด 24 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 8

ขั้นตอนที่ 8 การทำงานของเมนูโรงพยาบาลใกล้เคียง

รูปที่ 9 เมนูโรงพยาบาลใกล้เคียง

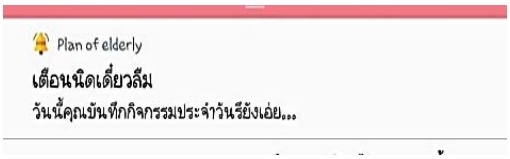
โรงพยาบาลใกล้เคียงสำคัญมากสำหรับผู้สูงอายุซึ่งในหน้านี้จึงจะแสดงโรงพยาบาลที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานมากที่สุดจะแสดงชื่อโรงพยาบาลเป็นโรงพยาบาลรัฐหรือโรงพยาบาลเอกชน ระยะทางดังแสดงในรูปที่ 9

ขั้นตอนที่ 9 แสดงตำแหน่งโรงพยาบาลบนแผนที่

รูป 10 แสดงตำแหน่งโรงพยาบาลบนแผนที่

หลังจากกดเลือกโรงพยาบาลที่ต้องการโปรแกรมจะแสดงตำแหน่งของโรงพยาบาลบนแผนที่ขึ้นมาและเพื่อความสะดวกของผู้ใช้งาน หากมีความต้องการที่จะติดต่อโรงพยาบาล สามารถกดปุ่ม “เบอร์ติดต่อได้” หรือต้องการดูข้อมูลเพิ่มเติมของโรงพยาบาลสามารถกดปุ่ม “ไปที่เว็บไซต์” โปรแกรมจะแสดงหน้าเว็บไซต์ของโรงพยาบาลดังแสดงในรูปที่ 10

ขั้นตอนที่ 10 การแจ้งเตือนเพื่อบันทึกกิจกรรม



รูปที่ 11 การแจ้งเตือนเพื่อบันทึกกิจกรรม

ฟังก์ชันนี้เป็นการเตือนผู้ใช้งานไม่ให้ลืมบันทึกกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละวันดังแสดงในรูปที่ 11

5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้โปรแกรมประยุกต์บนมือถือเพื่อวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นกับบุคคลทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไปจำนวน 20 คน โดยให้ทดลองใช้งานและตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อระบบจากนั้นได้นำผลการประเมินความพึงพอใจมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพผู้สูงอายุบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พบว่าความพึงพอใจด้านการใช้งานอยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และด้านความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 สรุปผลโดยรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ความพึงพอใจด้านการใช้งาน	**4.45**	**0.53**	**ระดับดี**
1. การใช้งานง่าย	4.25	0.63	ระดับดี
2. โปรแกรมมีประสิทธิภาพ	4.4	0.50	ระดับดี
3. การแจ้งเตือนมีความถูกต้องและแม่นยำ	4.5	0.51	ระดับดี
4. ความสมบูรณ์ของฟังก์ชัน	4.6	0.50	ระดับดีมาก
5. ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง	4.4	0.50	ระดับดี
6. ประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.55	0.51	ระดับดีมาก
ความพึงพอใจด้านภาพรวม	**4.38**	**0.58**	**ระดับดี**
1. มีความทันสมัย สวยงาม	4.7	0.57	ระดับดีมาก
2. ความชัดเจนของตัวอักษร	4.1	0.55	ระดับดี
3. การจัดวางตำแหน่งของส่วนต่างๆ	4.4	0.50	ระดับดี
4. การแบ่งเมนูมีความชัดเจน เหมาะสม	4.35	0.58	ระดับดี
รวม	**4.42**	**0.55**	**ระดับดี**

6. สรุปผลและอภิปรายผล

โปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นได้แบ่งเป็น 5 เมนู รายละเอียดดังนี้ เมนูโรงพยาบาลใกล้เคียงสามารถค้นหาและแสดงโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียงผู้ใช้งานมากที่สุดได้ และแสดงชื่อโรงพยาบาลประเภทของโรงพยาบาลเป็นรัฐหรือเอกชน ระยะทาง เมื่อกดเลือกโรงพยาบาลที่ต้องการจะแสดงตำแหน่งของโรงพยาบาลบนแผนที่ผู้ใช้งานสามารถติดต่อไปยังโรงพยาบาลได้ทันทีโดยกดปุ่มเบอร์ติดต่อหรือต้องการดูข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติมกดที่ปุ่มไปที่เว็บไซต์เมนูโทรออกเบอร์ 1669 เมื่อผู้ใช้งานต้องการความช่วยเหลือหรืออยู่ในสถานการณ์ฉุกเฉิน เมนูนี้จะเป็นการโทรออกเบอร์ 1669 ทันทีซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิลามณี แจ้งใบ (2559) ที่ได้ทำการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและเข้าถึงผู้ป่วยบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต มีผลการพัฒนา คือ ระบบนี้สามารถแสดงตำแหน่งของบ้านผู้ป่วยในแผนที่ค้นหาจุดให้บริการรถฉุกเฉินที่ใกล้บ้านผู้ป่วยมากที่สุด ค้นหาตำแหน่งโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดของพื้นที่อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก เมนูข้อมูลผู้ใช้งานแสดงข้อมูลผู้ใช้ เช่น ชื่อ นามสกุล โรคประจำตัว แพ้ยา โรงพยาบาลที่เข้ารับการรักษาอยู่ ผู้ที่สามารถติดต่อได้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน สามารถบันทึกและแก้ไขได้ เมนูบันทึกกิจกรรมผู้ใช้งานสามารถบันทึกกิจกรรมในแต่ละวันลงในปฏิทินได้สามารถแก้ไขและบันทึกได้ เมนูกิจกรรมแนะนำซึ่งจะแสดงเป็นวิดีโอและภาพอินโฟกราฟิกให้ความรู้ เคล็ดลับในการดูแลตนเองเมื่อต้องก้าวเข้าสู่ผู้สูงอายุ เช่น สิทธิสำหรับผู้สูงอายุ การออกกำลังกาย การพักผ่อน การรับประทานอาหาร การดูแลสุขภาพ และเมนูอาหารเพื่อสุขภาพ [3] สอดคล้องกับกุลวดี ศรีพานิชกุลชัยและคณะ (2559) ที่ทำการศึกษาโครงการแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาเพื่อส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาการเด็กไทยที่ได้ทำการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันที่ง่ายต่อการดูแลข้อมูลสุขภาพเด็กโดยฟังก์ชันสามารถบันทึกพัฒนาการของเด็กได้ตั้งแต่แรกเกิด บันทึกนัดหมายพบแพทย์ การแจ้งเตือนเมื่อถึงวันนัดหมาย [5] ผลงานวิจัยที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ ได้โปรแกรมประยุกต์บนมือถือสำหรับวางแผนดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ บนระบบปฏิบัติงานแอนดรอยด์และผู้ใช้งานโปรแกรม

ประยุกต์บนมือถือประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 สำหรับด้านภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ธัญวัฒน์ บุญศรีนุ้ย. (2560). ระบบบริหารจัดการยา กรณีศึกษาบ้านพักคนชรา. สืบค้น 4 กรกฎาคม 2562, จาก https://tdc.thailis.or.th

[2] วาทิศ ตันติเหมันต์. (2560). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมพัฒนาการสมอง สำหรับโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2562, จาก https://tdc.thailis.or.th

[3] ศิลามณี แจ้งใบ. (2559). การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและเข้าถึงผู้ป่วยบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต. สืบค้น 7 กรกฎาคม2562, จาก https://tdc.thailis.or.th

[4] นิรัติศัย ไก่แก้ว, สุวรรณี อัสวกุลชัย. (2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ออกกำลังกายภายในศูนย์ออกกำลังกายของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยบนระบบปฏิบัติการ iOS. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน, 5:1206 - 1213.

[5] กุลวดี ศรีพานิชกุลชัย และคณะ. (2559). โครงการแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาเพื่อส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาการเด็กไทย. หมอชาวบ้าน, 38(447): 89.

การวิเคราะห์พฤติกรรมและความต้องการระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

Behavior Analysis and Information System Requirement and Database for Buying Data Storage of Beverage Can and Plastic Bottle

[1]วนษา สินจังหรีด [2]สุระเจตน์ อ่อนฤทธิ์ และ [3]เอกรินทร์ วทัญญูเลิศสกุล

[1,2,3]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

E-mail: [1]vanasa.s@ubru.ac.th, [2]surajate.o@ubru.ac.th , [3]egkarin.w@ubru.ac.th

Received: September 20, 2019
Revised: October 7, 2019
Accepted: October 19, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก 2) ศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกขยะประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก 3) ออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภค โดยมีกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี อาจารย์และนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองบัวแดง ผู้ใหญ่บ้านและชาวบ้านหมู่บ้านคำนางรวย รวมทั้งหมดจำนวน 29 คน โดยการแจกแบบสอบถาม และการสอบถามผ่านระบบออนไลน์ จากผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมการบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มกับขวดน้ำพลาสติกต่อหนึ่งสัปดาห์อยู่ในระดับมาก แต่ยังขาดการคัดแยกประเภทขยะก่อนทิ้ง จึงทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ชุมชนและง่ายต่อการบริหารจัดการขยะภายในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกมีการสรุปผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ด้านสามารถนำไปใช้งานได้จริง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านการออกแบบระบบมีความสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศ, การคัดแยกขยะ, กระป๋องเครื่องดื่ม, ขวดน้ำพลาสติก

Abstract

This research has three objectives. The first objective is to study people's consumption behaviors toward canned beverages and those in plastic bottles. The second objective is to study waste segregation behaviors toward canned and plastic-bottled beverages. The third objective is to design an information system and purchase database for the same types of beverages. There are 29 people in the target group and they include technology experts

teachers and students of Bang Nong Bua Daeng School as well as the village chief and people of the Ban Kham Nang Ruai community. Data was collected from questionnaires distributed using traditional means as well as online channels. The results of this research showed that while both groups of people from the educational institution and community have high consumption rates for canned and plastic-bottled beverages per week, they do not practice waste segregation. In line with these results, they agreed to having an information system and purchase database designed which will not just monitor the consumption of canned and plastic-bottled beverages, but also properly manage the waste that is produced from the said consumption.

The ones who evaluated the design of the information system and purchase database for canned and plastic-bottled beverages expressed their high overall satisfaction after their thorough consideration of each variable.

Keywords : Information System**,** Waste Separation**,** Can**,** Plastic Water Bottle

1. บทนำ

จังหวัดอุบลราชธานี มีพื้นที่ 15,744.6 ตารางกิโลเมตร มีประชากรประมาณ 1,836,523 คน ประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาลนคร 1 แห่ง เทศบาลเมือง 1 แห่ง เทศบาลตำบล 40 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 193 แห่ง ในแต่ละปีจังหวัดอุบลราชธานีมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 1,188.49 ตัน/วัน มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการรวบรวมขยะมูลฝอยไปกำจัดจำนวน 102 แห่ง ปริมาณที่มีการเก็บรวบรวมไปกำจัดประมาณ 560.76 ตัน/วัน แต่มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพียง 51 แห่งที่สามารถกำจัดขยะได้อย่างถูกหลักวิชาการ คิดเป็นปริมาณขยะที่กำจัดได้เพียงประมาณ 352.61 ตัน/วัน หรือร้อยละ 29.66 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด [1]

สาเหตุที่ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยมีจำนวนมากขึ้นเนื่องจากความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ตลอดจนพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคที่เปลี่ยนไป จากเดิมใช้ปิ่นโตใส่อาหาร ใช้ใบตองซึ่งเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย แต่ปัจจุบันสินค้าเปลี่ยนมาใช้บรรจุภัณฑ์ จำพวกพลาสติก โฟม แก้ว กระดาษ โลหะอลูมิเนียม เพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีสัดส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในอัตราไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการสำรวจบรรจุภัณฑ์ทุกประเภท พบว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทอลูมิเนียมมีอัตราการรีไซเคิลสูงที่สุดถึงร้อยละ 99.98 (ราคา 47-56 บาท/กิโลกรัม) รองลงมา คือ เหล็กและโลหะร้อยละ 99.81 (ราคา 10.35-11.35 บาท/กิโลกรัม) กระดาษร้อยละ 75.22 (ราคา 3.3-7.40 บาท/กิโลกรัม) แก้วร้อยละ 75.06 (ราคา 0.6-13 บาท/กิโลกรัม) และพลาสติกร้อยละ50.53 (ราคา 4-24 บาท/กิโลกรัม) ตามลำดับ [2] ดังนั้นหากทุก ๆ ชุมชน เช่น สถานศึกษา วัด แหล่งท่องเที่ยว อาคารบ้านเรือน หน่วยงานเอกชนและภาครัฐ มีการสนับสนุนส่งเสริมให้มีระบบการคัดแยกขยะต้นทางจะช่วยลดปริมาณขยะที่ขาดการบริหารจัดการ และสามารถส่งขายไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งสอดรับกับโครงการธนาคารขยะที่ชุมชนต่าง ๆ ในทุกเขตเทศบาลของแต่ละจังหวัดส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมการซื้อขายขยะรีไซเคิลภายในชุมชนในลักษณะเดียวกับธนาคารพาณิชย์ เชื่อมโยงกับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ทำให้สมาชิกในชุมชนตระหนักถึงคุณค่าของขยะ และช่วยลดขยะแบบเชิงสร้างสรรค์ โดยเน้นที่การพัฒนาการคัดแยกขยะประเภทกระป๋องเครื่องดื่มซึ่งมีมูลค่าของวัสดุและใช้พลังงานในการผลิตที่สูงที่สุด

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการ

จัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก ที่สามารถใช้ประโยชน์กับคนในชุมชนได้จริง ส่งเสริมการทิ้งขยะอย่างถูกต้อง ช่วยลดปริมาณขยะ สร้างรายได้แก่สมาชิก และชุมชนอย่างยั่งยืน และส่งเสริมภาพลักษณ์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้กับหน่วยงานทั้งในภาครัฐและเอกชนในด้านการบริหารจัดการชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

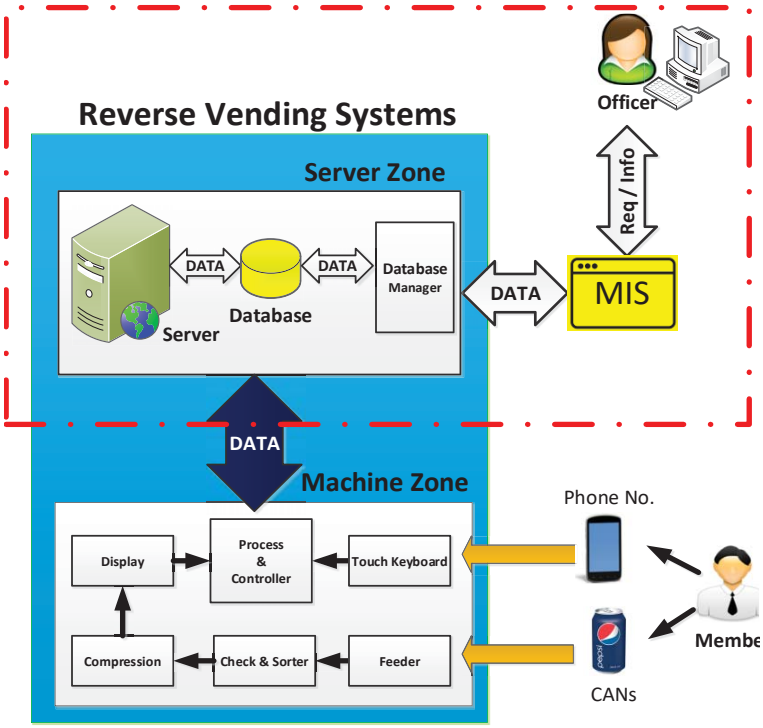
2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก

2.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกขยะประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก

2.3 เพื่อออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภค

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ และพฤติกรรมการบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภค โดยมีโครงสร้างการทำงานของระบบรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มอัตโนมัติ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) การทำงานของตัวเครื่องรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มอัตโนมัติ และ 2) การทำงานของระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มอัตโนมัติ

จากรูปที่ 1 ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งประเด็นศึกษาเพียงส่วนเดียว คือ ส่วนของการออกแบบของระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก โดยเมื่อทำการรับกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกจากผู้ใช้แล้วระบบจะทำการตรวจสอบราคาจากระบบฐานข้อมูลเพื่อคำนวณเป็นมูลค่าการรับซื้อ พร้อมกับส่งข้อมูลผู้ใช้งานที่ได้จากการกรอกข้อมูลหมายเลขโทรศัพท์ แล้วจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยมีระบบสารสนเทศทำหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูล ซึ่งมีเจ้าหน้าที่เป็นผู้ทำการสร้างข้อมูลกระป๋องและขวดน้ำพลาสติก ราคาการรับซื้อ ข้อมูลการขาย รวมถึงการเบิกจ่ายเงิน เมื่อผู้ใช้งานประสงค์จะเบิกถอนเงินกรณีที่สะสมครบตามเกณฑ์ของโครงการธนาคารขยะที่กำหนดไว้

จากการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก [3] - [5] พบว่าคนส่วนใหญ่นิยมบริโภคเครื่องดื่มที่บรรจุกระป๋องและขวดน้ำดื่มพลาสติกโดยเฉพาะน้ำดื่มพลาสติกและน้ำอัดลมที่บรรจุกระป๋องอลูมิเนียม เป็นที่นิยมมาก จึงทำให้มีปริมาณขวดและกระป๋องอลูมิเนียมที่เหลือใช้แล้วเป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดในการศึกษาการรีไซเคิลกระป๋องอลูมิเนียมและขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องรับซื้อกระป๋องได้มีนักวิจัยจำนวนหนึ่งเล็งเห็นความสำคัญในการรณรงค์การรีไซเคิลกระป๋องอลูมิเนียม โดยมีความสามารถในการรับซื้อกระป๋องอลูมิเนียมชนิดน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ [6] มีระบบการจ่ายเงิน โดยตั้งค่าไว้ที่ กระป๋องต่อ 1 บาท คือ ทุก 3 กระป๋องที่มีคนนำกระป๋องมาใส่ เครื่องจะจ่ายเงินให้หนึ่งบาท แต่ถ้าใส่กระป๋องไม่ครบ 3 กระป๋อง เครื่องไม่จ่ายเงิน [7] ซึ่งส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการรับซื้อกระป๋องชนิดอลูมิเนียมเพื่อแลกเงิน แต่ยังขาดกระป๋องชนิดสังกะสี ขวดพลาสติก ระบบการเป็นสมาชิก ระบบการสะสมยอดเงินหรือระบบการบริจาคกระป๋องและขวดพลาสติก ประกอบกับข้อมูลในการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค 1 คน บริโภค 1 กระป๋องต่อ 1 ครั้ง เมื่อสะสมกระป๋องมากกว่า 1 กระป๋อง ทำให้เกิดมูลค่า รวมทั้งงานวิจัยระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการฐานข้อมูลผู้รับบริการและอัตราค่าบริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ (One Stop Service) ของศูนย์บริการสุขภาพราษฎร์พิษณุได้ออกแบบการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลผู้รับบริการและอัตราค่าใช้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ [8] จึงเป็นแนวคิดให้คณะผู้วิจัยศึกษาพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคและ ศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก สำหรับการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกที่สามารถสะสมยอดหรือการบริจาคกระป๋องและขวดน้ำพลาสติกผ่านการเป็นสมาชิกทางหมายเลขโทรศัพท์ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 แนวคิดการพัฒนาระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลการรับซื้อกระป๋องที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภค

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การศึกษาพฤติกรรมการบริโภค 2) การศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกขยะประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก และ 3) นำข้อมูลจากการศึกษาพฤติกรรมมาออกแบบระบบ

สารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก ดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมงานและสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ คือ แบบสอบถามที่เก็บรวบรวมจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี อาจารย์และนักเรียน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงานและใช้บริการสหกรณ์ธนาคารขยะ ประกอบด้วย 1) โรงเรียนบ้านหนองบัวแดง และ 2) ผู้ใหญ่บ้านและชาวบ้าน หมู่บ้านคำนางรวย หมู่ 10 ตำบลคำน้ำแซบ อำเภอวารินชำราบ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังตารางที่ 1

ตอนที่ 2 ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มกับขวดน้ำพลาสติก และพฤติกรรมการคัดแยกขยะประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม กับขวดน้ำพลาสติก ดังตารางที่ 2

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลทุติยภูมิ

ทำการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก ข้อมูลการคัดแยกขยะ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบในการกำหนดรูปแบบของระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก จากเอกสารหรืองานวิจัยต่าง ๆ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมาพิจารณาตรวจสอบความสมบูรณ์ และนำแบบสอบถามดังกล่าวมาจัดระเบียบข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ มีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามเพื่อคัดเลือกเอาเฉพาะแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์

2) คำนวณค่าทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3) เกณฑ์การให้คะแนน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 5 ระดับ และให้คะแนนตามวิธีของบุญชม ศรีสะอาด ดังนี้ [9]

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 แปลความหมายว่า มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 แปลความหมายว่า มาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 แปลความหมายว่า ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 แปลความหมายว่า น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 แปลความหมายว่า น้อยที่สุด

4) แปลผลความคิดเห็น เกี่ยวกับการออกแบบระบบสารสนเทศฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

ตารางที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ	ออนไลน์	แจกแบบสอบถาม	รวม	ร้อยละ
ชาย	5	16	21	72.41
หญิง	5	3	8	27.59
รวม	10	19	29	100.00
ตำแหน่ง	ออนไลน์	แจกแบบสอบถาม	รวม	ร้อยละ
เจ้าหน้าที่สารสนเทศ	2	3	5	17.24
ผู้ดูแลระบบ	1	4	5	17.24
อาจารย์และนักเรียน	5	6	11	37.93
ผู้ใหญ่บ้านและชาวบ้าน	2	6	8	27.59
รวม	10	19	29	100.00

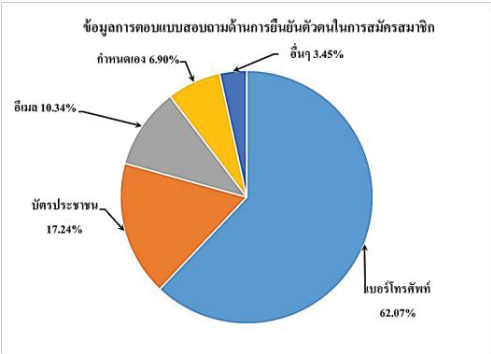
ตารางที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม(ต่อ)

ประเภทหน่วยงาน	ออนไลน์	แจกแบบสอบถาม	รวม	ร้อยละ
บริษัท	3	7	10	34.48
สถานศึกษาภาครัฐ	5	6	11	37.93
ชุมชน	2	6	8	27.59
รวม	10	19	29	100.00

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมและความต้องการระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

หัวข้อความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มต่อหนึ่งสัปดาห์	3.31	1.63	มาก
2. การบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ขวดน้ำพลาสติกต่อหนึ่งสัปดาห์	4.17	1.10	มาก
3. การคัดแยกประเภทขยะก่อนทิ้ง	1.76	1.53	น้อย
4. บุคคลในครอบครัวมีการคัดแยกประเภทขยะก่อนทิ้ง	1.69	1.14	น้อย
5. มีความรู้ความเข้าใจในการคัดแยกขยะ	1.86	1.25	น้อย
6. ความต้องการระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก	4.52	0.57	มากที่สุด
7. ท่านคิดว่าระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการรับซื้อขยะรีไซเคิลจะช่วยส่งเสริมให้ชุมชนลดปริมาณขยะลง	4.48	0.69	มาก

จากข้อมูลการตอบแบบสอบถามในตอนที่ 2 ข้อมูลด้านการยืนยันตัวตนในการสมัครสมาชิก พบว่า การใช้หมายเลขโทรศัพท์ในการยืนยันตัวตนในการสมัครสมาชิกมีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 62.07 รองลงมาใช้บัตรประชาชน คือ ร้อยละ 17.24 มีผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ข้อมูลการตอบแบบสอบถามด้านการยืนยันตัวตนในการสมัครสมาชิก

จากการตอบแบบสอบถามของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 29 ตัวอย่าง ที่ได้จากการแจกแบบสอบถามและแบบออนไลน์โดยคัดเลือกเอาเฉพาะแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์ พบว่า มีการบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกต่อหนึ่งสัปดาห์มาก และส่วนใหญ่มีพฤติกรรมไม่คัดแยกขยะก่อนทิ้ง จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติกโดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างกระบวนการทำงานของระบบ

1) วิเคราะห์ความต้องการในการกำหนดรูปแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

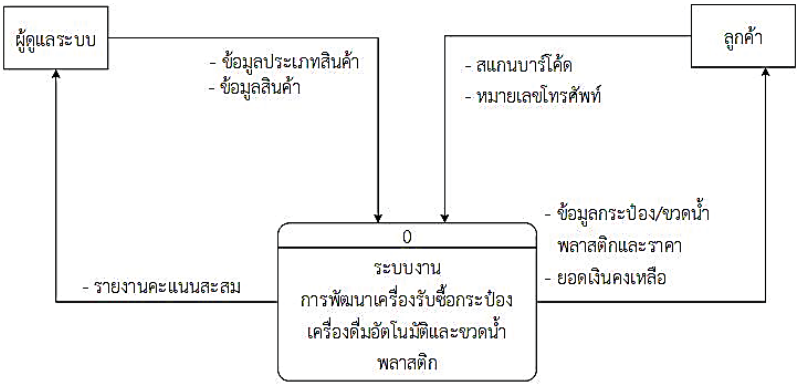
2) นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาใช้ในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกเพื่อพัฒนางานวิจัย

ขั้นตอนการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูล

เป็นการนำผลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามมาใช้ในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกดังนี้

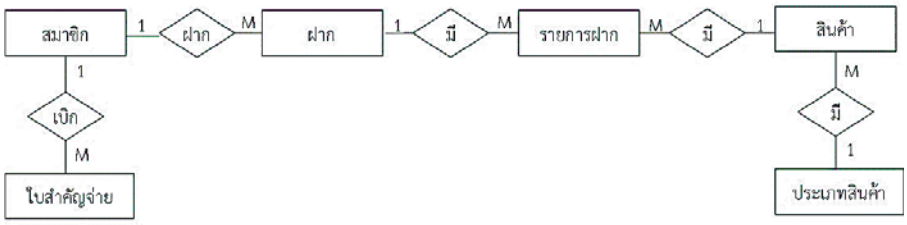
1. การออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

1.1 การออกแบบคอนเท็กซ์ไดอะแกรม เป็นไดอะแกรมที่แสดงถึงความสัมพันธ์โดยรวมของระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกประกอบด้วยผู้ดูแลระบบและลูกค้า ดังรูปที่ **4**



รูปที่ 4 คอนเท็กซ์ไดอะแกรม

1.2 การออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี้

จากรูปที่ 5 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี้ (Entity Relationship) ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและใบสำคัญจ่ายเป็นความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many Relationships : 1 to M) เนื่องจากสมาชิกหนึ่งคนสามารถเบิกเงินมีใบสำคัญจ่ายได้หลายใบ ในขณะที่ใบสำคัญจ่ายหนึ่งใบจะประกอบด้วยสมาชิกเพียงหนึ่งคนเท่านั้น

2) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสมาชิกและข้อมูลการฝาก มีความสัมพันธ์เป็นแบบหนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากสมาชิกหนึ่งคนสามารถทำการฝากได้มากกว่าหนึ่งครั้ง ในขณะที่การฝากแต่ละครั้งจะมีสมาชิกทำการฝากเพียงคนเดียว

3) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการฝากและรายการฝาก มีความสัมพันธ์เป็นแบบหนึ่งต่อกลุ่มเนื่องจากการฝากหนึ่งครั้งสามารถมีข้อมูลรายการที่ฝากได้มากกว่าหนึ่งรายการ ในขณะที่รายการที่ฝากหนึ่งรายการจะอยู่ในหนึ่งการฝาก

4) ความสัมพันธ์ระหว่างรายการฝากและข้อมูลสินค้า มีความสัมพันธ์เป็นแบบกลุ่มต่อหนึ่ง (Many-to-One Relationships : M to 1) เนื่องจากรายการฝากหนึ่งรายการสามารถมีข้อมูลสินค้าเพียงหนึ่งอย่างเท่านั้น ในขณะที่สินค้าหนึ่งสินค้าสามารถมีอยู่ในรายการฝากได้มากกว่าหนึ่งรายการ

5) ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าและประเภทสินค้า เป็นความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อหนึ่ง เนื่องจากสินค้าหนึ่งอย่างจัดอยู่ในประเภทสินค้าได้หนึ่งประเภทในขณะที่หนึ่งประเภทสินค้าสามารถมีสินค้าได้ได้หลายอย่าง

2. การออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบ

การออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 6 และมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การออกแบบหน้าจอเลือกเมนู เมนูการทำงานของหน้าหลักประกอบด้วยเมนูต่าง ๆ ได้แก่ ฝาก/บริจาค คะแนนสะสม แลกคะแนนสะสม วิธีการใช้งาน ราคาขวด/กระป๋อง และติดต่อสอบถาม ดังหมายเลข 1

2.2 การออกแบบหน้าจอสแกนบาร์โค้ด ออกแบบโดยการใส่วิดีโอและคำอธิบาย ดังหมายเลข 2 และ 3

2.3 การออกแบบหน้าจอแสดงรายการสินค้า เป็นการแสดงข้อมูลสินค้าที่ได้จากการค้นหาในฐานข้อมูลดังหมายเลข 4 เป็นการออกแบบหน้าจอแสดงรายการสินค้า ซึ่งบ่งบอกว่าวัตถุที่นำฝากในระบบเป็นประเภทกระป๋องเครื่องดื่มยี่ห้อ Cocacola

2.4 การออกแบบหน้าจอกรณีที่เลือกฝากเพิ่ม ออกแบบโดยการใส่เมนูให้เลือก ฝากเพิ่ม บริจาค สิ้นสุดการทำรายการ ดังหมายเลข 5

2.5 การออกแบบหน้าจอกรอกหมายเลขโทรศัพท์ ออกแบบโดยการเพิ่มปุ่มกดหมายเลขและแสดงข้อความ ดังหมายเลข 6

2.6 การออกแบบหน้าจอกรณีที่ยังไม่เป็นสมาชิก ออกแบบโดยการแสดงข้อความบอกผู้ใช้งานและมีเมนูให้เลือก ได้แก่ สมัครสมาชิก ย้อนกลับ ดังหมายเลข 7

2.7 การออกแบบหน้าจอกรณีที่เป็นสมาชิกอยู่แล้ว ออกแบบโดยการเพิ่มปุ่มกดหมายเลขและแสดงข้อความ ดังหมายเลข 8 และ 9

2.8 การออกแบบหน้าจอแสดงยอดคะแนนสะสม ออกแบบโดยใช้การตรวจสอบข้อมูลจากฐานข้อมูลมา ดังหมายเลข 10

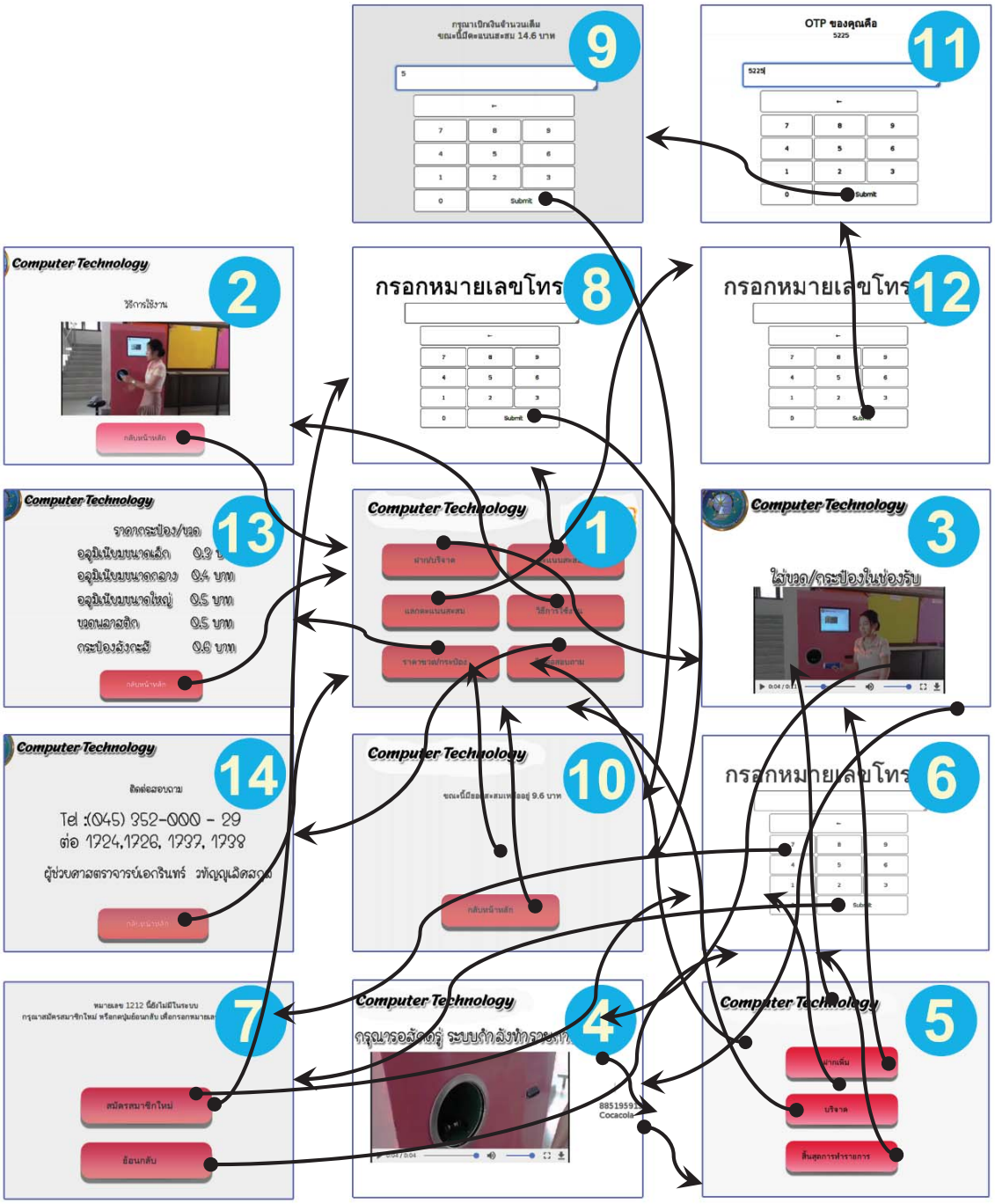
2.9 การออกแบบหน้าจอการกรอกหมายเลข OTP ออกแบบโดยการเพิ่มปุ่มกดหมายเลขและแสดงข้อความ ดังหมายเลข 11

2.10 การออกแบบหน้าจอกรอกคะแนนที่ต้องการถอนคะแนน ออกแบบโดยใช้การตรวจสอบจากฐานข้อมูลมาแสดงคะแนนสะสมและมีปุ่มกดหมายเลขโทรศัพท์ ดังหมายเลข 9

2.11 การออกแบบหน้าจอหลังจากทำการถอนคะแนนสะสมเสร็จ ออกแบบโดยใช้การตรวจสอบจากฐานข้อมูลและมีข้อความแสดงยอดคะแนนสะสมคงเหลือ ดังหมายเลข 10

2.12 การออกแบบหน้าจอแสดงราคากระป๋องและขวดน้ำพลาสติก ออกแบบโดยการทำกราฟิกที่เป็นรูปภาพมาแสดงให้ผู้ใช้งานทราบอย่างชัดเจน ดังหมายเลข 13

2.13 การออกแบบหน้าติดต่อสอบถาม ออกแบบโดยการทำกราฟิกที่เป็นรูปภาพมาแสดงให้ผู้ใช้งานทราบ ดังหมายเลข 14



รูปที่ 6 การออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

จากการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกมีการประเมินความพึงพอใจการออกแบบระบบแบบ UX/UI (User experience and User Interface) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก

ลำดับที่	หัวข้อความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	การออกแบบระบบมีความสวยงาม	4.30	0.76	มาก
2	ระบบมีข้อมูลที่เพียงพอต่อการใช้งาน	3.96	1.09	มาก
3	ระบบมีการใช้งานได้ง่าย	3.76	0.92	มาก
4	ตรงกับความต้องการในการใช้งาน	3.60	0.64	มาก
5	ความเหมาะสมของโปรแกรมต่อลักษณะงาน	3.68	0.76	มาก
6	ความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อยอด	4.20	0.70	มาก
7	สามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.58	0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.01	0.76	มาก

จากตารางที่ 3 สรุปผลการการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานจำนวน 50 คน ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.01 และ S.D. = 0.76) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ด้านสามารถนำไปใช้งานได้จริง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.58 และ S.D. = 0.50) รองลงมาการออกแบบระบบมีความสวยงามมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.30 และ S.D. = 0.76) ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรม 1. การอุปโภคบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่ม และขวดน้ำพลาสติก และ 2. พฤติกรรมการคัดแยกขยะ พบว่า จากการตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภคสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องเครื่องดื่มกับขวดน้ำพลาสติกต่อหนึ่งสัปดาห์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =3.31 และ S.D.= 1.63 , $\bar{X}$ = 4.17 และ S.D.= 1.10) แต่ยังขาดการคัดแยกประเภทขยะก่อนทิ้ง ($\bar{X}$ =1.76 และ S.D. = 1.53 , $\bar{X}$ = 1.69 และ S.D.= 1.14) จึงทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยในการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ชุมชนและง่ายต่อการบริหารจัดการขยะภายในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติกมีการสรุปผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.01 และ S.D. = 0.76) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ด้านสามารถนำไปใช้งานได้จริง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.58 และ S.D.= 0.50) รองลงมา คือ ด้านการออกแบบระบบมีความสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.30 และ S.D. = 0.76) ตามลำดับ

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำผลจากการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคสินค้าเครื่องดื่มประเภทกระป๋องและขวดน้ำพลาสติก และพฤติกรรมการคัดแยกขยะ เพื่อออกแบบระบบสารสนเทศและฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องเครื่องดื่มและขวดน้ำพลาสติก พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีให้ข้อเสนอแนะดังนี้

1. เพิ่มความสามารถรับซื้อภาชนะชนิดอื่นได้ เช่น ขวดแก้ว ขวดสี แก้วน้ำดื่ม เป็นต้น
2. ควรเพิ่มการส่งรหัส OTP ไปยังแอปพลิเคชัน Line
3. ควรเพิ่มเสียงดึงดูดความน่าสนใจในการเข้าใช้งาน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 อุบลราชธานี. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2558 (มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี). อุบลราชธานี, 2559.

[2] กำพล รุจิวิชชญ์. การศึกษาวิจัยอัตราการรีไซเคิล เพื่อศึกษาด้านการพัฒนาระบบการจัดการขยะรีไซเคิลอย่างยั่งยืนและเหมาะสมกับประเทศไทย ระยะที่ 1. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร, 2557.

[3] อนุรักษ์ วุฒิแขม และประพันธ์ ธรรมไชย. (2556). การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคน้ำดื่มบรรจุขวดของประชาชน ตำบลขัวมุง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่. *MBA-KKU Journal*, 6(1), 69-90.

[4] ไพบูลย์ แจ่มพงษ์ (2554). การศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะและน้ำเสียในครัวเรือนของประชาชน ตำบลบางนางลี่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม. *Research and Development Journal Suan Sunandha Rajabhat University*, 3(1), 4.

[5] สุรัชดา เชิดบุญเมือง. (2015). ปฏิกิริยาตอบสนองของผู้ซื้อที่มีต่อการขาดช่วงจำหน่าย สินค้าประเภทน้ำดื่มบรรจุขวดในร้านสะดวกซื้อในเขตจังหวัดนนทบุรี. *Panyapiwat Journal*, 7(2), 176-187.

[6] ไพศาล พรนฤชิตพงศ์, นภดล คำมณี, เฉลิมชัย โสมาบุตร, จิรวัฒน์ ปิริมา, ชาติชาย เวียงจันทึก, กรณรงค์ ดอกสันเทียะ, ธีรวัฒน์ ภูเขียว, อภิวุฒิ จำปาโพธิ์, ประสิทธิ์ เนตรสูงเนิน, พงษ์สิทธิ์ พับโพธิ์ และธนวัฒน์ ระหารนอก. (2559). เครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ. สืบค้น 9 กันยายน 2562, จาก http: / / thaiinvention. net/ detail. php?p= cHJvamVjdF9pZD03NDcwJmNmZ19pZD0xNyZjb21wZXRfaWQ9MQ==&cond=JnNfY29tcGV0PTE=

[7] ยงยุทธ วิชัยกุล, ศักดิ์นันท์ จันทมณี, ศราวุฒิ สวรรณจันทร์ และอนุศักดิ์ เพ็ชรยัง. (2559). เครื่องรับซื้อกระป๋อง.สืบค้น 9 กันยายน 2562, จาก https://mgronline.com/qol/detail/9500000075438

[8] ชนิดา เรืองศิริวัฒนกุล, ธนากร ธนวัฒน์, ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์ และกิตติวรรณ จันทร์ฤทธิ์. (2561). ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการฐานข้อมูลผู้รับบริการและอัตราค่าบริการ แบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ (One Stop Service) ของศูนย์บริการสุขภาพราษฎร์พิษณุ. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, 5(2): 51-59.

[9] บุญชม ศรีสะอาด. (2541). **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

ระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี

An Automated IPTV Answering System Using Case-Based Reasoning Technique

ภูมินันท์ บัวงาม

กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

phuminun@rtaf.mi.th

Received: September 16, 2019

Revised: September 28, 2019

Accepted: October 16, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติให้มีการทำงานเป็นระบบมากขึ้น ช่วยสนับสนุนกระบวนการทำงานของพนักงานศูนย์บริการลูกค้าให้สามารถแก้ไขปัญหาลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว งานวิจัยใช้กรณีศึกษาของ บริษัททีโอที จำกัด(มหาชน) ใช้ข้อมูลของส่วนพัฒนาและบริการมัลติมีเดียตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2561 ซึ่งงานวิจัยประยุกต์ใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี (Case-Based Reasoning) ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ได้แก่ การค้นคืน การนำกลับไปใช้ใหม่ การแก้ไขปรับปรุง และการเก็บเป็นฐานกรณีใหม่ จากการทดสอบประสิทธิภาพในด้านความถูกต้อง (Accuracy) ของการแก้ไขปัญหาพบว่าโดยภาพรวมมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 78.89 จากการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศที่แบ่งออกได้เป็น 2 ด้าน ได้แก่ การประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 คะแนน และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศอยู่ในระดับดี ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 คะแนน จากผลการวิจัยพบว่าระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณีสามารถแก้ไขปัญหาไอพีทีวีได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน

คำสำคัญ: ระบบแก้ไขปัญหา ไอพีทีวี การให้เหตุผลด้วยฐานกรณี

Abstract

The purpose of Project was to develop and evaluate an answering system using Internet Protocol Television (IPTV) to help support the service center staffs. This new system should solve the problem of complexity and provide customers with rapid service. This research was a case study of TOT Public Company from the year 2013 to 2018. This was achieved by applying Case-Based Reasoning technique which had the four processes of information as follows retrieve, reuse, revise and retain. Once development was completed, the system was then evaluated focusing on quality and accuracy. The overall accuracy was found to be 78.89 percent by experts, which means correctness of information was at a good level. The average mean score was 4.31 points, with a standard deviation of 0.61 points for experts and the average mean score was 4.49 points with a standard deviation of 0.51 points for users. In conclusion, the developed automated IPTV answering

system using case-based reasoning technique achieved all research targets and could be used in a real world scenario successfully.

Keywords: Consulting System, Internet Protocol Television, Case-Based Reasoning

1. บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาของเทคโนโลยีในการรับชมโทรทัศน์เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว และก้าวเข้าสู่ยุคของทีวีระบบดิจิตอล (Digital Television) ด้วยความเร็วอินเทอร์เน็ตที่มีความเร็วสูง ทำให้ผู้ให้บริการหลายบริษัทเกิดการแข่งขัน และสรรหาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองการดูทีวีของลูกค้าไอพีทีวี (Internet Protocol Television : IPTV) [1] ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่สามารถตอบโจทย์การดูทีวีได้เป็นอย่างดีในยุคสมัยใหม่ โดยสามารถเปลี่ยนโทรทัศน์ธรรมดาให้กลายเป็นสมาร์ททีวี และสามารถรับชมรายการได้หลากหลายมากขึ้นผ่านกล่องรับสัญญาณ (Set Top Box) และยังสามารถเลือกดูรายการย้อนหลังได้ เพื่อให้ผู้รับบริการได้รับข้อมูลข่าวสารอย่างครบถ้วน บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทผู้นำทางด้านการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ผลิตภัณฑ์ด้านการสื่อสารและผลิตภัณฑ์ไอพีทีวี บริษัทความต้องการปรับปรุงการให้บริการลูกค้า เพื่อสามารถแข่งขันกับบริษัทอื่น ๆ ในโลกธุรกิจได้ ในส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการมัลติมีเดีย มีหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลลูกค้าผลิตภัณฑ์ไอพีทีวี รวมทั้งการส่งเสริมการขาย เพื่อให้การดูแลลูกค้าเป็นไปด้วยความเรียบร้อยบริษัท ทีโอที จำกัด(มหาชน) ได้มีการจัดสรรให้บริการข้อมูลข่าวสารรวมถึงการแก้ไขปัญหาในการใช้งานไอพีทีวีให้กับลูกค้าตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งพนักงานที่ทำหน้าที่นี้เรียกว่า “ ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า (Call Center) ” มีพนักงานที่ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ในการติดต่อประสานงานการให้บริการไอพีทีวีผ่านทางโทรศัพท์ อีเมลล์และอินเทอร์เน็ต ทำให้ในแต่ละวันพบปัญหาที่มีความหลากหลาย บางครั้งในการแก้ปัญหาอาจต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ บางครั้งเกิดความล่าช้า และความรู้ความสามารถของพนักงานแต่ละคนไม่เท่ากัน และการแก้ไขปัญหาถูกจัดเก็บเป็นเอกสารยากต่อการค้นหาข้อมูล หากพนักงานลาออก จะทำให้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้นหมดไป หากมีการจัดเก็บรวบรวมปัญหาเป็นระบบและนำปัญหาที่เคยเกิดขึ้นก่อนหน้าและมีความคล้ายคลึงกันมาใช้น่าจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้อย่างรวดเร็วซึ่งการแก้ไขปัญหานี้สามารถใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี ซึ่งฐานกรณีถูกนำมาใช้ในหลายสาขาวิชา เช่น ด้านการแพทย์ ฐานกรณีถูกนำมาใช้ในระบบแนะนำเพื่อจัดอาหารให้เหมาะสมกับผู้ป่วยโดยใช้ข้อมูลของผู้ป่วยก่อนหน้า และประสบการณ์ที่แพทย์พบมาในอดีตนำมาแนะนำผู้ป่วยคนใหม่ทำให้ลดเวลาในการรักษาอีกด้วย เป็นต้น[2]

2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลของส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการมัลติมีเดียของ บริษัท ทีโอที จำกัด(มหาชน) เป็นกรณีศึกษาโดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เริ่มมีการให้บริการไอพีทีวีเริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2561

2.2 งานวิจัยประยุกต์ใช้การให้เหตุผลแบบฐานกรณี (Case-Based Reasoning) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่นำมาช่วยในการแก้ไขปัญหาด้านระบบไอพีทีวี โดยใช้จากปัญหาที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนประกอบไปด้วยทั้ง 4 กระบวนการดังนี้

2.2.1 การค้นคืนฐานกรณี (Retrieve) เป็นการค้นหาปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในอดีต พิจารณาจากความคล้ายคลึงของปัญหา โดยจะเลือกปัญหาจากที่มีความคล้ายคลึงมากที่สุด

2.2.2 การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) เป็นการนำปัญหาที่ได้จากการค้นคืนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีการปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ไขปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหาในปัจจุบัน

2.2.3 การปรับปรุงฐานกรณี (Revise) เป็นการปรับปรุงฐานกรณีให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาที่มีอยู่ แม้ว่าจะแก้ไขปัญหานั้นไปอย่างถูกต้องแล้ว

2.2.4 การเก็บฐานกรณี (Retain) เป็นการนำฐานกรณีที่ผ่านการประเมินว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้จริงแล้ว จัดเก็บอย่างถูกต้องเพื่อรอวันนำกลับมาใช้ใหม่ [3]

2.3 ระบบสารสนเทศพัฒนาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงานบริการข้อมูลลูกค้า และช่างซ่อม

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การแพร่ภาพโทรทัศน์เป็นการส่งสัญญาณภาพและเสียงกระจายออกไปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีเครื่องส่งสัญญาณ (TV Transmission) และเครื่องรับสัญญาณ (TV Receiver) จากเดิมการแพร่ภาพโทรทัศน์นั้นไม่ได้จำกัดจำนวนผู้รับ ซึ่งได้พัฒนาปรับปรุงให้สัญญาณมีคุณภาพมากขึ้นโดยเป็นการแพร่ภาพแบบเฉพาะทาง เช่น การแพร่ภาพโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (Satellite) การแพร่ภาพโดยใช้สื่อนำสัญญาณแบบให้ผู้รับเป็นสมาชิกในรูปแบบเคเบิลทีวี (Cable TV) ในการรับข้อมูลจากการแพร่ภาพทางโทรทัศน์นั้น สามารถรับข้อมูลได้หลากหลายวิธีที่ได้คุณภาพทั้งเสียงและภาพเหมือนกับแหล่งที่มา ซึ่งอาจจะมาจากสัญญาณดาวเทียม การส่งแบบภาคพื้นดินหรือจากการถ่ายทอดสด ปัจจุบันได้แบ่งประเภทของโทรทัศน์ [4] และประเภทของไอพีทีวีดังนี้

3.1.1 ประเภทของโทรทัศน์

3.1.1.1 โทรทัศน์แอนะล็อก (Analog TV) เป็นการรับสัญญาณโทรทัศน์โดยมีการส่งสัญญาณจากสถานีโทรทัศน์ทางภาคพื้นดิน และผู้รับชมโทรทัศน์จากทางบ้านต้องมีเสาอากาศในการรับคลื่นทำให้ความคมชัดของสัญญาณยิ่งไกลยิ่งอ่อน ในการส่งสัญญาณแบ่งประเภทเครื่องส่งเป็น 3 แบบ ได้แก่

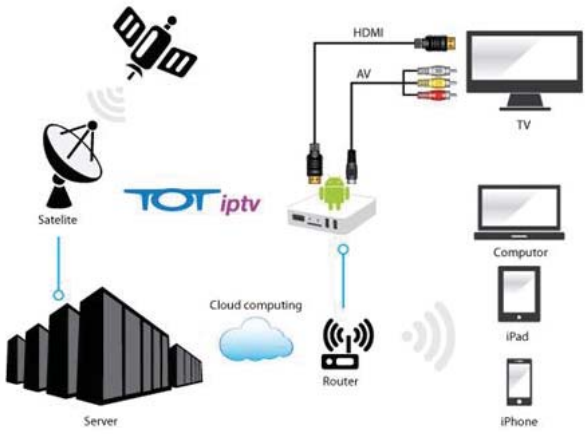
(1) วีเอชเอฟ (VHF)

(2) ยูเอชเอฟ (UHF)

(3) อีเอชเอฟ (EHF)

3.1.1.2 โทรทัศน์ดิจิทัล (Digital Television) เป็นการพัฒนาของโทรทัศน์จากโทรทัศน์แอนะล็อก รับส่งสัญญาณภาพและเสียงแบบบิตทำให้สามารถผสมผสานคลื่นและส่งสัญญาณได้หลายช่องสัญญาณกระจายคลื่นได้หลากหลาย (Multicasting) และมีคุณภาพดีกว่าแอนะล็อกทีวี

3.1.1.3 ไอพีทีวี (Internet Protocol Television) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีโทรทัศน์มาประยุกต์ใช้ซึ่งแต่เดิมการเผยแพร่ที่รู้จักกัน นั่นคือการเผยแพร่สัญญาณภาพและเสียงผ่านทางคลื่นความถี่ แต่สำหรับไอพีทีวีนั้นเป็นการนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงผ่านเครือข่ายบรอดแบนด์ที่ครอบคลุมอยู่ทั่วประเทศ การมาถึงของไอพีทีวีนั้นยังช่วยสร้างประโยชน์ให้กับผู้ผลิตสื่อและผู้รับชม นอกจากจะเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการนำเสนอสื่อให้สามารถรับชมรายการต่าง ๆ ได้อย่างง่ายจากอุปกรณ์หลายชนิด อาทิ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ตหรือสมาร์ททีวี เพียงอาศัยแค่การเข้าถึงระบบบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตในขณะที่ผู้รับชมสามารถจัดสรรเลือกรับชมหรือบันทึกรายการโปรดของตัวเองได้ในทุกเวลาด้วยคุณสมบัติข้างต้นที่กล่าวมา ทำให้เกิดการสร้างรายการรูปแบบอินเตอร์แอคทีฟทีวีซึ่งผู้ชมสามารถโต้ตอบและค้นหาข้อมูลของรายการโทรทัศน์เหล่านั้นไปพร้อมกับการรับชมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการทำงานของไอพีทีวี

3.1.2 ประเภทของไอพีทีวี เทคโนโลยีไอพีทีวีมีหลายประเภทเพื่อตอบสนองลูกค้าที่มีความต้องการที่หลากหลายกลุ่ม และเพื่อความสะดวกสบายในการใช้งาน

3.1.2.1 ประเภทมีกล่อง เป็นไอพีทีที่วีมีกล่องรับสัญญาณ (Set Top Box) โดยที่สามารถเพิ่มแพคเกจเสริมช่องรายการต่างประเทศและช่องรายการหนังได้อย่างมากมายแต่เสียค่าบริการแบบรายเดือนหรือแบบเหมาจ่าย

3.1.2.2 ประเภทไม่มีกล่อง เป็นไอพีทีวีที่ใช้งานผ่านเว็บไซต์ (Account) ที่ให้บริการ โดยมีรหัสสำหรับเข้าใช้งาน

3.1.2.3 ประเภทขายขาดเป็นไอพีทีวีที่ลูกค้าสามารถซื้อขาด (Buy Out) โดยไม่ต้องเสียค่าบริการรายเดือน หรือเหมาจ่าย แต่มีข้อจำกัดด้านการเพิ่มและให้บริการเสริมซึ่งไม่สามารถเพิ่มบริการเสริมได้หลากหลายเท่าแบบมีกล่อง จะเห็นได้ว่าวิวัฒนาการของโทรทัศน์จากแอนะล็อกมาเป็นดิจิทัลและไอพีทีวีมีการพัฒนามาอย่างรวดเร็วทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสในการเลือกใช้เทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะครอบคลุมปัญหาของผู้ใช้งานไอพีทีวีทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ (1) แบบมีกล่อง (2) แบบไม่มีกล่อง และ (3) แบบขายขาด

3.2 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ที่พยายามจะสร้างขึ้นมาเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของมนุษย์โดยจำลองให้คอมพิวเตอร์มีความคิดแบบมนุษย์ ซึ่งมาจากพื้นฐานและแนวคิดทางคณิตศาสตร์การคำนวณเชิงสัญลักษณ์ ในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้พัฒนาด้านต่าง ๆ เป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นการเล่นเกม [5] ระบบผู้เชี่ยวชาญ การให้เหตุผลและพิสูจน์ทางทฤษฎีแบบอัตโนมัติ ทั้งในวงการศึกษา การทหาร และวงการอุตสาหกรรม ทำให้ปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบันมีส่วนช่วยในการเติมเต็มความบกพร่องของมนุษย์ในการทำงาน ประเภทของปัญญาประดิษฐ์ แบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

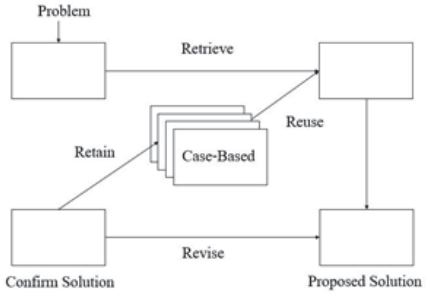
3.2.1 หุ่นยนต์ (Robotics) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้อง การออกแบบ การสร้างหุ่นยนต์เพื่อไปทำหน้าที่แทนมนุษย์แทนลักษณะงานที่มีความเสี่ยง หรืองานในโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ประหยัดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน มากขึ้น

3.2.2 โครงข่ายเส้นใยประสาท (Neural Network) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ที่อาศัยความรู้พื้นฐาน กระบวนการจดจำรูปแบบของสมองมนุษย์ โดยจำลองเส้นใยประสาทมาช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจ ปัจจุบันโครงข่ายเส้นใยประสาทถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในวงการแพทย์ การทหาร และธุรกิจหลายแห่ง

3.2.3 การประมวลผลด้วยภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing) เป็นระบบที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจภาษาของมนุษย์ ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้โดยให้มนุษย์ออกคำสั่งด้วยภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

3.2.4 ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งในด้านปัญญาประดิษฐ์ที่เข้าจัดการระบบด้านสารสนเทศ โดยเปรียบเสมือนผู้เชี่ยวชาญด้านใดด้านหนึ่งเฉพาะสาขาเข้ามาตัดสินใจ และตอบปัญหาข้อสงสัยโดยอาศัยฐานความรู้ (Knowledge Base) และกลไกการอนุมาน (Inference Engine) ทำให้ได้คำตอบที่เสมือนผู้เชี่ยวชาญในการตอบคำถาม โดยการทำงานของผู้เชี่ยวชาญเป็นการคิดแบบมีเหตุผลเป็นตรรกะ การให้เหตุผลด้วยฐานกรณีเป็นส่วนหนึ่งของระบบผู้เชี่ยวชาญ จากการที่ได้ศึกษาปัญญาประดิษฐ์ พบว่าระบบผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาไอพีทีวีเพราะลักษณะของข้อมูลมีลักษณะการถามตอบเสมือนผู้เชี่ยวชาญในการให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหางานวิจัยนี้จึงได้เลือกการให้เหตุผลด้วยฐานกรณีซึ่งอยู่ในระบบผู้เชี่ยวชาญ

3.3 การให้เหตุผลด้วยฐานกรณี (Case-Based Reasoning) เป็นการนำความรู้ประสบการณ์จากในอดีตมาสร้างสถานการณ์ของปัญหา และปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นมาที่มีความคล้ายคลึงกับปัญหาที่มีอยู่จะนำคำตอบจากอดีตที่คล้ายคลึงมาแก้ไขปัญหา การให้เหตุผลแบบฐานกรณี มีทั้งหมด 4 กระบวนการดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการของ Case-Based Reasoning [6]

3.3.1 การค้นคืนฐานกรณี (Retrieve) เป็นการค้นหาฐานกรณีเก่าในอดีตที่มีความคล้ายคลึงกับปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมาจากการเปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึงกัน (Similarity) ถ้ากรณีมีค่าความคล้ายคลึงมาก แสดงว่าปัญหานั้นแตกต่างกันน้อยกับปัญหาที่เกิดขึ้นน้อย

3.3.2 การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) เป็นการนำฐานกรณีที่เลือกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วนำกลับมาใช้ใหม่กับปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งสามารถช่วยลดเวลาในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาได้

3.3.3 การปรับปรุงฐานกรณี (Revise) เป็นการปรับปรุงฐานกรณีให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเพื่อให้การแก้ปัญหาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสถานการณ์ปัจจุบันเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ทั้งนี้ควรปรับปรุงฐานกรณีอย่างสม่ำเสมอ

3.3.4 การเก็บฐานกรณี (Retain) เป็นกระบวนการสุดท้ายในการเก็บฐานกรณีลงในฐานข้อมูล เพื่อรอการนำกลับมาใช้ใหม่เวลาที่มีปัญหาเข้ามาใหม่ ทั้งนี้ก่อนที่จะจัดเก็บฐานกรณีต้องตรวจสอบความถูกต้องของฐานกรณีให้มีความครบถ้วนและจัดเก็บอย่างสมบรูณ์ เพื่อสะดวกต่อการค้นหาเมื่อมีปัญหาเข้ามา จากทฤษฎีของการให้เหตุผลด้วยฐานกรณีที่มีทั้ง 4 กระบวนการนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและทำให้ระบบสารสนเทศจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระเบียบ และมีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้สะดวกต่อการค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหา

4. การดำเนินการวิจัย

ระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณีเพื่อให้ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องและตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินงานเป็นขั้นตอนโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลระบบสารสนเทศ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากพนักงานที่ดูแลลูกค้าที่เก็บเอกสารเป็นแฟ้มข้อมูล Excel ของส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการมัลติมีเดียของ บริษัท ทีโอที จำกัด(มหาชน) ในส่วนของปัญหาที่ได้รับจากลูกค้าและศูนย์บริการลูกค้าทีโอทีทุกสาขาทั่วประเทศ ทางโทรศัพท์หรือทางเว็บใช้ข้อมูลตั้งแต่เริ่มมีการให้บริการไอพีทีวี โดยเริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ.2561 เมื่อมีเอกสารมากขึ้นทำให้การค้นหาคำตอบและตอบคำถามลูกค้าเริ่มเป็นไปอย่างล่าช้า เนื่องจากต้องเสียเวลาในการค้นหาเอกสารและแนวทางในการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยจึงนำรูปแบบปัญหาและแนวทางการแก้ไขมาจัดเก็บ แล้วพัฒนาเป็นระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี เพื่อให้พนักงานดูแลลูกค้าทำงานได้อย่างรวดเร็วโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 รวบรวมข้อมูลความต้องการจากพนักงานดูแลลูกค้าที่มีประสบการณ์ ทั้งปัญหาและแนวทางการแก้ไข

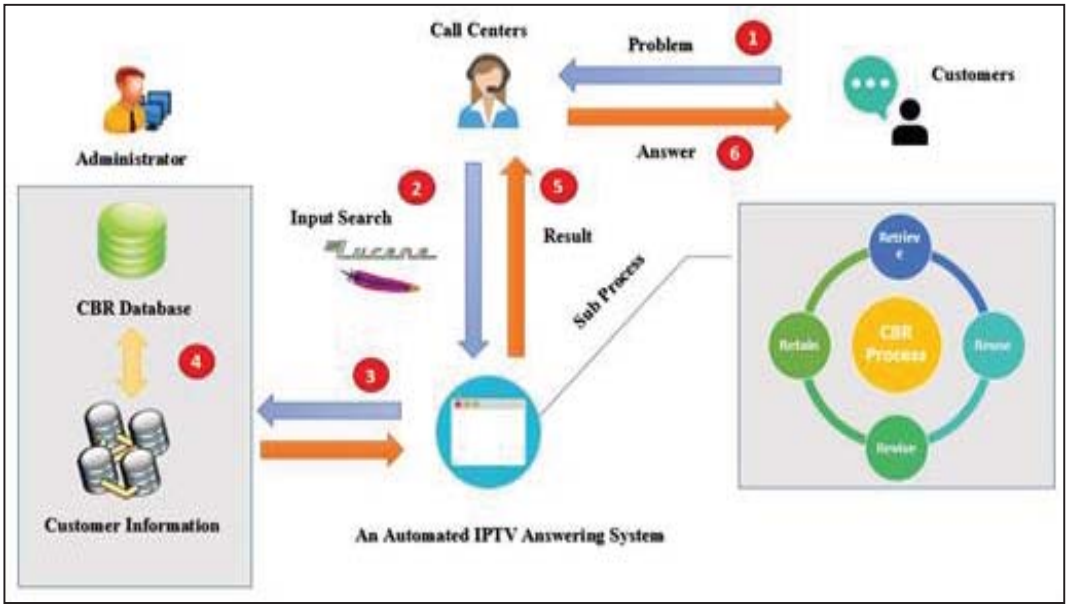
4.1.2 กำหนดปัญหาไอพีทีวี จากปัญหาที่ได้รับมาจากลูกค้าและศูนย์บริการ พบว่า ปัญหาของระบบไอพีทีวีส่วนใหญ่ถูกจัดเก็บเป็นรูปแบบไฟล์เอกสารกระจัดกระจายไม่เป็นรูปธรรม ไม่มีการแยกประเภทของปัญหาที่สามารถค้นหาได้อย่างง่ายอย่างเป็นระบบ ทำให้พนักงานเสียเวลาในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาจากหลายแหล่งข้อมูล แนวทางการแก้ไขจะเปลี่ยนไปตามกาลเวลา ไม่ได้ถูกปรับปรุงให้ทันสมัย และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากปัญหาเดิมและแนวทางแก้ไขเดิมที่มีอยู่ โดยผู้วิจัยได้ทำการใช้แฟ้มข้อมูล Excel จากพนักงานให้บริการลูกค้าที่กระจัดกระจายมารวบรวมให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะนำข้อมูลเข้าไปวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่จะนำเข้าฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์

สถานะ (Status)	Solved
การติดต่อ (Call)	Inbound
หมายเลขบริการ (ServiceID)	2573I0165
ปัญหา (Problem)	Can't Play video
คำตอบ (Answer)	ทำการ Update Firmware
ผู้รับเรื่อง (Agent)	คุณเบญจวรรณ

4.2 การออกแบบสารสนเทศ

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถกำหนดกรอบแนวคิดในการออกแบบระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี แสดงได้ ดังรูปที่ 3 โดยระบบสารสนเทศทำงานผ่านโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการใช้งานในองค์กรโดยมีกรอบการทำงานของระบบสารสนเทศดังนี้ ในขั้นตอนแรกลูกค้าโทรเข้ามาปรึกษาปัญหากรณีกล่องรับสัญญาณเกิดปัญหาโดยปรึกษากับพนักงานให้ข้อมูลลูกค้า จากนั้นพนักงานให้ข้อมูลลูกค้านำปัญหามาค้นหาในระบบสารสนเทศ ต่อจากนั้นระบบจะเข้าสู่กระบวนการของการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี โดยมี 4 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3 กรอบแนวคิดระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติ

4.2.1 การค้นหา (Retrieve) ทำการค้นหาจากฐานกรณีที่มีความใกล้เคียงกับปัญหาที่เป็นอยู่โดยพิจารณาจากความคล้ายคลึงกัน และแสดงผลที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดไปถึงน้อยที่สุด พร้อมแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยแสดงค่าร้อยละของความคล้ายคลึง การค้นหาจะไปดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาไว้ในหน่วยความจำเสมือน จากนั้นชุดคำสั่งจะทำการสร้างดรรชนีไว้สำหรับค้นหาและสร้างตัวอ่านเพื่อใช้ในการเข้าไปค้นหาข้อมูล จากนั้นเมื่อพนักงานให้บริการลูกค้าที่ต้องการค้นหาปัญหาจะทำการใส่ข้อมูลเป็นคำหรือประโยคเข้ามา ชุดคำสั่งจะทำการนำคำหรือประโยคไปเปรียบเทียบกับฐานกรณีที่เก็บไว้แล้วดึงข้อมูลปัญหาที่มีความคล้ายคลึงมากที่สุดออกมา

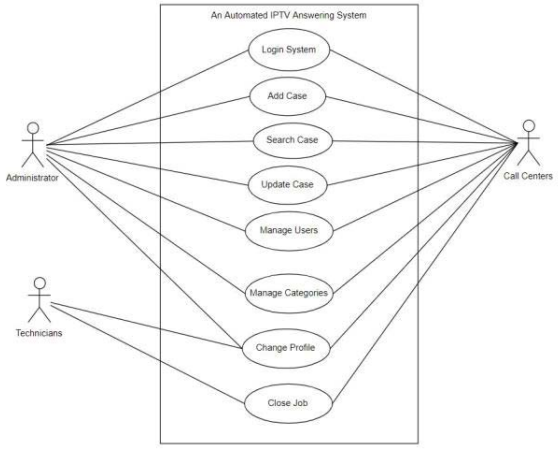
4.2.2 การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในกรณีที่พบปัญหาที่เคยเกิดขึ้นมาแล้ว มีแนวทางการแก้ไขเดิมที่แก้ไขได้สำเร็จและมีการให้ค่าน้ำหนักของความถูกต้องเรียบร้อยสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ทำให้ประหยัดเวลาในการแก้ปัญหา

4.2.3 การปรับปรุงฐานกรณี (Revise) ในกรณีที่ปัญหาที่เข้าไม่ค่อยสอดคล้องกับฐานกรณีที่มีอยู่จะทำการปรับปรุงฐานกรณีให้มีความทันสมัย และสะดวกต่อการนำมาใช้โดยการปรับปรุงฐานกรณีซึ่งต้องมีการประเมินคำตอบของแนวทางการแก้ไขให้สอดคล้องกับปัญหา

4.2.4 การจัดเก็บฐานกรณี (Retain) ในกรณีที่ปัญหาถูกแก้ไขเรียบร้อยแล้วมีการเพิ่มแนวทางการแก้ไขอย่างถูกต้องจะจัดเก็บ เพื่อรอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่เมื่อต้องพบกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

4.3 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

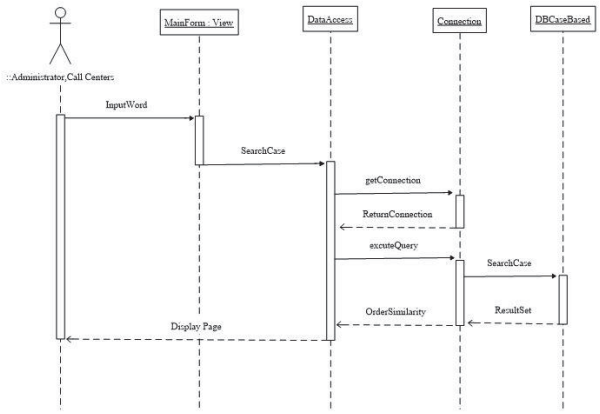
การออกแบบระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณีในขั้นตอนการออกแบบระบบจะใช้ UML (Unified Modeling Language) เพื่ออธิบายในเชิงวัตถุโดยใช้ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram) มาเป็นเครื่องมือที่ช่วยแสดงหน้าที่การทำงานของบุคคลที่เกี่ยวข้องในระบบ (Actor) และยูสเคส (Use Case) ในระบบสารสนเพื่อจำแนก กิจกรรมที่อาจจะเกิดขึ้นในระบบมีบุคคลที่เกี่ยวข้องในระบบ ทั้งหมด 3 ระดับได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงานบริการลูกค้าและช่างซ่อมไอพีวี ประกอบด้วย การเข้าใช้งานระบบ (Login System) การเพิ่มฐานกรณี (Add Case) การค้นหาฐานกรณี (Search Cases) การจัดการผู้ใช้งาน (Manage Users) การจัดการหมวดหมู่ของปัญหา (Manage Categories) การปรับปรุงฐานกรณี (Update Case) การเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนตัว (Change Profile) และการปิดงาน(Close Job) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ยูสเคสไดอะแกรมระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติ

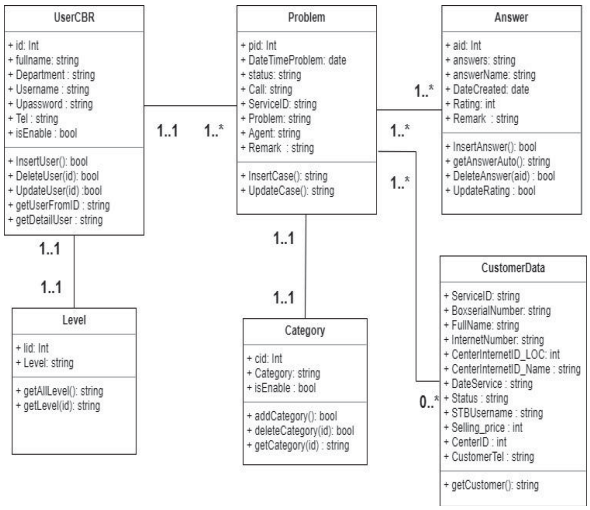
ขั้นตอนการออกแบบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

4.3.1 การค้นหาฐานกรณี (Search Cases) ระบบจะทำการรับคำหรือประโยคของปัญหาจากนั้นระบบจะนำคำหรือประโยคทำการเปรียบเทียบประโยคที่มีความคล้ายจากฐานกรณีที่มีอยู่ในฐานข้อมูลว่าปัญหานี้เคยเกิดขึ้นมาแล้วในอดีตหรือไม่โดยเรียงลำดับความคล้ายของประโยคจากมากที่สุดไปจนถึงความคล้ายที่น้อยที่สุดแสดงดังรูปที่ 5



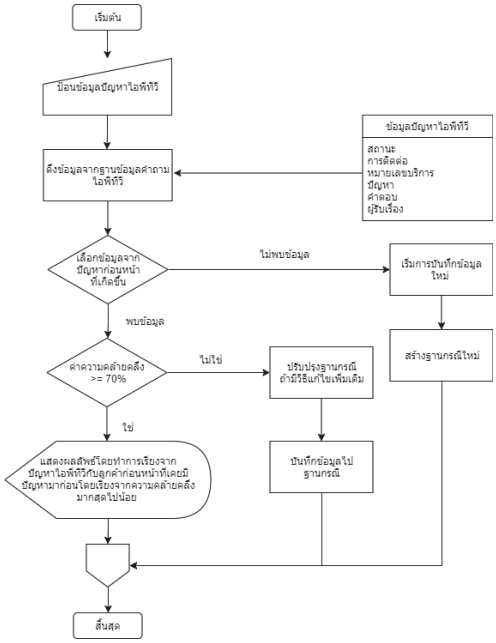
รูปที่ 5 ซีเควนซ์ไดอะแกรมการค้นหาฐานกรณี

4.3.2 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram) เป็นแผนภาพที่ใช้แสดงโครงสร้างคลาส ของระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณีซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 คลาสไดอะแกรมของระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี

4.3.3 กระบวนการทำงานของระบบ เริ่มต้นระบบจะรับปัญหาไอพีทีวีจากนั้นจะไปดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลคำถาม ซึ่งถ้าไม่พบข้อมูลจะเริ่มทำการบันทึกค่าแล้วสร้างฐานกรณีใหม่ แต่ถ้าพบข้อมูลจะดูจากค่าความคล้ายคลึงถ้ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 จะแสดงผลลัพธ์โดยเรียงลำดับความคล้ายคลึงจากมากไปหาน้อย ถ้าไม่ใช่ระบบจะทำการปรับปรุงฐานกรณีใหม่ แล้วทำการบันทึกข้อมูลไปยังฐานกรณีจนสิ้นสุดกระบวนการทำงานดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กระบวนการทำงานของระบบ

4.4 การพัฒนาระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติ

การพัฒนาระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี โดย (1) โปรแกรม Visual Studio 2010 ของบริษัทไมโครซอฟต์ (2) ภาษา ASP.NET 3.5 ทั้งออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานและส่วนที่จัดการหลังบ้านในการจัดการฐานข้อมูลและ (3) Microsoft SQL Server 2010 มาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในการพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับระบบเดิมที่ใช้ในองค์กร ในส่วนของการเปรียบเทียบความคล้ายกันของประโยคและข้อความใช้ไลบรารี่อาปาเช่ลูซีน (Apache Lucene) เข้ามาช่วยทำให้การเปรียบเทียบเป็นไปอย่างสะดวก ระบบสารสนเทศที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นการประยุกต์ใช้การให้เหตุผลด้วยฐานกรณีเพื่อมาใช้ในการแก้ปัญหาไอพีทีวี และช่วยสนับสนุนการทำงานของพนักงานให้บริการลูกค้าซึ่งผู้วิจัย ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปัญหาและคำตอบจากไฟล์ในรูปแบบ Excel และรูปแบบเอกสารโดยมีการจัดการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing) นำข้อมูลปัญหาที่ซ้ำซ้อนออกและปรับปรุงข้อมูลที่ไม่สมบรูณ์ จากนั้นทำการแยกปัญหาที่มีการแก้ไขแล้ว และปัญหาที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์เข้ากระบวนการจากนั้น

พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน

4.5 การประเมินคุณภาพระบบ

4.5.1 การพัฒนาเครื่องมือในการประเมินระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติ จะทำการเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลเดิมที่มีอยู่ ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพจะใช้วิธีการทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) โดยเน้นด้านการนำเข้าและผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ จากนั้นการประเมินกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 10 ท่าน จะประเมิน 3 ด้านได้แก่ การประเมินระบบด้านความสามารถตรงกับความต้องการ ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ และด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งานระบบ

4.5.2 เกณฑ์การให้คะแนนของความพึงพอใจในการใช้งานระบบ กำหนดเกณฑ์ตามวิธีของลิเกิร์ต (Likert) ประกอบด้วย 5 ระดับด้วยกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแปลผลแบบประเมินคุณภาพ

คะแนนเฉลี่ย	การแปลผล
4.51 – 5.00	ระดับคุณภาพดีที่สุด
3.51 – 4.50	ระดับคุณภาพดีมาก
2.51 – 3.50	ระดับคุณภาพปานกลาง
1.51 – 2.50	ระดับคุณภาพน้อย
1.00 – 1.50	ระดับคุณภาพน้อยที่สุด

5. ผลการวิจัย

เมื่อได้พัฒนาระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี เป็นที่เรียบร้อยแล้วการประเมินการทำงานของระบบใช้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานจริง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อคือ

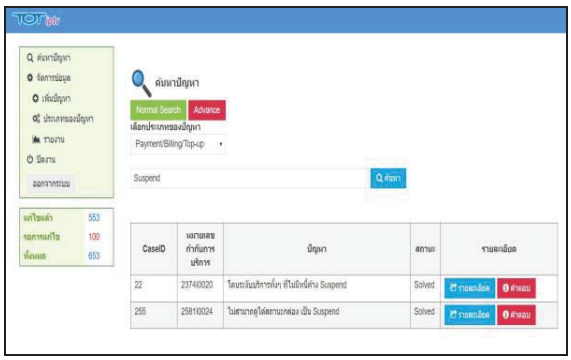
5.1 ผลการพัฒนาระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี ระบบนี้มีความสามารถในการทำงานให้กับบุคคล 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) พนักงานให้บริการลูกค้า (2) ผู้ดูแลระบบ และ (3) ช่างซ่อมไอพีทีวี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ระบบในการทำงานของผู้ดูแลระบบ ประกอบด้วย หน้าจอการล็อคอินเข้าทำงานของระบบ หน้าจอการทำงานของพนักงาน ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน ค้นหาปัญหา จัดการข้อมูล เพิ่มปัญหา ประเภทของปัญหา รายงาน ปิดงาน ออกจากระบบ นอกจากนี้ยังแสดงรายการ แก้ไขแล้ว รอการแก้ไข และสรุปรายการปัญหาทั้งหมด ที่ลูกค้าแจ้งปัญหาเข้ามา และยังมีความสามารถในการค้นหาปัญหา ซึ่งปัญหาของแต่ละรายการ ประกอบด้วยรหัสรายการ (CaseID) หมายเลขกำกับการบริการ ปัญหา สถานะ ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 หน้าจอของผู้ดูแลระบบ

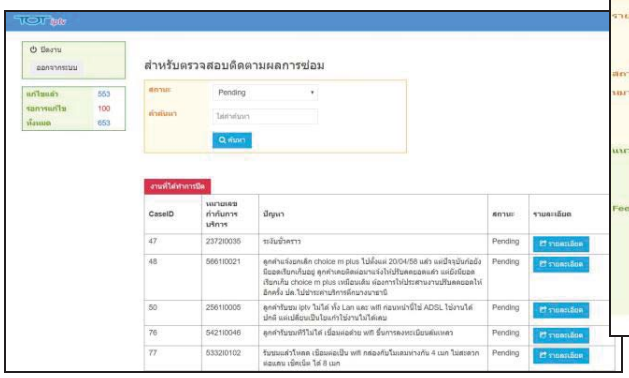
5.1.2 ระบบการทำงานของผู้ดูแลระบบ มีองค์ประกอบในลักษณะเดียวกันกับหน้าจอของพนักงานให้บริการลูกค้า ดังรูปที่ 8 หน้าจอของผู้ดูแลระบบจะต่างจากพนักงานบริการลูกค้า ที่เมนูจัดการข้อมูล โดยมีคำสั่งเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลพนักงาน

5.13 ระบบการทำงานของพนักงานบริการลูกค้า พนักงานบริการลูกค้า เหมือนกับผู้ดูแลระบบ แต่พนักงานบริการลูกค้าไม่สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ผู้ใช้งานระบบได้ พนักงานบริการสามารถค้นหาปัญหา เรียกดูปัญหาที่เคยเกิดขึ้น และสามารถเพิ่มแนวทางการแก้ไขปัญหา ปรับปรุงคำตอบของปัญหาให้ทันกับไอพีทีวีรุ่นใหม่ได้ ดังรูปที่ 9

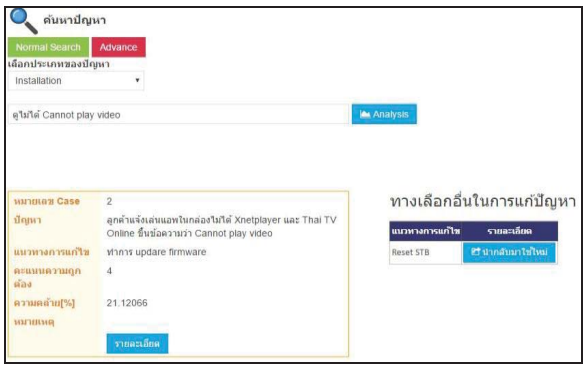


รูปที่ 9 หน้าจอของพนักงานให้บริการลูกค้า

5.1.4 ระบบการทำงานช่างซ่อมไอพีทีวี มีเมนูเดียว คือ เมนูปิดงาน ช่างเทคนิคจะต้องมาดูในระบบว่ายังมีงานที่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาให้กับลูกค้าได้ และต้องประสานงานกับพนักงานให้บริการลูกค้า หากลูกค้ามีปัญหาทางเทคนิคที่พนักงานให้บริการลูกค้า ไม่สามารถตอบคำถามได้ ดังรูปที่ 10

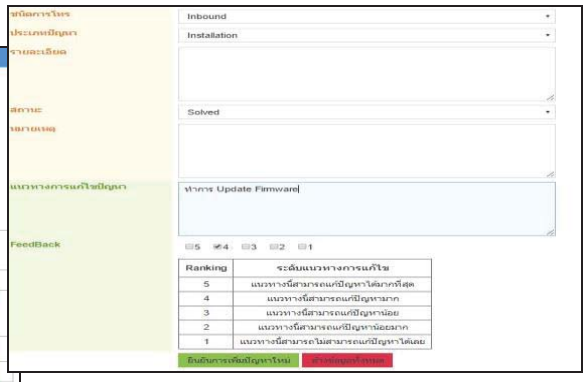


รูปที่ 10 หน้าจอของช่างซ่อมไอพีทีวี



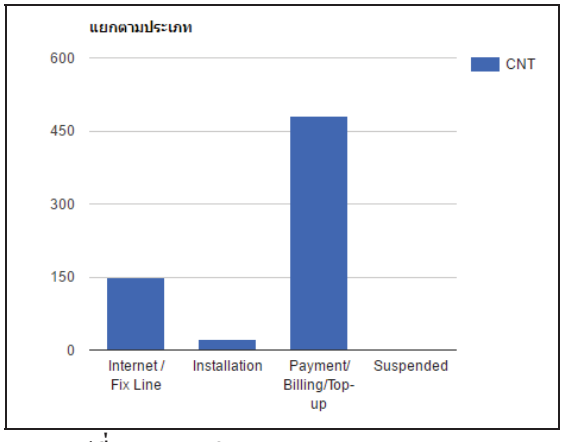
รูปที่ 11 แสดงหน้าจอหลักในการค้นหาปัญหา

จากรูปที่ 11 แสดงหน้าจอหลักในการค้นหาปัญหาโดย เลือกหมวดหมู่ในการค้น จากนั้นกรอกข้อความลงไป ระบบจะทำการค้นโดยเข้าไปเปรียบเทียบกับฐานกรณีที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดออกมาก่อนโดยแสดงร้อยละของความคล้ายคลึงกับปัญหานั้น ๆ ด้วย



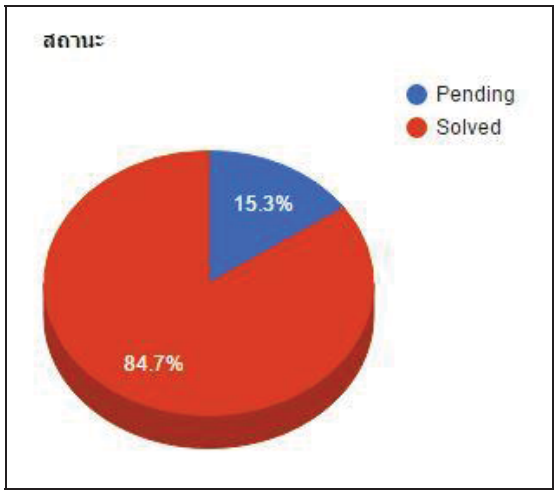
รูปที่ 12 หน้ารายละเอียดการเพิ่มฐานกรณี

จากรูปที่ 12 เป็นหน้าจอในการเพิ่มฐานกรณี ในกรณีที่เจอปัญหาใหม่ ซึ่งไม่เคยมีมาก่อน เมื่อแก้ไขปัญหาได้แล้ว ผู้เพิ่มฐานกรณีให้คะแนนแนวทางแก้ไขนี้ว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้มากหรือน้อย คะแนนที่มากที่สุดคือแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ที่มากสุด



รูปที่ 13 แผนภูมิรายงานของระบบสารสนเทศ แยกตามหมวดหมู่ของปัญหา

จากรูปที่ 13 เป็นหน้าจอที่ผู้ดูแลระบบ ช่างเทคนิค และพนักงานบริการลูกค้า เข้ามาดูสรุปปัญหาทางหน้าเว็บที่เข้ามา ว่าปัญหาใดมีปริมาณมาก หรือน้อยเพื่อหาแนวทางการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที และตอบโจทย์ลูกค้าได้มากที่สุด



รูปที่ 14 แผนภูมิรายงานสถานะของปัญหา

จากรูปที่ 14 ผู้ดูแลระบบ พนักงานให้บริการลูกค้า และช่างซ่อมไอพีทีวี สามารถเข้ามาดูสรุปงานที่ยังคงค้าง หรืออยู่ระหว่างการหาแนวทางการแก้ไข แบบสรุปรวมเป็นแผนภูมิวงกลม เพื่อที่จะได้ติดตามงานที่ทำไปแล้ว งานที่คงค้างในระบบในรูปแบบร้อยละ สามารถนำเสนอผู้บริหารให้ดูภาพรวมได้อย่างเข้าใจ

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องของระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี ได้ทำการทดสอบโดยใช้วิธีการค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการทดสอบได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มตามหมวดหมู่ได้แก่ การติดตั้ง (Installation) การชำระเงิน/ค่าใช้จ่าย/บริการเสริม (Payment/Billing/TopUp) และอินเทอร์เน็ต (Internet) พบว่า โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 78.89 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

หมวดหมู่	จำนวนข้อคำถามที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนคำตอบที่ระบบสารสนเทศตอบได้ถูกต้อง	ร้อยละ
การติดตั้งอุปกรณ์ (Installation)	30	23	76.67
การชำระเงิน/ค่าใช้จ่าย/บริการเสริม (Payment/Billing/TopUp)	30	26	87.67
อินเทอร์เน็ต(Internet)	30	22	73.33
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง (Average Accuracy)			78.89

5.3 ผลการประเมินระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี ใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และใช้แบบสอบถามวัดคุณภาพของระบบ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ และด้านความสะดวกสบายต่อการใช้งานระบบ พบว่าทุกด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศจากผู้เชี่ยวชาญ (n=5)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1.ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ	4.33	0.64	ดี
2.ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.40	0.58	ดี
3.ด้านความสะดวกและการง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.20	0.61	ดี
รวมเฉลี่ย	4.31	0.61	ดี

5.4 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขระบบของผู้เชี่ยวชาญคือเรื่องศัพท์ที่ใช้ในระบบสารสนเทศให้มีความเข้าใจง่ายไม่เป็นด้านเทคนิคจนเกินไป และให้ปรับปรุงโปรแกรมให้มีการแสดงผลที่ชัดเจน เรียงลำดับแนวทางการแก้ไขปัญหาให้ครบถ้วน ให้มีความสวยงาม น่าใช้งาน และให้มีการขึ้นปัญหาที่ใกล้เคียงกันเวลาที่ทำการค้นหาออกมาแล้วสามารถเชื่อมโยงไปดูปัญหาอื่น ๆ ที่มีความคล้ายกันด้วย

5.5 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานทั่วไปของระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี จำนวน 10 คน โดยวัดผล 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ และด้านความสะดวกและการง่ายต่อการใช้งานระบบ พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (n=10)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1.ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ	4.53	0.60	ดี
2.ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.49	0.55	ดี
3.ด้านความสะดวกและการง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.45	0.40	ดี
รวมเฉลี่ย	4.49	0.51	ดี

6. สรุปผลการวิจัย

จากเดิมในการหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาพีทีวีที่เกิดขึ้น ข้อมูลจัดเก็บในเอกสารกระจัดกระจายไม่เป็นระบบ พนักงานบริการลูกค้าแต่ละคนมีแนวทางการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่คน ทำให้การบริการลูกค้าและการตอบปัญหาที่ลูกค้าสอบถามจะได้คำตอบที่ไม่เป็นแนวทางเดียวกัน เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่พนักงานลาออกไป และรับพนักงานใหม่เข้ามาทดแทน แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวไม่ได้ถูกถ่ายทอดหรือส่งต่อทั้งหมดอย่างครอบคลุม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดเก็บและรวบรวมแนวทางในการแก้ไขปัญหาของไอพีทีวีอย่างเป็นระบบ เป็นรูปธรรม จึงได้พัฒนาระบบการแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติด้วยการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี ใช้กรณีศึกษาของ บริษัท ทีโอที จำกัด(มหาชน) โดยใช้ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึงพ.ศ. 2561 และได้นำการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี (Case-Based Reasoning) มาประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บสถานการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยมีแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบระเบียบ ง่ายต่อการเข้าถึง จึงพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน และแบ่งระดับของผู้ใช้งานออกเป็น 3 ระดับได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงานบริการลูกค้า และช่างซ่อมไอพีทีวี เริ่มจากเมื่อมีลูกค้าใช้บริการกล่องไอพีทีวีแล้วเกิดปัญหาขัดข้องในการใช้งาน ลูกค้าจะโทรมาสอบถามกับพนักงานบริการลูกค้า และพนักงานจะมาค้นหาปัญหาที่ได้ถูกจัดเก็บไว้ในระบบ ทำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของประโยคปัญหาที่เข้ามากับปัญหาที่มีอยู่ในฐานกรณี ถ้าพบจะนำแนวทางการแก้ไขปัญหานี้มาแก้ไขปัญหาให้ลูกค้า กรณีถ้าไม่พบหรือมีความคล้ายคลึงกันของปัญหาก็จะทำการลงปรับปรุงฐานกรณีและให้ค่าน้ำหนักของความถูกต้อง ระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติได้พัฒนาขึ้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยทดสอบค่าความถูกต้องโดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความถูกต้องร้อยละ78.89 จากนั้นประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานพบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแก้ไขปัญหาไอพีทีวีอัตโนมัติโดยใช้วิธีการให้เหตุผลด้วยฐานกรณี โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ใน

เกณฑ์ระดับดีมีค่าเฉลี่ยภาพรวมเท่ากับ 4.31 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 คะแนน และภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีผล ระบบสารสนเทศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 คะแนน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Shire,A. N. , Yerawar, P. V. (2015), Overview of IPTV. *International of Journal of Advance Reasearch in Computer Science and Software Engineering* 5(3): 248-249. IJARCSSE , India.

[2] เสกสรร ศิวิลัย และ จักรกฤษณ์ นมะหุต. (2555). การประยุกต์ใช้ Case-based Reasoning ในการแนะนำอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยใน (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร)

[3] Kee, Y., Seo, J., & Kim, G. (1994). A Case-based Reasoning Database Schema Design Department of Computer Science Center and Artificial Intelligence .(Reasearch Korea Advanced Institute of Scienceand Technology).

[4] Werner, O. (2007). **Broadcasters requirements for IPTV**. EBU Technical Review (1-11). IJARCSSE, India.

[5] Howard, N. (2015). Rethinking Artificial Intelligence. Cognitive Informatics & Cognitive Computing , In 2015 IEEE 14th International Conference ,6-8 July 2015:IEEE.

[6] Keri, N. A., & Weber, R. (2006). **Knowledge Management in Case-Based Reasoning**. United Kingdom: Cambridge University Press.

กลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Appropriate Maintenance Strategies for Power Distribution Systems

อรรถพงษ์ โภชน์เกาะ[1] และ ชีวินทร์ ลิ้มศิริ[2]

[1,2]สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

Email : [1]Atthapong_pho@vu.ac.th

Received: May 15, 2019

Revised: June 27, 2019

Accepted: September 3, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษากลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ประเภทปัญหาที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเกิดการขัดข้องและเสนอกลยุทธ์การบำรุงรักษาเพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากเหตุไฟฟ้าขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้า พิจารณาจากข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนครราชสีมา ระหว่างปี 2555 -2558 โดยใช้แนวทางการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแบบ Comprehensive Scan จากนั้นใช้สถิติเชิงพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูลปัญหา พบว่าปัญหาที่ส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องแบ่งได้เป็น 3 ปัญหาหลัก คือ ปัญหาจากสภาพแวดล้อม ปัญหาจากอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายและจากปัญหาอื่น ๆ โดยเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดจากสภาพแวดล้อมคิดเป็นร้อยละ 70 ซึ่งมากกว่าเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดจากอุปกรณ์และอื่น ๆ กว่า 3 เท่า โดยสภาพแวดล้อมที่เป็นเหตุให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องประกอบไปด้วย ต้นไม้และกิ่งไม้ สัตว์และภัยธรรมชาติ พร้อมเสนอกลยุทธ์ 3M 1R (3 Maintenances 1 Recovery) เพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากเหตุไฟฟ้าขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

คำสำคัญ: บำรุงรักษา, เหตุขัดข้อง, ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง

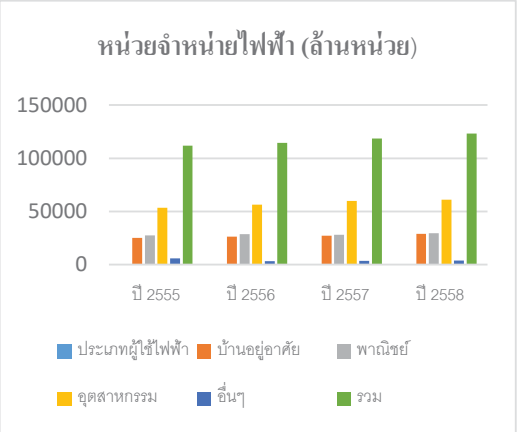
Abstract

The study of appropriate maintenance strategies for the power distribution system aims to study and analyze the causes of power distribution system failures. Moreover the maintenance strategies to reduce the damages of the power distribution system failure are proposed. Considering the record of accumulated interruption data between 2012-2015 of Provincial Electricity Authority Nakhon- ratchasima, the causes of the failure were found by using root cause analysis. After that by using descriptive statistics to analyze the problem, which can be found that the failure occurred in three main causes, divided into caused by the environment, equipment in the distribution system and other problems. The failure of the power distribution system caused by the environment is about 70 percent, which more than three times of the disruption caused by equipment and others. The failure caused by the environment consists of trees, animals and natural disasters. This study proposed 3M 1R strategy (3 maintenances 1 recovery) to reduce the damage caused by the failure of the power distribution system.

Keyword: Maintenance, Outages, Power Distribution System, Root Cause Analysis

1.บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าถือเป็นปัจจัยหลักสำคัญในการดำเนินชีวิตและเป็นสิ่งจำเป็นในการประกอบกิจการในภาคเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ รวมทั้งภาคที่อยู่อาศัย จากรายงานประจำปี 2558 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] พบว่าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าในปี 2558 รวมทั้งสิ้น 123,210 ล้านหน่วย ขยายตัวร้อยละ 3.86 จากปี 2557 ส่งผลให้ภาพรวมความต้องการใช้ไฟฟ้ากลุ่มประเภท บ้านอยู่อาศัย กลุ่มพาณิชย์ กลุ่มอุตสาหกรรมและกลุ่มอื่น ๆ มีอัตราการขยายตัวของจำนวนหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าที่ร้อยละ 5.92, 5.94, 1.95 และ 3.79 ตามลำดับ โดยหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2555 – 2558 ได้แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หน่วยจำหน่ายไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1]

เมื่อพิจารณาหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าจำแนกตามพื้นที่บริการ พบว่า

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขยายตัวร้อยละ 5.38 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.63 ของยอดจำหน่ายไฟฟ้ารวม

ภาคเหนือ ขยายตัวร้อยละ 5.25 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 14.57 ของยอดจำหน่ายไฟฟ้ารวม

ภาคกลาง ขยายตัวร้อยละ 3.51 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 53.05 ของยอดจำหน่ายไฟฟ้ารวม

ภาคใต้ ขยายตัวร้อยละ 2.40 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 16.76 ของยอดจำหน่ายไฟฟ้ารวม

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราการขยายตัวของหน่วยจำหน่ายไฟฟ้ามากที่สุดและมียอดการจำหน่ายไฟฟ้ารวมคิดเป็นร้อยละ 15.63 จากรายงานผลการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ โดยค่า SAIFI (ดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบกับผู้ใช้ไฟฟ้าต่อราย คิดเป็นหน่วย ครั้ง/ราย/ระยะเวลา) และค่า SAIDI (ดัชนีแสดงระยะเวลาไฟฟ้าดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า 1 ราย คิดเป็นหน่วย นาที/ราย/ระยะเวลา) ในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและ 12 เมืองใหญ่ สะสม 4 เดือน (ม.ค. – เม.ย. 2558) [2] พบว่าในภาพรวมค่า SAIFI ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าลดลงร้อยละ 4.19 และค่า SAIDI มีค่าลดลงร้อยละ 10.01 แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) จ.นครราชสีมา พบว่าค่า SAIFI มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.66 และค่า SAIDI มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 63.10 โดยสาเหตุหลักที่ทำให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI , SAIDI) มีค่าสูงและต้องเร่งดำเนินการแก้ไขปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สาเหตุหลักที่ทำให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIF , SAIDI) มีค่าสูง (ม.ค. ถึง เม.ย. 2558) [2]

ลำดับที่	SAIFI & SAIDI (ม.ค. ถึง เม.ย. 2558)		
	สาเหตุ	% ค่า SAIFI	% ค่า SAIDI
1	อุปกรณ์	43.74	34.26
2	สัตว์	24.80	18.16
3	ภัยธรรมชาติ ต้นไม้	9.13	18.07

จากรายงานประจำปี 2558 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] พบว่าหากเกิดเหตุขัดข้องในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบและเกิดความเสียหายในธุรกิจต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยแสดงจำนวนผู้เกี่ยวข้อง ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าและจำนวนหน่วยที่จำหน่ายไฟฟ้า [1]

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	หน่วยจำหน่ายไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า (ราย)
บ้านและที่อยู่อาศัย	28,918	16,339,328
พาณิชย์	29,623	1,516,430
อุตสาหกรรม	60,946	33,766
อื่น ๆ	3,723	281,501
รวม	123,210	18,171,025

จากข้อมูลที่กล่าวมาจะพบว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ หากเกิดการขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้น การกำหนดรูปแบบการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เหมาะสมกับปัญหาจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการป้องกันและลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น ในปัจจุบันการเฝ้าระวังระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้มีการดำเนินการต่าง ๆ อาทิเช่น การบำรุงรักษาอุปกรณ์ การติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนหรือการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ แต่พบว่าปัญหาเกี่ยวกับการขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้ายังเกิดขึ้นซ้ำ ๆ เดิม ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause Analysis) เพื่อหาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายของระบบจำหน่ายไฟฟ้า [3] พร้อมทั้งเสนอกลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสม รวมทั้งเสนอแนวทางการสนองตอบปัญหาที่รวดเร็วทำให้ผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าลดลง ซึ่งจะทำให้การวางแผนกิจกรรมบำรุงรักษาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีความเหมาะสมและเกิดผลดีต่อผู้ใช้ไฟฟ้า

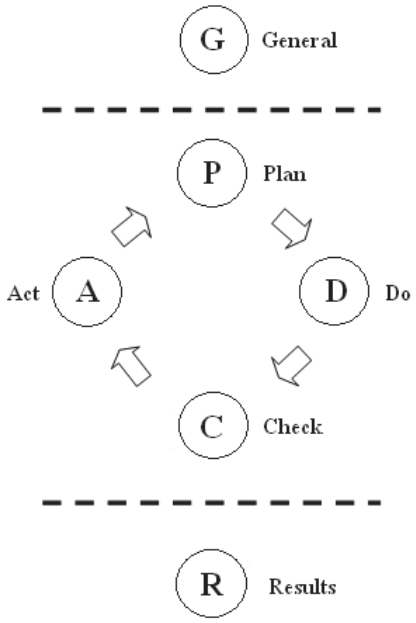
2. เนื้อหา

2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้าประเทศไทย

ปัจจุบันโครงสร้างอุตสาหกรรมทางไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นโครงสร้างกิจการไฟฟ้าในรูปแบบของ Enhanced Single Buyer Model (ESB) [1] โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตไฟฟ้า ส่งไฟฟ้าและเป็นผู้รับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเอกชนและโรงไฟฟ้าจากต่างประเทศ จากนั้นจะจำหน่ายไฟฟ้าผ่านระบบส่งไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีพื้นที่รับผิดชอบจำนวน 74 จังหวัด ยกเว้น นนทบุรี กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการจำหน่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะรับผิดชอบระบบซึ่งประกอบด้วย สถานีไฟฟ้า ระบบสายส่งไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้า หม้อแปลงจำหน่าย ระบบไฟฟ้าและเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า อีกทั้งการจัดหาและจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องคำนึงถึงความเพียงพอ มีคุณภาพตามความต้องการและมีความเชื่อถือได้ที่เหมาะสม หากกำหนดเกณฑ์ความเชื่อถือได้ของระบบมีค่าสูงจะทำให้ค่าใช้จ่ายในระบบสูงตาม เนื่องจากต้องจัดการระบบจำหน่ายไม่ให้เกิดเหตุขัดข้อง แต่หากกำหนดเกณฑ์ความเชื่อถือได้ของระบบต่ำทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องบ่อยครั้ง จะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นการจัดการเกี่ยวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงของผู้ให้บริการ

2.2 การจัดการคุณภาพด้วย GPDCAR

หลักการของวัฏจักรเดมมิ่ง (Deming Cycle) หรือ PDCA Cycle เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เพื่อการใช้งานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงได้พัฒนาสู่แบบ Modified Deming’s PDCA [4] ซึ่งแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างการจัดการแบบ GPDCAR

จากรูปที่ 2 โครงสร้างการจัดการแบบ GPDCAR ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.2.1 เรื่องทั่วไป (General: G) การเตรียมเครื่องมือในการจัดบริหารจัดการ

2.2.2 วางแผน (Plan: P) วางแผนอย่างรอบคอบและครอบคลุมถึงการกำหนดหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมไปถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ โดยการวางแผนงานควรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน [5] ดังนี้

(1) กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการดำเนินงาน

(2) กำหนดโครงสร้างของทีมงานและมอบหมายความรับผิดชอบ

(3) กำหนดตัวชี้วัดและตั้งเป้าหมายการดำเนินการ

(4) สำรวจสถานการณ์ปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ

2.2.3 ปฏิบัติ (Do: D) เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอน เพื่อให้ได้ผลตามที่ได้วางแผนไว้ กล่าวคือ ขั้นตอนนี้เป็นการนำแผนมาปฏิบัติจริงเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิผลตามเป้าหมายที่วางแผนไว้ให้ได้มากที่สุด โดยอยู่ภายใต้กรอบของกิจกรรมตามแผนที่ได้เลือกไว้

2.2.4 ตรวจสอบ (Check: C) ทำให้รู้สภาพของงานที่เป็นอยู่เปรียบเทียบกับสิ่งที่วางแผน การตรวจสอบที่เที่ยงตรงเชื่อถือได้ประกอบด้วย ตรวจสอบจากเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ มีเครื่องมือที่เชื่อถือได้ มีเกณฑ์การตรวจสอบที่ชัดเจน

2.2.5 ดำเนินการ (Action: A) เป็นการพิจารณาผลที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมี 2 กรณี คือ

- กรณีเป็นไปตามแผน ให้จัดทำมาตรฐานและหาโอกาสปรับปรุงให้ดีขึ้น
- กรณีไม่เป็นไปตามแผน ให้มองหาทางเลือกใหม่ที่เป็นไปได้หรือเปลี่ยนเป้าหมายใหม่

2.2.6 ผลลัพธ์ (Result: R) เป็นผลจากสิ่งที่กำหนดไว้ในเรื่องทั่วไป การดำเนินการ การวางแผน การปฏิบัติ การตรวจสอบและการดำเนินการให้เหมาะสม โดยผลลัพธ์ที่ดีจะเกิดขึ้นได้จากการปรับปรุงพัฒนาของกระบวนการ

2.3 การวิเคราะห์ปัญหา

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause Analysis) คือ การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงที่ก่อให้เกิดผลกระทบหรือสาเหตุที่ไม่พึงประสงค์ โดยใช้การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและขั้นตอน [6] ซึ่งอาจสรุปคือการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงและจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและลดการเกิดซ้ำของความเสี่ยงในกรณีนั้น ๆ การดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงอาจพิจารณาดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ

(1) การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงแบบเชิงรับ คือการวิเคราะห์หาสาเหตุเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์และกำหนดมาตรการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยง

(2) การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงแบบเชิงรุก คือการวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดปัญหาหรือข้อบกพร่องของระบบโดยใช้วิธี Risk Matrix จัดลำดับความสำคัญของเหตุไม่พึงประสงค์และกำหนดมาตรการป้องกันเหตุดังกล่าวล่วงหน้า

แนวทางการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงอาจจำแนกตามรูปแบบการวิเคราะห์ได้ 4 แนวทาง คือ

2.3.1 แบบ Turning Point คือ การดำเนินการโดยมองย้อนกลับของกระบวนการทำงานก่อนที่จะเกิดเหตุไม่พึงประสงค์ เป็นการจัดการความเสี่ยงของเหตุการณ์ที่ไม่ซับซ้อน

2.3.2 แบบ Cognitive Walkthrough คือ การดำเนินการโดยมองย้อนกลับของกระบวนการทำงานก่อนที่จะเกิดเหตุไม่พึงประสงค์โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้นและเรียนรู้ปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดของผู้ปฏิบัติงานเพื่อเป็นข้อมูลการออกแบบกระบวนการทำงานให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งวิธีแบบ Cognitive Walkthrough อาจใช้ร่วมกับวิธีแบบ Turning Point เพื่อปรับเปลี่ยนวิธีตัดสินใจและประเมินผลการตัดสินใจนั้น

2.3.3 แบบ Conventional Why คือ การใช้คำถามต่อเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์โดยการใช้รายละเอียดการดำเนินการแบบ Cognitive Walkthrough มาวิเคราะห์ต่อถึงสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดเหตุการณ์

2.3.4 แบบ Comprehensive Scan คือ วิธีการที่มีการกำหนดหัวข้อหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุไม่พึงประสงค์และตรวจสอบความสัมพันธ์ว่าเกี่ยวข้องกันหรือไม่ โดยการวิเคราะห์แบบ Comprehensive Scan ต้องใช้แผนผังก้างปลาหรือแผนผังต้นไม้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

2.4 หลักการบำรุงรักษา [7]

การบำรุงรักษาเป็นส่วนหนึ่งของการประกันว่าระบบจะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเต็มตามความสามารถที่กำหนดไว้ การดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาจะประกอบด้วย การดูแลรักษา การตรวจสภาพและการซ่อมแซมความเสียหายของระบบจะส่งผลต่อผู้ใช้บริการทำให้ไม่ได้รับความสะดวกและอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายกับธุรกิจ ดังนั้นการลดความบกพร่องของอุปกรณ์ในระบบจะสามารถทำให้ระบบมีการทำงานได้อย่างต่อเนื่องและลดความเสี่ยงจากความล้มเหลวของระบบ การบำรุงรักษาสามารถแยกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.4.1 การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance: CM) เป็นการบำรุงรักษาเมื่อระบบเสียหายหรือหยุดทำงาน ถ้าเกิดเหตุขัดข้องขึ้นแล้วต้องหยุดการทำงานของระบบเพื่อบำรุงรักษาให้ระบบกลับมาใช้งานได้ปกติ การบำรุงรักษาแบบนี้อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ระบบมีการบำรุงรักษาตามระยะเวลาแต่เกิดเหตุขัดข้องจากสิ่งที่มากระทบกับระบบซึ่งไม่สามารถทราบหรือกำหนดเวลาได้ล่วงหน้า

2.4.2 การบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) หรือเรียกว่า การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance, Calendar - Based Maintenance หรือ Historical Maintenance) เป็นการวางแผนบำรุงรักษาโดยกำหนดระยะเวลาการตรวจสอบและการบำรุงรักษาระบบเพื่อป้องกันความเสียหายหรือวางแผนป้องกันไว้ล่วงหน้าซึ่งจะไม่ทำให้ระบบเกิดเหตุขัดข้อง สิ่งที่สำคัญของการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันคือการประเมินอายุการใช้งานของระบบและการบำรุงรักษาก่อนระบบเสียหาย

2.4.3 การบำรุงรักษาตามสภาพ (Predictive Maintenance) การบำรุงรักษาตามสภาพถูกพัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานอยู่ที่ข้อมูลปัจจุบันและอดีตย้อนหลังเพื่อที่จะกำหนดความสำคัญในการบำรุงรักษาให้ดีที่สุด โดยอาศัยสัญญาณเตือนจากระบบซึ่งโดยทั่วไปจะให้สัญญาณเตือนก่อนที่ระบบจะเสียหาย เช่น ความร้อน เสียงและการสั่นสะเทือน ถ้าหากสามารถตรวจสอบสัญญาณเตือนได้ก็สามารถที่จะกำหนดการบำรุงรักษาที่จำเป็นก่อนที่ระบบจะเกิดความเสียหายได้

2.4.4 การบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive Maintenance) คือการแก้ปัญหาที่สาเหตุหลักที่ทำให้ระบบเสียหาย โดยทำการแก้ไขปัญหาล่วงหน้าเพื่อลดโอกาสการชำรุดเสียหายของระบบซึ่งจะทำให้ระบบมีอายุยาวนานขึ้นเมื่อถูกนำไปใช้งาน ข้อดีของการบำรุงรักษาแบบเชิงรุกจะทำให้อายุการใช้งานของระบบเพิ่มขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและความเสียหายของระบบ

3. วิธีดำเนินการ

3.1 เก็บข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ.2555-2558

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุหลักที่แท้จริงที่ส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้อง โดยใช้แนวทางสำหรับการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแบบ Comprehensive Scan ซึ่งจะกำหนดหัวข้อของปัจจัยที่ส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องอย่างครอบคลุม จากนั้นจะตรวจสอบว่าเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นนั้นสัมพันธ์กับปัจจัยดังกล่าวหรือไม่ การแบ่งประเภทของเหตุข้อขัดข้องที่เหมาะสมจะทำให้สามารถกำหนดกลยุทธ์การป้องกันเหตุไม่พึงประสงค์ได้อย่างเหมาะสม [8] โดยการแบ่งประเภทเหตุข้อขัดข้องจะพิจารณาจากความน่าจะเป็นของเหตุที่เกิดและจัดประเภทของสาเหตุตามแบบบันทึกเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ดังนี้

(1) ต้นไม้

(2) สัตว์

(3) ภัยธรรมชาติ

(4) สภาพแวดล้อม

(5) วัสดุแปลกปลอม

(6) บุคคล

(7) อุปกรณ์

(8) อื่นๆ

3.3 พิจารณาผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยพิจารณาจากแบบบันทึกจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบจากเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมาและหามูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยใช้การศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [9] ซึ่งมีผลการศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปอัตราความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า

การไฟฟ้า	ICPE (บาท/ครั้ง)
กฟน.	147,500
กฟภ.	62,723
รวมทั้งประเทศ	64,991

3.4 กลยุทธ์การบำรุงรักษา การศึกษานี้ได้ทำการพิจารณาและกำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษาโดยพิจารณาจากความสอดคล้องสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้อง ฤดูกาลและการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าเดิม จากการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วน การดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาประกอบไปด้วยการดูแลรักษา การตรวจสภาพและการซ่อมแซม โดยการบำรุงรักษาจะพิจารณาจากรูปแบบการบำรุงรักษา 4 แบบ

(1) การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance: CM)

(2) การบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive Maintenance: PM)

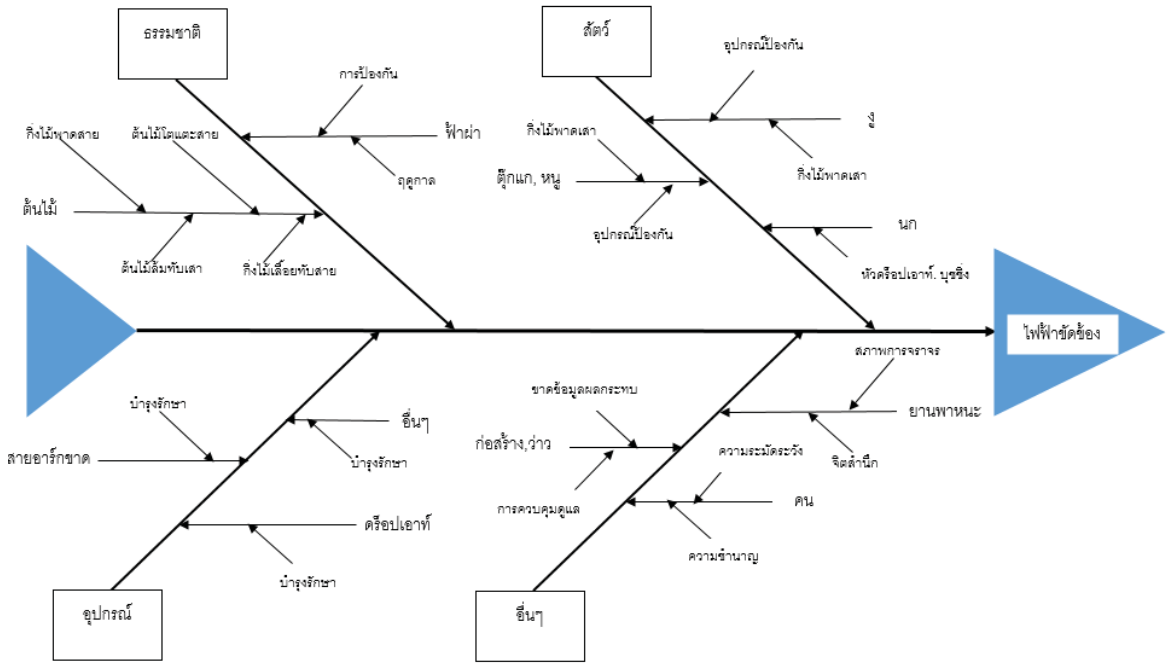
(3) การบำรุงรักษาตามสภาพ (Predictive Maintenance)

(4) การบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive Maintenance)

3.5 เสนอกลยุทธ์การบำรุงรักษาโดยพิจารณาผลที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นสำคัญ

4. ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุข้อขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแบบ Comprehensive Scan แสดงดังรูปที่ 3 จะสามารถระบุสาเหตุหลักของเหตุขัดข้องและผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2555-2558 แสดงดังตารางที่ 4 ถึง ตารางที่ 7



รูปที่ 3 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงแบบ Comprehensive Scan ที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้อง

ตารางที่ 4 สาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องและผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2555

เหตุการณ์	อัตราการเกิด	ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบ (ราย)	ร้อยละของผู้ได้รับผลกระทบ	ความเสียหายต่อครั้ง (บาท)
สภาพแวดล้อม (ธรรมชาติและสัตว์)	178 จาก 262	238,659	67.69	11,164,694
อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	61 จาก 262	76,456	21.68	3,826,103
อื่นๆ(ยานพาหนะ, คน, ว่าว)	23 จาก 262	37,472	10.63	1,442,629

ตารางที่ 5 สาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องและผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2556

เหตุการณ์	อัตราการเกิด	ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบ (ราย)	ร้อยละของผู้ได้รับผลกระทบ	ความเสียหายต่อครั้ง (บาท)
สภาพแวดล้อม (ธรรมชาติและสัตว์)	253 จาก 298	357,598	66.41	15,868,919
อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	38 จาก 298	111,404	20.69	2,383,474
อื่นๆ(ยานพาหนะ, คน, ว่าว)	7 จาก 298	69,432	12.90	439,061

ตารางที่ 6 สาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องและผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2557

เหตุการณ์	อัตราการเกิด	ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบ (ราย)	ร้อยละของผู้ได้รับผลกระทบ	ความเสียหายต่อครั้ง (บาท)
สภาพแวดล้อม (ธรรมชาติและสัตว์)	211 จาก 241	273,161	78.22	13,234,553
อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	28 จาก 241	43,981	12.59	1,756,244
อื่นๆ(ยานพาหนะ, คน, ว่าว)	2 จาก 241	32,101	9.19	125,446

ตารางที่ 7 สาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องและผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2558

เหตุการณ์	อัตราการเกิด	ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบ (ราย)	ร้อยละของผู้ได้รับผลกระทบ	ความเสียหายต่อครั้ง (บาท)
สภาพแวดล้อม (ธรรมชาติและสัตว์)	344 จาก 506	1,386,839	72.02	21,576,712
อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	88 จาก 506	331,826	17.23	5,519,624
อื่นๆ(ยานพาหนะ, คน, ว่าว)	74 จาก 506	207,049	10.75	4,641,502

โดยการพิจารณาหาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้อง ผู้ศึกษาได้พิจารณาปัญหาจากข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ปัญหาจากสภาพแวดล้อม โดยเป็นปัญหาที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดจากสภาพทางธรรมชาติหรือสัตว์ เป็นต้น

2. ปัญหาจากอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย โดยเป็นปัญหาที่สามารถควบคุมได้เกิดจากอุปกรณ์ในระบบที่เสียหาย เป็นต้น

3. ปัญหาอื่น ๆ โดยเป็นปัญหาที่ไม่สามารถควบคุมได้แต่สามารถสื่อสารกับผู้ที่ทำให้เกิดปัญหาได้ เช่น การก่อสร้าง ยานพาหนะหรือว่าว เป็นต้น

จากตารางที่ 4 -7 แสดงสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องรวมทั้งแสดงผลกระทบที่เกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้า ระหว่าง ปี พ.ศ. 2555-2558 พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องคือสาเหตุจากสภาพแวดล้อมโดยแสดงผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบและความเสียหายต่อครั้งได้ดังนี้

ปี พ.ศ. 2555 ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบคิดเป็นร้อยละ 67.69 และความเสียหายต่อครั้ง 11,164,694 บาท

ปี พ.ศ. 2556 ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบคิดเป็นร้อยละ 66.41 และความเสียหายต่อครั้ง 15,868,919 บาท

ปี พ.ศ. 2557 ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบคิดเป็นร้อยละ 78.22 และความเสียหายต่อครั้ง 13,234,553 บาท

ปี พ.ศ. 2558 ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบคิดเป็นร้อยละ 72.02 และความเสียหายต่อครั้ง 21,576,712 บาท

จากการศึกษาข้อมูลพบว่าเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดจากสภาพแวดล้อม คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 70 ซึ่งมากกว่าเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดจากอุปกรณ์และอื่น ๆ กว่า 3 เท่า โดยสภาพแวดล้อมที่เป็นเหตุให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องจะประกอบไปด้วยต้นไม้และกิ่งไม้ สัตว์ เช่น งู นก ค้างคาว หนูและตุ๊กแก ภัยธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า

ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้พยายามลดการเกิดระบบไฟฟ้าขัดข้อง เพื่อไม่ให้เกิดการหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเหตุต่าง ๆ โดยเน้นการบริหารจัดการการบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance: CM) [10] และ (Preventive Maintenance)

ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้เสนอแนวทางการบำรุงรักษาเพื่อลดปัญหาการขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยพิจารณาจากสาเหตุที่เกิดขึ้นเป็นหลัก ดังนี้

เหตุที่เกิดจากต้นไม้และกิ่งไม้ เช่น ต้นไม้โตแตะสาย ต้นไม้ล้มทับสาย กิ่งไม้พาดสายหรือกิ่งไม้เลื้อยมาพาดสาย ดำเนินการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance และ Proactive Maintenance โดยตัดต้นไม้และสำรวจแนวสายไฟฟ้าระบบจำหน่ายแรงสูง (ระบบจำหน่าย 22 kV และ 115 kV) และ ใช้ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อเพิ่มการดำเนินงานในช่วงที่มีความเสี่ยงเกิดเหตุขัดข้อง

กำหนดแผนอบรมและจัดทำคู่มือการตัดแต่งกิ่งไม้ตามหลักรุกขกรรมสำหรับหน่วยงานที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและดูแลสัญญาจ้างเหมาตัดกิ่งไม้ โดยกำหนดให้ผู้รับจ้างปฏิบัติตามหลักการตัดแต่งกิ่งไม้ที่ถูกต้องและเหมาะสม

บังคับใช้ระยะกำหนดความปลอดภัยระหว่างสายไฟกับต้นไม้และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัด เช่น กรณีสายไฟฟ้าแรงสูงด้านข้างต้องเว้นระยะปลอดภัย 50 เซ็นติเมตร ต่อกระแสไฟฟ้า 100 kV หรือแนวสูงเสาไฟปกติเสาสูง 10 เมตร ต้นไม้ต้องสูงไม่เกิน 7.5 เมตร เป็นต้น

ศึกษาความเป็นไปได้ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเพื่อปรับเปลี่ยนสายไฟจากแบบเปลือยให้เป็นแบบฉนวนหุ้ม 2 ชั้นและศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งตัวล็อคสายไฟเพื่อช่วยลดการแกว่งของสายไฟในพื้นที่ต้นไม้มาก

พิจารณาติดตั้ง Overhead Ground Wire เพิ่มเติมในระบบจำหน่ายแรงสูงบริเวณความเสี่ยงสูง รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขค่าความต้านทานของดินให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด พิจารณาไลน์แยกที่มีสภาพทรุดโทรมหรือเกิดปัญหาบ่อยครั้ง เป็นต้น

เหตุที่เกิดจากสัตว์ เช่น นก งู ค้างคาว หนูและตุ๊กแก เป็นต้น ดำเนินการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance และ Proactive Maintenance โดยตรวจสอบแก้ไขและติดตั้ง Snake Guard หรือ Bird Guard ในบริเวณที่อุปกรณ์ชำรุดและบริเวณที่เกิดเหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายจากสัตว์มีจำนวนครั้งมาก รวมทั้งพิจารณาการใช้ PVC ครอบหัวดร็อปเอาท์หรือบุชชิ่งแรงสูงของหม้อแปลงในพื้นที่ที่เกิดเหตุบ่อยครั้งเพื่อป้องกันสัตว์สัมผัสอุปกรณ์ดังกล่าว

เหตุที่เกิดจากอุปกรณ์ในระบบ ดำเนินการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance และ Proactive Maintenance โดยใช้ข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวกับการขัดข้องของอุปกรณ์ในการตรวจสอบและซ่อมบำรุงตามแผนซ่อมบำรุงตามมาตรฐาน พิจารณาติดตั้งดร็อปเอาท์ฟิวส์ รีโคลสเซอร์ เพิ่มเติม ตัดไลน์ระบบจำหน่ายแรงสูงหรือไลน์แยกที่เกิดเหตุขัดข้องบ่อย เป็นต้น

เหตุที่เกิดจากอื่น ๆ ดำเนินการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance และแบบ Proactive Maintenance โดยสร้างระบบการสื่อสารข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจและแนะแนวทางป้องกันให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในบริเวณที่เสี่ยงต่อการเกิดเหตุที่จะส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้อง

นอกจากการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance และ Proactive Maintenance ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสามารถควบคุมได้นั้น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังคงต้องให้ความสำคัญกับแผนการบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance: CM) สำหรับการแก้ไขปัญหาเหตุขัดข้องจากเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคควรพิจารณาเพิ่มการซักซ้อม

เกี่ยวกับการปฏิบัติตามคู่มือการปฏิบัติงานแก้ไฟฟ้าขัดข้องที่มีอยู่ให้ผู้ปฏิบัติสามารถเข้าใจตรงกัน เพื่อลดเวลาที่เกิดขึ้นของเหตุขัดข้อง ซึ่งจะทำให้สามารถคืนการใช้ไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว (Recovery)

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สาเหตุหลักการขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause Analysis) แบบ Comprehensive Scan แสดงดังรูปที่ 3 พบว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าเกิดเหตุขัดข้องจากสาเหตุหลัก 3 ประการ คือ

เหตุขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยเหตุจากต้นไม้ เหตุจากสัตว์และเหตุจากธรรมชาติ จะมีอัตราการเกิดเหตุคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 70 ของเหตุทั้งหมดที่ทำให้ระบบขัดข้อง

เหตุที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องถัดมาหรือเหตุที่เกิดจากอุปกรณ์ เช่น สายอาร์กขาด ดร็อปเอาท์ชำรุด สายตกลูกถ้วย ล่อฟ้าชำรุด เป็นต้น จะมีอัตราการเกิดเหตุร้อยละ 18 ของเหตุทั้งหมดที่ทำให้ระบบขัดข้อง

เหตุที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องลำดับสุดท้ายคือเหตุอื่น ๆ มีอัตราการเกิดเหตุร้อยละ 12 ของเหตุทั้งหมด โดยเหตุอื่น ๆ จะประกอบด้วย สิ่งแปลกปลอมที่กระทบกับระบบ เช่น ว่าว การก่อสร้าง คน ยานพาหนะ เป็นต้น

5.2 กลยุทธ์การบำรุงรักษา

จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องและรูปแบบการบำรุงรักษาของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคพบว่าในปัจจุบันมีการบำรุงรักษาระบบการจำหน่ายไฟฟ้าแบบ Preventive Maintenance และแบบ Corrective Maintenance ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ [11] และ [12] ที่ระบุว่าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าควรให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance และ Corrective Maintenance ในการศึกษานี้ได้พิจารณากลยุทธ์การบำรุงรักษาที่เหมาะสมโดยนำหลักการจัดการคุณภาพด้วย Modified Deming's PDCA มาใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานการปรับปรุงคุณภาพการบำรุงรักษา โดยมีขั้นตอน ดังนี้

(1) General : G จัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการบริหารจัดการ

(2) Plan : P กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต โครงสร้างทีมงานและความรับผิดชอบ การตั้งเป้าหมาย

(3) DO : D ดำเนินการตามกลยุทธ์

(4) Check : C ตรวจสอบสภาพดำเนินงานตามเป้าหมายที่กำหนด

(5) Action : A พิจารณาการใช้กลยุทธ์และปรับเปลี่ยนหากไม่เป็นไปตามเป้าหมาย

(6) Result : R ผลลัพธ์ที่ส่งผลให้ระบบดีขึ้น

การศึกษานี้จึงได้เสนอกลยุทธ์การบำรุงรักษาแบบ 3M 1R (3 Maintenance 1 Recovery) ดังนี้

5.2.1 Preventive Maintenance : PM คือ การวางแผนการป้องกันไว้ล่วงหน้าทำให้ไม่ต้องหยุดการใช้งานแบบฉุกเฉิน โดยการบำรุงรักษาแบบนี้จะใช้เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมบางประเภท เช่น การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ตามแผน การลดระยะทางสาย เพิ่มรีโคลสเซอร์ [13] เพิ่มสวิตช์ตัดตอน เพิ่มฟิวส์ในไลน์แยก เพิ่มคุณภาพอุปกรณ์ในระบบ เพิ่มจุดถ่ายโอนโหลดจากไลน์เมนอื่น ๆ ตัดต้นไม้ สำรวจแนวสายไฟใกล้กิ่งไม้ ตรวจสอบแนวสายไฟใกล้สิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น

5.2.2 Corrective Maintenance : CM คือ การวางแผนแบบแก้ไขหลังจากเกิดเหตุแล้ว เพื่อลดผลกระทบกับผู้ใช้ไฟฟ้า โดยการบำรุงรักษาแบบนี้จะใช้เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์ สภาพแวดล้อมและอื่น ๆ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคควรมีการเตรียมความพร้อมสำหรับการเข้าแก้ไขเหตุขัดข้องโดยปฏิบัติตามคู่มือการปฏิบัติงานแก้ไฟฟ้าขัดข้องและพิจารณาหาทางเลือกการเชื่อมต่อการจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในพื้นที่ [14] เพื่อทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับบริการอย่างต่อเนื่องควบคู่กับแผน 1R

5.2.3 Proactive Maintenance : Proac คือ การใช้ประโยชน์สูงสุดจากการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่เกิดขึ้นและนำข้อมูลทางสถิติของเหตุขัดข้องแต่ละส่วนมาเป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อหาสาเหตุและลดปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์ สภาพแวดล้อมและอื่น ๆ โดยใช้ร่วมกับระบบตรวจประเมินระบบส่งกำลังไฟฟ้าที่ต้องมีการพัฒนาให้มีความรวดเร็วและถูกต้องซึ่งจะทำให้ทราบปัญหาของระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้อย่างทันท่วงทีและดำเนินการป้องกันก่อนเกิดเหตุขัดข้องของระบบ [15] และวางแผนบำรุงรักษาแบบป้องกันให้เหมาะสมกับปัญหา โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องนำข้อมูลเหตุขัดข้องที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น ต้นไม้และสัตว์ มาพิจารณาเนื่องจากเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุดและกำหนดแผนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับช่วงเวลา(ฤดูกาล) หรือพื้นที่ของเหตุที่เกิดอย่างเหมาะสม

5.2.4 Recovery คือ การวางแผนบริหารจัดการเพื่อตอบสนองปัญหาที่เกิดให้ทันท่วงที ลดเวลาที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า พิจารณาการจัดกลุ่มงานซ่อมบำรุงที่สามารถทำควบคู่กันได้ โดยไม่ต้องรอเวลาการทำก่อนหรือหลัง เช่น การเตรียมเครื่องมือสำหรับแก้ระบบไฟฟ้าที่เหมาะสมและใช้ได้ทันทีประจำรถซ่อมบำรุงเพื่อลดเวลาการรอเครื่องมือเมื่อเกิดเหตุ หรือการดำเนินการขอแบบและเบิกอะไหล่ในเวลาพร้อมกันเพื่อลดเวลาการปฏิบัติงานหรือการจัดจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงที่เหมาะสมกับช่วงเวลาที่เกิดเหตุ (ตามข้อมูลสถิติ) เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2558). **รายงานประจำปี 2558**. กรุงเทพฯ.

[2] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2558). **บันทึกรายงานผลการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI , SAIDI) ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและ 12 เมืองใหญ่สะสม 4 เดือน(ม.ค. – เม.ย.2558).**

[3] Volkanovski, A., Cepin, M., & Mavko, B. (2009**).** Application of the fault tree Analysis for assessment of power system reliability. *Reliability Engineering and System Safety*.94(6).1116-1127

[4] Inchant, R. (2008). **Strategic management model for an organization management.** Bulletin of the Engineering Institute of Thailand. 5: 13.

[5] PDCA หัวใจสำคัญของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง. สืบค้น 20 พฤศจิกายน 2561. จาก https://www.ftpi.or.th/2015/2125

[6] เทคนิคการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสี่ยง ภาค 2 (Risk Root cause analysis). สืบค้น 20 พฤศจิกายน 2561, จาก http://eiamsri.wordpress.com/tag/root-cause-analysis/

[7] ก่อเกียรติ บุญชูกุศล. (2552). **หลักการบำรุงรักษา.** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] Jiang, K., & Singh, C. (2009). **The concept of power unit zone in power system reliability evaluation including protection system failures**. in 2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, Seattle,Washington, 15-18 March 2009.

[9] สถาบันวิจัยพลังงาน. (2544). **การศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

[10] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2559). **คู่มือการปฏิบัติงานแก้ไขไฟฟ้าขัดข้อง 59.** กรุงเทพฯ.

[11] Hilber, P. (2008). Maintenance optimization for power distribution systems. (Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden).

[12] Adoghe, A.U. (2010). Reliability Centered maintenance (RCM) for asset manangement in electric power distribution system. (Doctoral Thesis, University OTA, Ogun State, Nigeria).

[13] Dorji, T. (2009). Reliability assessment of distribution systems. (Master of Science in Electric Power Engineering Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway).

[14] Keith, E. C., & Benjamin, F. H. (2007). Benefit-cost analysis of large-scale transmission for renewable generation: Principles & California case study. in 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, Florida, 24-28 June 2007.

[15] Kilter, J., & Reinson, A. (2008). Integration of wide area monitoring technology and enhancement of power system reliability in Baltic power system. in 2008 Power Quality and Supply Reliability Conference, Parnu, Estonia, 27-29 Aug. 2008.

ผลงานวิจัยของนักเรียนนายเรืออากาศ ประจำปีการศึกษา 2562

สาขาวิชาวิศวกรรมอากาศยาน

1. การออกแบบเชิงหลักการอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กสมรรถนะสูง ขึ้นลงทางดิ่งเพื่อส่งกำลังบำรุง

ผู้วิจัย : นนอ.ฐิติพันธ์ วงศ์กังแห , นนอ.ศิธา แตงมีแสง , นนอ.ชยพล หน่อแก้วมูล

2. การทดสอบภาคพื้นของระบบอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อปฏิบัติภารกิจทางยุทธวิธี

ผู้วิจัย : นนอ.กมลชาติ เลิศชาญวิวัฒน์ , นนอ.ปองพล จุ่นหัวโทน , นนอ.วริทธิ์ธร เพ็ชราช , นนทรัตน์ สท้านไผท

3. การทดสอบหาสมรรถนะด้านระยะเวลาของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบไร้หาง

ผู้วิจัย : นนอ.อัครวิทย์ มั่งสุข , นนอ.เทพวินทร์ โรจนพิสิฐ , นนอ.ภานุภัทร ทองน้อย

4. การศึกษาเพื่อการออกแบบเชิงหลักการของอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์บินสูงเหมือนดาวเทียม

ผู้วิจัย : นนอ.ธนาตย์ วณิชดิลกกุล , นนอ.ภูนรินทร์ ศรีสมัย , นนอ.ปรมัตถ์ กลยณีย์ , นนอ.ศาศวัต ตันสกุล

5. การทบทวนแผนแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับทางยุทธวิธีอ้างอิงตามข้อกำหนดความสมควรเดินอากาศ

ผู้วิจัย : นนอ.ปฐวี เพ่งเล็งดี , นนอ.สิรวิชญ์ ถิระสิทธิวัฒน์ , นนอ.ศิรชัช ศิริอังคณา , นนอ.สุวพิชย จารุปกร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

1. ระบบสร้างแผนที่ 3 มิติจากการประสานข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและเซ็นเซอร์วัดระยะทางจากแสง

ผู้วิจัย : นนอ.ภานุพงศ์ สว่างแสง , นนอ.นันทวุฒิ นนทะมาลย์ , นนอ.อภิชาต คล่องแคล่ว

2. การประยุกต์ใช้วิทยุซึ่งออกแบบโดยซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจจับอากาศยาน

ผู้วิจัย : นนอ.ธีรพงษ์ จามลิกุล , นนอ.ณัชพงศ์ เดชะสุวรรณ , นนอ.ฉัตรมงคล อยู่เป็นสุข

3. ปัญญาประดิษฐ์สำหรับความปลอดภัยทางเครือข่ายไฟเบอร์

ผู้วิจัย : นนอ.ภาณุพันธ์ แสงงาม , นนอ.ชวิน เชาวน์ศิริ , นนอ.กษิดิ์ชัย นามโย

4. การยืนยันผลการทดลองของระบบควบคุมดาวเทียม

ผู้วิจัย : นนอ.ธิเบษศร์ พรรวินท์วรกุล , นนอ.หฤษฎ์ จันทรวงศ์กุล , นนอ.คณิน สำลีขาว

5. ระบบติดต่อสื่อสารระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับสถานีภาคพื้นผ่านทางระบบดาวเทียม

ผู้วิจัย : นนอ.ธนบดี จันทร์กระจ่าง , นนอ.ฐปพล ด่านตระกูล , นนอ.บดีพล มั่นคง

6. อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กสำหรับภารกิจการลาดตระเวนและการส่งวีดีทัศน์แบบเรียลไทม์

ผู้วิจัย : นนอ.ณัฐกิจ ฝักเครือ , นนอ.ศรุฒ สัตยสัณห์สกุล , นนอ.อมเรศ เกตุประจักษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

1. การวิจัยและพัฒนาความแม่นยำของโปรแกรมระบุตำแหน่งเป้าหมายบนภูมิประเทศจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กด้วยระบบการภาพ

ผู้วิจัย : นนอ.ปุณยวีร์ ป้องสีดา , นนอ.วสุพล บรรพต

2. การพัฒนาเครื่องหั่นผักตบชวาอรรถประโยชน์ทางการปศุสัตว์และผลิตก้อนเชื้อเพลิง

ผู้วิจัย : นนอ.พงษ์ศิริ พงษ์ไพร , นนอ.พัฒนะ หลายวิวัฒน์ , นนอ.ศิรสิทธิ์ ชาครียสกุล

3. การศึกษากังหันลมแนวดิ่งเพื่อเก็บกระแสไฟฟ้าตามแนวถนน

ผู้วิจัย : นนอ.อภินัทธ์ ศิริคง , นนอ.ศุภกิตติ์ จันทร์ตรี , นนอ.กิติพัฒน์ จันทวิโรจน์

ปีที่ 15 มกราคม - ธันวาคม 2562

4.อุปกรณ์จำลองสภาพอวกาศ

ผู้วิจัย : นนอ.รวิภาส รพิพันธุ์ , นนอ.ศุภฤทธิ์ จันต๊ะ

วิชาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

1. การใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับเคลื่อนการพัฒนาแผนที่ดิจิตอลกรณีศึกษาพื้นที่กองการศึกษาโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

ผู้วิจัย : นนอ.ฐนัท บูรณเบญญา , นนอ.อานนท์ ศรีประเสริฐ , นนอ.กันต์ธร กองบิน

2. การพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขโต๊ะทำงานต้นแบบเดิมตามหลักเออร์กอนอมิกส์ ของอาจารย์กองการศึกษาโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

ผู้วิจัย : นนอ.ภรภัทร แทนบุญ , นนอ.ศิวกร ทองรอด , นนอ.กิตติธัช แสงทอง

3. การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแจกจ่ายยาในห้องจ่ายยาผู้ป่วยนอก อาคารคุ้มเกศ กองเภสัชกรรม โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

ผู้วิจัย : นนอ.วันฉัตร กาญจนสหัส , นนอ.ธนาธิป เกตุย้อย , นนอ.ศันทนะ จารยะพันธุ์

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์

1. การตรวจจับวัตถุจากข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากอากาศยาน

ผู้วิจัย : นนอ.จิรภัทร ปัดภัย , นนอ.อมลณัฐ เหมรักษ์ , นนอ.ศุภวิชญ์ ดีชัย

2. ตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการตรวจจับเครื่องบิน จากภาพถ่ายทางอากาศด้วย เทนเซอร์โฟล์ เอพีไอ

ผู้วิจัย : นนอ.ภูดิศ โยนจอหอ , นนอ.ธนวัฒน์ ทองแก้ว , นนอ.อภิชัย ยิ้มเจริญ

3. การพัฒนาดิจิตอลแพลตฟอร์มการเสริมสร้างความตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์สำหรับนักเรียนนายเรืออากาศ

ผู้วิจัย : นนอ.เสฏฐวุฒิ กนกอุดม , นนอ.ไกรวี สิริฤกษ์สกุล , นนอ.ภูมินทร์ แวววงษ์

4. การพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลครุภัณฑ์กองการศึกษา

ผู้วิจัย : นนอ.วัชรินทร์ ศิริคุณ , นนอ.สุทธิกูล เตวิรัตน์ , นนอ.ศิณัฐ พัวบัณฑิตกุล

5. การพัฒนาโปรแกรมการจัดการการใช้ยานพาหนะในภารกิจกรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์

ผู้วิจัย : นนอ.วิชชากร เกิดผล , นนอ.พิชญุตม์ กวยะปาณิก , นนอ.พิชาภพ ขุนณรงค์

6. การพัฒนาระบบควบคุมยานพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีไลน์แทร็กกิง

ผู้วิจัย : นนอ.นพชัย โคตรสาขา , นนอ.พงศธร อินต๊ะวงศ์ , นนอ.กฤติน ชลสินธุ์

สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ทางการทหารและอากาศยาน

1. การศึกษาการส่งผ่านความร้อนตามชนิดของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัย : นนอ.ณัฐ ธานุมณฑล , นนอ.ชยุต ชูชาติพงษ์

2. การถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

ผู้วิจัย : นนอ.ขัตติยะ เพียรดี , นนอ.สรรเพชร อ่วมทับ

3. การดูดซับตะกั่วไอออนด้วยถ่านกัมมันต์จากฝักคูน

ผู้วิจัย : นนอ.อติชาติ เป้าสำลี , นนอ.ธนกร ต๊ะมูล

4. การศึกษาการหาค่าความแข็งการดัดสำหรับวัสดุอากาศยานขนาดเล็กแบบปีกกระพือ

ผู้วิจัย : นนอ.กันต์ จุลทะกาญจน์ , นนอ.ยศพล คำพวง

ผลงานวิจัยของนักเรียนนายเรืออากาศ ประจำปีการศึกษา 2562

สาขาวิชาวิศวกรรมอากาศยาน

1. การออกแบบเชิงหลักการอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กสมรรถนะสูง ขึ้นลงทางดิ่งเพื่อส่งกำลังบำรุง

ผู้วิจัย : นนอ.ฐิติพันธ์ วงศ์กังแห , นนอ.ศิธา แตงมีแสง , นนอ.ชยพล หน่อแก้วมูล

2. การทดสอบภาคพื้นของระบบอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อปฏิบัติภารกิจทางยุทธวิธี

ผู้วิจัย : นนอ.กมลชาติ เลิศชาญวิวัฒน์ , นนอ.ปองพล จุ่นหัวโทน , นนอ.วริทธิ์ธร เพ็ชราช , นนทรัตน์ สท้านไผท

3. การทดสอบหาสมรรถนะด้านระยะเวลาของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบไร้หาง

ผู้วิจัย : นนอ.อัครวิทย์ มั่งสุข , นนอ.เทพวินทร์ โรจนพิสิฐ , นนอ.ภานุภัทร ทองน้อย

4. การศึกษาเพื่อการออกแบบเชิงหลักการของอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์บินสูงเหมือนดาวเทียม

ผู้วิจัย : นนอ.ธนาตย์ วณิชดิลกกุล , นนอ.ภูนรินทร์ ศรีสมัย , นนอ.ปรมัตถ์ กลยณีย์ , นนอ.ศาศวัต ตันสกุล

5. การทบทวนแผนแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับทางยุทธวิธีอ้างอิงตามข้อกำหนดความสมควรเดินอากาศ

ผู้วิจัย : นนอ.ปฐวี เพ่งเล็งดี , นนอ.สิรวิชญ์ ถิระสิทธิวัฒน์ , นนอ.ศิรชัช ศิริอังคณา , นนอ.สุวพิชย จารุปกร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

1. ระบบสร้างแผนที่ 3 มิติจากการประสานข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและเซ็นเซอร์วัดระยะทางจากแสง

ผู้วิจัย : นนอ.ภานุพงศ์ สว่างแสง , นนอ.นันทวุฒิ นนทะมาลย์ , นนอ.อภิชาต คล่องแคล่ว

2. การประยุกต์ใช้วิทยุซึ่งออกแบบโดยซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจจับอากาศยาน

ผู้วิจัย : นนอ.ธีรพงษ์ จามลิกุล , นนอ.ณัชพงศ์ เดชะสุวรรณ , นนอ.ฉัตรมงคล อยู่เป็นสุข

3. ปัญญาประดิษฐ์สำหรับความปลอดภัยทางเครือข่ายไฟเบอร์

ผู้วิจัย : นนอ.ภาณุพันธ์ แสงงาม , นนอ.ชวิน เชาวน์ศิริ , นนอ.กษิดิ์ชัย นามโย

4. การยืนยันผลการทดลองของระบบควบคุมดาวเทียม

ผู้วิจัย : นนอ.ธิเบษศร์ พรรวินท์วรกุล , นนอ.หฤษฎ์ จันทรวงศ์กุล , นนอ.คณิน สำลีขาว

5. ระบบติดต่อสื่อสารระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับสถานีภาคพื้นผ่านทางระบบดาวเทียม

ผู้วิจัย : นนอ.ธนบดี จันทร์กระจ่าง , นนอ.ฐปพล ด่านตระกูล , นนอ.บดีพล มั่นคง

6. อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กสำหรับภารกิจการลาดตระเวนและการส่งวีดีทัศน์แบบเรียลไทม์

ผู้วิจัย : นนอ.ณัฐกิจ ฝักเครือ , นนอ.ศรุฒ สัตยสัณห์สกุล , นนอ.อมเรศ เกตุประจักษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

1. การวิจัยและพัฒนาความแม่นยำของโปรแกรมระบุตำแหน่งเป้าหมายบนภูมิประเทศจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กด้วยระบบการภาพ

ผู้วิจัย : นนอ.ปุณยวีร์ ป้องสีดา , นนอ.วสุพล บรรพต

2. การพัฒนาเครื่องหั่นผักตบชวาอรรถประโยชน์ทางการปศุสัตว์และผลิตก้อนเชื้อเพลิง

ผู้วิจัย : นนอ.พงษ์ศิริ พงษ์ไพร , นนอ.พัฒนะ หลายวิวัฒน์ , นนอ.ศิรสิทธิ์ ชาครียสกุล

3. การศึกษากังหันลมแนวดิ่งเพื่อเก็บกระแสไฟฟ้าตามแนวถนน

ผู้วิจัย : นนอ.อภินัทธ์ ศิริคง , นนอ.ศุภกิตติ์ จันทร์ตรี , นนอ.กิติพัฒน์ จันทวิโรจน์

ปีที่ 15 มกราคม - ธันวาคม 2562

4.อุปกรณ์จำลองสภาพอวกาศ

ผู้วิจัย : นนอ.รวิภาส รพิพันธุ์ , นนอ.ศุภฤทธิ์ จันต๊ะ

วิชาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

1. การใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับเคลื่อนการพัฒนาแผนที่ดิจิตอลกรณีศึกษาพื้นที่กองการศึกษาโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

ผู้วิจัย : นนอ.ฐนัท บูรณเบญญา , นนอ.อานนท์ ศรีประเสริฐ , นนอ.กันต์ธร กองบิน

2. การพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขโต๊ะทำงานต้นแบบเดิมตามหลักเออร์กอนอมิกส์ ของอาจารย์กองการศึกษาโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

ผู้วิจัย : นนอ.ภรภัทร แทนบุญ , นนอ.ศิวกร ทองรอด , นนอ.กิตติธัช แสงทอง

3. การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแจกจ่ายยาในห้องจ่ายยาผู้ป่วยนอก อาคารคุ้มเกศ กองเภสัชกรรม โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

ผู้วิจัย : นนอ.วันฉัตร กาญจนสหัส , นนอ.ธนาธิป เกตุย้อย , นนอ.ศันทนะ จารยะพันธุ์

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์

1. การตรวจจับวัตถุจากข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากอากาศยาน

ผู้วิจัย : นนอ.จิรภัทร ปัดภัย , นนอ.อมลณัฐ เหมรักษ์ , นนอ.ศุภวิชญ์ ดีชัย

2. ตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการตรวจจับเครื่องบิน จากภาพถ่ายทางอากาศด้วย เทนเซอร์โฟล์ เอพีไอ

ผู้วิจัย : นนอ.ภูดิศ โยนจอหอ , นนอ.ธนวัฒน์ ทองแก้ว , นนอ.อภิชัย ยิ้มเจริญ

3. การพัฒนาดิจิตอลแพลตฟอร์มการเสริมสร้างความตระหนักรู้ด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์สำหรับนักเรียนนายเรืออากาศ

ผู้วิจัย : นนอ.เสฏฐวุฒิ กนกอุดม , นนอ.ไกรวี สิริฤกษ์สกุล , นนอ.ภูมินทร์ แวววงษ์

4. การพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลครุภัณฑ์กองการศึกษา

ผู้วิจัย : นนอ.วัชรินทร์ ศิริคุณ , นนอ.สุทธิกูล เตวิรัตน์ , นนอ.ศิณัฐ พัวบัณฑิตกุล

5. การพัฒนาโปรแกรมการจัดการการใช้ยานพาหนะในภารกิจกรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์

ผู้วิจัย : นนอ.วิชชากร เกิดผล , นนอ.พิชญุตม์ กวยะปาณิก , นนอ.พิชาภพ ขุนณรงค์

6. การพัฒนาระบบควบคุมยานพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีไลน์แทร็กกิง

ผู้วิจัย : นนอ.นพชัย โคตรสาขา , นนอ.พงศธร อินต๊ะวงศ์ , นนอ.กฤติน ชลสินธุ์

สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ทางการทหารและอากาศยาน

1. การศึกษาการส่งผ่านความร้อนตามชนิดของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัย : นนอ.ณัฐ ธานุมณฑล , นนอ.ชยุต ชูชาติพงษ์

2. การถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

ผู้วิจัย : นนอ.ขัตติยะ เพียรดี , นนอ.สรรเพชร อ่วมทับ

3. การดูดซับตะกั่วไอออนด้วยถ่านกัมมันต์จากฝักคูน

ผู้วิจัย : นนอ.อติชาติ เป้าสำลี , นนอ.ธนกร ต๊ะมูล

4. การศึกษาการหาค่าความแข็งการดัดสำหรับวัสดุอากาศยานขนาดเล็กแบบปีกกระพือ

ผู้วิจัย : นนอ.กันต์ จุลทะกาญจน์ , นนอ.ยศพล คำพวง

✈ ข้อกำหนดในการส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ ✈

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

NKRAFA Journal of Science and Technology

กองบรรณาธิการได้กำหนดรูปแบบข้อกำหนดในการส่งบทความเพื่อพิจารณาดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ประเภทของงานที่รับพิจารณาเพื่อลงตีพิมพ์ จะต้องเป็นงานที่อยู่ในกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ยังไม่เคยถูกเผยแพร่ โดยแบ่งประเภทของงานออกเป็น 2 ประเภท คือ บทความวิจัย (Research Articles) และบทความวิชาการ (Academic Articles)
2. การเขียนบทความและการเตรียมต้นฉบับ ดูตัวอย่างได้ที่เวปไซต์ของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช **http://www.nkrafa.ac.th** เข้าไปที่ **<u>วารสารวิชาการ รร.นนก.</u>** หรือ **https://www.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-sct/index**

    2.1 สามารถเขียนเป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษได้ โดยมีบทคัดย่อทั้งสองภาษา เป็นภาษาวิชาการที่ถูกต้อง และยึดหลักการใช้คำศัพท์ตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน

    2.2 ต้นฉบับต้องพิมพ์แบบหน้าเดียวลงบนกระดาษขาว A4 แบ่งเป็น 2 คอลัมน์ (ยกเว้นชื่อเรื่อง บทคัดย่อ Abstract (ไทย อังกฤษ) พิมพ์เต็มความกว้างของหน้ากระดาษ เว้นขอบด้านบน 2.6 ซ.ม. หรือ 1.02 นิ้ว และขอบด้านล่าง 2.3 ซม.หรือ 0.91 นิ้ว ขอบด้านซ้าย 3.0 ซม. หรือ 1.18 นิ้ว และขอบด้านขวา 2.1 ซม.หรือ 0.83 นิ้ว ใช้รูปแบบตัวอักษร Angsana new ทั้งหมด และพิมพ์ห่างบรรทัดเดียว โดยบทความแต่ละเรื่องมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

    2.2.1 **ชื่อเรื่องบทความ** (Title) ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตามลำดับ **ตัวอักษรหนาขนาด 18** อยู่กลางหน้ากระดาษ และตัวอักษรตัวแรกของภาษาอังกฤษพิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่

    2.2.2 **ชื่อผู้เขียน** (Authors) ใช้ชื่อ-นามสกุลเต็ม ไม่ต้องระบุยศ หรือตำแหน่งวิชาการใด ๆ ใช้**อักษรตัวหนาขนาด 15** บรรทัดต่อมาให้ระบุรายละเอียดของต้นสังกัดและที่อยู่ของผู้เขียน และ E-mail **ใช้ตัวอักษรปกติขนาด 14** ไว้กลางหน้า

    2.2.3 **บทคัดย่อ** (Abstract) ให้เขียนภาษาไทย ตามด้วยภาษาอังกฤษ ใช้**ตัวอักษรหนาขนาด 15** คำว่าบทคัดย่อ และ Abstract ให้จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ พิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ขอบเขต วิธีการ ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ ไม่ควรเกิน 15 บรรทัด จัดชิดขอบซ้ายขวา บรรทัดแรกย่อหน้า 1.25 ซ.ม.

    2.2.4 **คำสำคัญ** (Keywords) ให้เขียนทั้งภาษาไทยและอังกฤษจำนวน 3-5 คำ **อักษรปกติขนาด 15** โดยระบุไว้ท้ายบทคัดย่อ ส่วนที่เป็นชื่อหัวข้อ **"คำสำคัญ :" "Keywords :" ให้ใช้ตัวอักษรหนา**

    2.2.5 **เนื้อความ** (Text) พิมพ์เป็น 2 คอลัมน์ **ใช้อักษรปกติขนาด 14** จัดชิดขอบซ้ายขวาตรงกัน และการย่อหน้าถ้ามีการย่อหน้าย่อยหลายครั้งให้จัดย่อหน้าตรงกับข้อความที่ต่อจากหมายเลข ส่วนที่เป็นหัวข้อต้องพิมพ์ด้วยตัวอักษรหนา ชิดขอบกระดาษด้านซ้าย ดังนี้

1. ความสำคัญของปัญหา

จากสภาพทางเศรษฐกิจของประเทศ.....

ประกอบด้วย

1.1เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในที่นี้.....

.....

2.2.5.1 **บทความวิจัย (Research Articles)** ประกอบด้วย ความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์ นิยามศัพท์ กรอบแนวคิด สมมติฐาน ระเบียบวิธีวิจัย ผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ (แหล่งเงินทุนที่ได้รับ) เอกสารอ้างอิง

2.2.5.2 **บทความวิชาการ (Academic Articles)** ประกอบด้วย บทนำ เนื้อความ ซึ่งประกอบไปด้วย การทบทวนทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการดำเนินการ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ ๆ บทสรุป กิตติกรรมประกาศ (แหล่งเงินทุนที่ได้รับ) เอกสารอ้างอิง

2.2.6 **รูป ตาราง** (Figure, Table) ให้แสดงหลังข้อมูลที่กล่าวถึง หรือ จบหัวข้อนั้น ๆ และสามารถวางรูปหรือตารางที่มีขนาดใหญ่ให้ครอบคลุมพื้นที่ของ 2 คอลัมน์ได้ ให้ระบุหมายเลขลำดับของรูป ตาราง ในบทความด้วย**ตัวอักษรปกติขนาด 14** โดย

2.2.6.1 **รูป** ใช้คำว่า **รูปที่ X** มีข้อความสั้น ๆ ประกอบ วางด้านล่างของรูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

2.2.6.2 **ตาราง** ใช้คำว่า **ตาราง ที่ X** มีข้อความสั้น ๆ ประกอบ วางด้านบนของตาราง จัดชิดขอบซ้ายของกระดาษ

3. **การเขียนเอกสารในเนื้อหา** ให้ใช้ระบบหมายเลข (Number System) ตามลำดับการอ้างอิงก่อนหลัง โดยให้ใส่เลขในวงเล็บ [ ] ท้ายข้อความอ้างอิงในเนื้อหาของบทความ และนำตัวเลขอ้างอิง มาเขียนรายละเอียดในหัวข้อเอกสารอ้างอิง ตัวอย่างเช่น

....อนุรักษ์ โชติดิลก (2560: 50-62) และบุญชม ศรีสะอาด (2561: 20-24) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย พบว่า ..... [1],[2]

การเขียนเอกสารอ้างอิงตามระบบ APA

3.1 การอ้างอิงจากหนังสือทั่วไป

รูปแบบ ชื่อผู้แต่ง./(ปีที่พิมพ์)./**ชื่อหนังสือ.**/ครั้งที่พิมพ์(พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป)./เมืองที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง [1] สุพักตร์ พิบูลย์. (2547). **กลยุทธ์การวิจัยเพื่อพัฒนางานวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จตุพร ดีไซน์.

[2] Gilbert, A., & Gnglir, J. (1982). **Cities Proverty and Development Urbanization in the Third World.** London: Oxford University Press.

3.2 การอ้างอิงจากวารสารในวารสาร

รูปแบบ ชื่อผู้แต่ง./(ปีที่พิมพ์)./ชื่อบทความ./*ชื่อวารสาร*,/ปีที่(ฉบับที่):/เลขหน้า.

ตัวอย่าง [3] อนุรักษ์ โชติดิลก. (2559). ตัวแบบการพัฒนาผู้นำที่เหมาะสมในสถานการณ์วิกฤติ. *วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ,* 7(1): 31-37.

[4] Doloi, H., Sawhney, A., & Iyer, K.C. (2012). Structural equation model for investigating factors affecting delay in Indian construction projects. *Construction Management and Economics,* 30: 869-884.

3.3 การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์

รูปแบบ ชื่อผู้เขียนวิทยานิพนธ์./(ปีที่พิมพ์)./ชื่อวิทยานิพนธ์./(ชื่อวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต หรือ วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต,/ชื่อสถาบันการศึกษา)

[5] นรีรัตน์ บุตรบุญปั้น. (2555).ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาสถาบัน การพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

[6] Nickel, D.W. (2005). The Relationship between IT-Business Alignment and Organizational Culture: An Exploratory Study. (Doctoral Dissertation, University of Memphis)

3.4 การอ้างอิงจากบทสัมภาษณ์

รูปแบบ ชื่อผู้สัมภาษณ์./(วัน เดือน ปีที่สัมภาษณ์)./ตำแหน่ง(ถ้ามี)./สัมภาษณ์.

[7] ชวน หลีกภัย. (19 พฤษภาคม 2541). นายกรัฐมนตรี. สัมภาษณ์.

[8] Ross, R. (1980, May 5). Associate Director, Cornell University Libraries. Interview.

3.5 การอ้างอิงจากสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ ชื่อผู้แต่ง./(ปีที่พิมพ์)./ชื่อบทความ. สืบค้น วัน เดือน ปี,/จาก http://www.xxxxxxx

[9] อนุรักษ์ โชติดิลก. (2559). ตัวแบบการพัฒนาผู้นำที่เหมาะสมในสถานการณ์วิกฤติ. สืบค้น 2 สิงหาคม 2561, จาก https://www.tci-thaijo.org

[10] CNN Wire Staff. (2011). How U.S. forces killed Osama bin Laden. Retrived on July 10, 2011, from http://www.cnn.com

3.6 การอ้างอิงจากเอกสารการประชุมวิชาการที่พิมพ์เป็นรูปเล่ม (Conference paper)

รูปแบบ ชื่อผู้แต่ง./(ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ หรือ ชื่อเรื่องของบท./ใน หรือ In ชื่อบรรณาธิการ(บ.ก./หรือ Ed. หรือ Eds.),/ชื่อการประชุม(เลขหน้า)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.

[11] ชัชพล มงคลิก. (2552). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการจัดตารางการผลิตแบบพหุเกณฑ์: กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา. ใน การประชุมวิชาการการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 5(45-47). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[12] Krongtaew, C., Messner, K., Hinterstoisser, B. & Fackler, K. (2010). Lignocellulosic Structural Chang After Physico-Chemical Pretreatment Monitored by Near Infrared Spectroscopy. In Saranwong, S.Kasemsumran, S., Thanapase, W., & Williams, p.,(Eds.), Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 14th International Conference(193-198). West Sussex, UK: IMP.

หมายเหตุ : แหล่งอ้างอิงควรเป็นแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบได้ บทความภาษาอังกฤษที่มีการอ้างอิงเอกสารภาษาไทย ต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษและใช้วงเล็บว่า (in Thai) เช่น Office of Industrial Economics, Ministry of Industry. (2016). Strategic Plan for Industry Development 4.0 (2017-2026). Retrieved on October 3, 2017, from http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments.pdf. (in Thai)

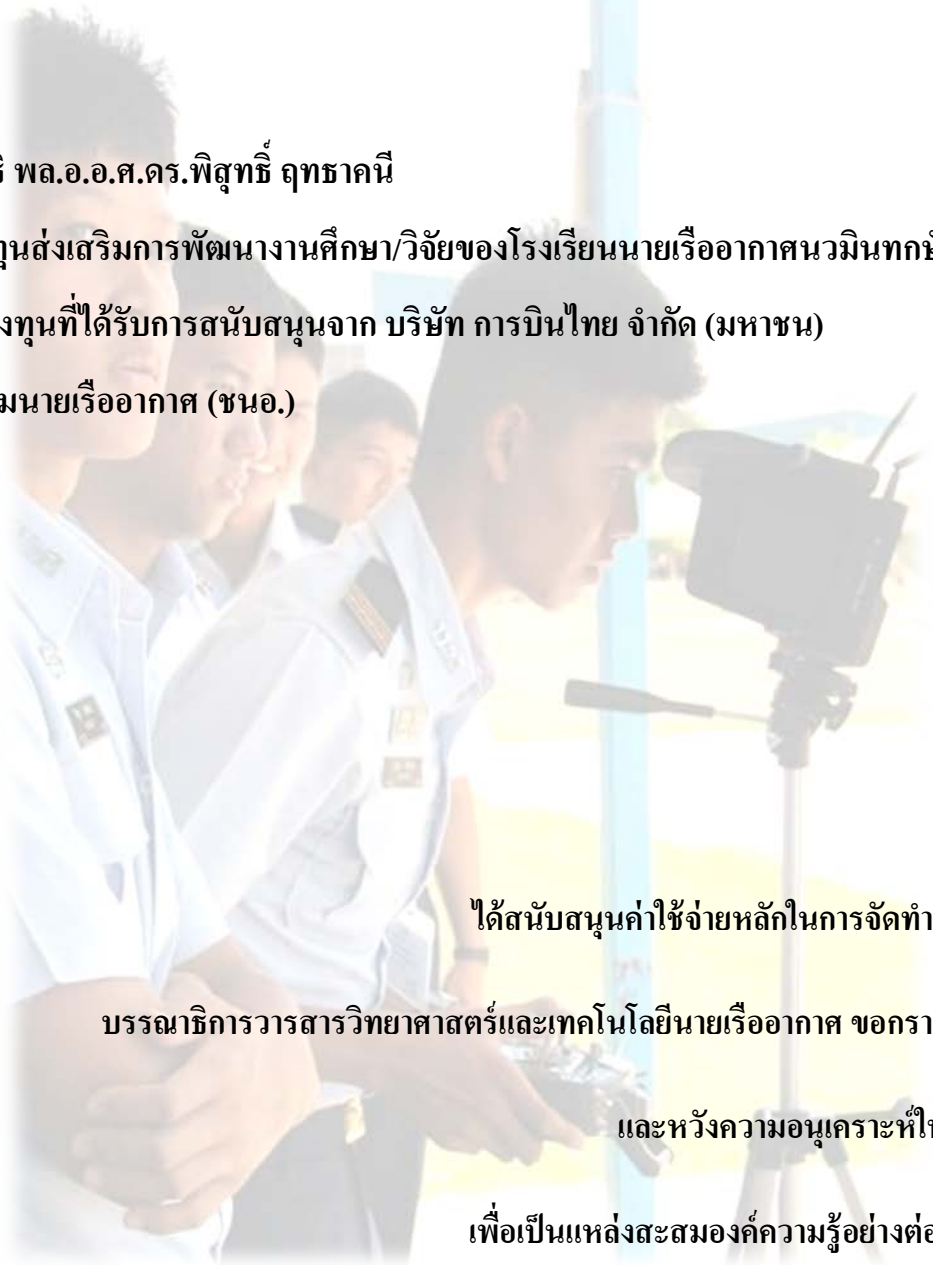
4. **การพิจารณาและประเมินผลบทความ** บทความทุกเรื่องจะถูกพิจารณาและประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน เป็นการประเมินแบบสองทาง (Double-Blind Review) กล่าวคือ จะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ และจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้ส่งบทความทราบ และการรับลงตีพิมพ์บทความนั้นต้องผ่านการประเมินให้ผ่านอย่างน้อย 2 ท่านขึ้นไป จึงลงตีพิมพ์ได้ โดยให้ผู้ส่งบทความติดตามสถานะทางช่องทาง Online ที่ส่งบทความ
5. **บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ** จะต้องเป็นบทความที่**ไม่**ลอกเลียนบทความอื่น หรือ ลอกเลียนบทความของตนเองที่เคยตีพิมพ์ไว้แล้ว และเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ซึ่งลิขสิทธิ์ของบทความต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ จะถือเป็นกรรมสิทธิ์ของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ห้ามนำข้อความไปพิมพ์ซ้ำ เว้นเสียแต่ว่าได้ระบุการอ้างอิง (Citation) เป็นลายลักษณ์อักษร และความรับผิดชอบเนื้อหาของต้นฉบับที่ลงตีพิมพ์นั้นจะต้องเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ปีที่ 15 มกราคม – ธันวาคม พ.ศ.2562 ฉบับนี้ สามารถออกสู่สายตาทุกท่านได้ เพราะมีแหล่งสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่าง ๆ

จนสำเร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำวารสาร

ในนามของบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ

- มูลนิธิ พล.อ.อ.ศ.ดร.พิสุทธิ์ ฤทธาคนี
- กองทุนส่งเสริมการพัฒนางานศึกษา/วิจัยของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช (กองทุนที่ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)
- ชุมนุมนายเรืออากาศ (ชนอ.)



ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายหลักในการจัดทำวารสารฉบับนี้

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ขอกราบขอบพระคุณ

และหวังความอนุเคราะห์ในฉบับต่อ ๆ ไป

เพื่อเป็นแหล่งสะสมองค์ความรู้อย่างต่อเนื่องตลอดไป

YEAR 15
January - December 2019

NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY