



วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College

ISSN 2392-5701

ปีที่ 9 ฉบับที่ 2, กรกฎาคม – ธันวาคม 2565 / Vol. 9, No. 2, July - December 2022

บทความวิจัย	หน้า
1. การพัฒนาระบบสารดูดซับน้ำบาดาลน้ำดื่มพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน ศราวุธ จิตรพัฒนากุล กฤษณะ จันทสิทธิ์ และธีรวัฒน์ ชื่นอัครดงคด	1
2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล พิศิษฐ์ ชำนาญนา	14
3. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ในประเทศไทย ปณิธิ นาก่อนทอง และ พีรณิธิ อักษร	26
4. การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในอำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี นุชรรัตน์ นุชประยูร และจิตตภา พูลวัน	36
5. การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนในระบบปรับอากาศโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บ ประจุเกิดการเสื่อมสภาพ สงกรานต์ ภารกุล ก้าวจิต ใจตรง ประสงค์ศักดิ์ สองศรี และทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล	50
6. การพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว ศุภมาส ผกาภาส	62
7. การพัฒนารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของ อุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ โยธิน ทองขาวนา และศิริพร สัจจามันท์	73
8. กำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก วสันต์ เขียวสุวรรณ อภินันท์ ภูเก้าล้วน และ ปฐมศก วิไลพล	86

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College

ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2565): Vol. 9 No. 2 (July - December 2022)

Print-ISSN: 2392-5701

วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม จัดทำโดย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม เพื่อเป็นสื่อในการเผยแพร่ผลงานวิจัย ความรู้และวิทยาการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยวารสารเปิดรับ บทความจากภายในและภายนอก รวมถึงต่างประเทศ แบบเต็มรูปแบบ (Full Paper) รวมถึงบทความวิชาการ (Review Articles) บทความ ที่เสนอมาอาจเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน และเป็นข้อคิดเห็น ของผู้ส่งบทความ นอกจากนี้อัตราการคัดลอกในระบบต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 5 เท่านั้น

วัตถุประสงค์ เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้มีการเขียนผลงานทางวิชาการ เผยแพร่ผลงานทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และนักศึกษาทั้งภายในและภายนอก รวมทั้งเป็นสื่อกลางทางการศึกษา ค้นคว้า และเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ

จุดมุ่งหมาย เป็นศูนย์กลางเพื่อสนับสนุน ถ่ายทอด องค์ความรู้ และเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และการวิจัยที่มีคุณภาพให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคม ชุมชน ส่วนรวมของประเทศได้อย่างต่อเนื่องในวารสารรูปแบบสิ่งพิมพ์ และวารสาร อิเล็กทรอนิกส์

เงื่อนไข/ข้อกำหนด

1. รับต้นฉบับบทความที่เป็นไปตามเกณฑ์ รูปแบบ มาตรฐาน และแนวปฏิบัติที่วารสารกำหนดไว้ โดยผ่านความเห็นชอบจากวารสารแล้วเท่านั้น (ไม่รับต้นฉบับบทความที่ไม่เป็นไปตามที่ระบุไว้)
2. บทความที่ส่งขอรับการพิจารณาจะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในขั้นตอน พิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น
3. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้แต่ง/ผู้พิมพ์/ผู้เขียน เท่านั้น และจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ ต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น
4. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเป็นลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ (ราย 6 เดือน) ดังนี้

ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม

การประเมินบทความ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน ต่อ 1 บทความ ในรูปแบบ Double blinded

ที่ปรึกษา อธิการบดี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

หน้าที่ ให้คำปรึกษาในการจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐกฤต ปานชลธิ

หน้าที่ ดำเนินงานบริหารจัดการวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามนโยบาย ของวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

เจ้าของ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

46 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600 โทรศัพท์ 02-878-5000

การส่งบทความ ส่งไฟล์ทาง E-mail (MS Word และ PDF) ไปที่ทางเว็บไซต์ของวารสาร <http://jeet.siamtechu.net/> และ <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JEET/index>

พิมพ์ที่ บริษัท แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตเซอร์วิส จำกัด

99/164 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 02-5751791 โทรสาร 02-5751793 เว็บไซต์ www.protexts.com

สำนักงาน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

เลขที่ 46 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600 โทรศัพท์ 02-878-5035

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร หิรัญลาภ
 รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์
 รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายสร
 รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ ดวงเดือน
 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ
 รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพันธ์ ดั่งทองสุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุโกศล วโนทยาพิทักษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา สารภูมพันธ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ภูเกล้าวัน
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิต แต่งศรี
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ ตีรอด
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วณิช นิลนนท์
 ดร.กนกกร รจนากิจ
 ดร.ดิณณภพ จุ่มอิน
 ดร.ชัยพร ทบแป
 ดร.ณัฐภูมิ อินทุบุตร
 ดร.วีระ ศรีอริยะกุล
 ดร.สุนทร แสงเพชร
 ดร.สุรชาติ จันทราชิต
 ดร.เชษฐภักดิ์ ปัญญาวัชรวงศ์
 ดร.ประจักษ์ พรหมงาม
 อาจารย์วิษณุ บุญมาก
 รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ
 รองศาสตราจารย์ ดร.สายพิณ ไชยนันท์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สิทธิพันธุ์ ไชยนันท์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จงสุพรรณพงศ์
 ดร.สุทธิลักษณ์ ชุนประวดี
 อาจารย์ธเนศ วัฒสมงคลชัย
 อาจารย์จิรวัดน์ กรุณา
 อาจารย์สกรณรัตน์ ภารกุล
 อาจารย์อองอาจ วิเศษสุข

มหาวิทยาลัยปทุมธานี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
 มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
 วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 มหาวิทยาลัยธนบุรี
 มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
 Xian Jiaotong University
 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
 มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
 มหาวิทยาลัยธนบุรี
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

หน้าที่

1. ให้ข้อคิด แนวทาง คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะในการดำเนินการจัดทำวารสารให้มีคุณภาพ เพื่อส่งเสริม และสนับสนุนให้การดำเนินงานจัดทำวารสารสำเร็จลุล่วงด้วยดี
2. พิจารณาและประเมินบทความที่ส่งเข้าสู่กระบวนการของวารสารตามความเหมาะสม

ฝ่ายประสานงานและเลขานุการกองบรรณาธิการ

อาจารย์ชลิตา โปะมา
 อาจารย์กัจจ ใจตรง

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

บทบรรณาธิการ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลทางตรง หรือทางอ้อม ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้ องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไปโดยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศดังกล่าวส่งผลกระทบต่อ การดำเนินชีวิตทั่วโลก ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดที่ต้องร่วมมือกันในทุก ๆ องค์การ เพื่อหวังที่จะให้ลดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบัน ทั้งนี้ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม ได้จัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและ สิ่งแวดล้อม และเผยแพร่ปีนี้เป็นปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2565) โดยเผยแพร่ผลงานวิจัย และ บทความวิชาการครอบคลุมด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นที่ทราบกันดี การดำเนินงานภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่าง ๆ มากมายในปัจจุบัน ส่งผลต่อการดำเนินชีวิตต่าง ๆ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ การเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ หรือแม้กระทั่งการเกิดภัยพิบัติ ทางธรรมชาติ และภัยคุกคามของการกำเนิดของโรคอุบัติใหม่ ที่ส่งผลกระทบดำรงชีพในวิถีใหม่

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม ได้ตระหนักและให้ความสำคัญในการประยุกต์ นำองค์ความรู้บูรณาการสร้างคุณประโยชน์สู่สังคม ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยี นวัตกรรมเชิงสร้างสรรค์ และแก้ปัญหาโดย ผ่านองค์ความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งเน้นเชิง “การสร้างคุณค่า” ร่วมกัน ให้มีความสอดคล้องกับบริบท และการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ไปสู่ประโยชน์ต่อสังคม ประเทศชาติอย่างไม่มีที่สิ้นสุด แสดงให้เห็นถึง ความก้าวหน้าทางงานวิจัยที่ครอบคลุมทางด้าน วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นอย่างดี

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม ยินดีรับบทความที่มีความประสงค์ เผยแพร่ / ตีพิมพ์ผลงานวิจัย และผลงานทางวิชาการ เพื่อเป็นศูนย์กลางการเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น โดยขอความ ร่วมมือกับผู้ส่งบทความให้ตระหนัก และเห็นความสำคัญต่อคุณภาพของบทความอย่างเคร่งครัดเป็นไปตามรายละเอียด กฎเกณฑ์ ขั้นตอน การดำเนินงานของวารสาร

ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ คณะที่ปรึกษา ผู้มีส่วนที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ตลอดจนผู้อ่าน ที่ให้ความสนใจในงานวิจัย และนำไปใช้ประโยชน์จากวารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งคณะ ผู้ดำเนินงานจะพัฒนาวารสารวิชาการให้ได้รับการรับรองมาตรฐานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐกฤต ปานชลธิ

บรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงานและสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
1. การพัฒนาระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำดันพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน <i>ศรายุทธ จิตรพัฒนานุกุล ฤทัยฉะ จันทสิทธิ์ และธีรวัฒน์ ชื่นอัคตงคต</i>	1
2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล <i>พิศิษฐ์ ขำนาญนา</i>	14
3. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ในประเทศไทย <i>ปณิธิ นาก่อนทอง และ พีร์นิต อักษร</i>	26
4. การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของ นักท่องเที่ยวในอำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี <i>นุชรรัตน์ นุชประยูร และจิตตฤ พูลวัน</i>	36
5. การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนในระบบปรับอากาศโดยใช้การวิเคราะห์ ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุเกิดการเสื่อมสภาพ <i>สงกรานต์ ภารกุล กำจัด ใจตรง ประสงค์ศักดิ์ สองศรี และทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล</i>	50
6. การพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว <i>ศุภมาส ผกาภาส</i>	62
7. การพัฒนารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพ องค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ <i>โยธิน ทองขาวนา และศิริพร สัจจามันท์</i>	73
8. กำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก <i>วสันต์ เขียวสุวรรณ อภินันท์ ภูเกล้าวัน และ ปฐมศก วิไลพล</i>	86

การพัฒนาระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

DEVELOPMENT OF DEMONSTRATION SYSTEM OF SHALLOW WATER PUMPING BY SMALL SOLAR ENERGY FOR HOUSEHOLD USE

ศรายุทธ จิตรพัฒนานกุล^{1*} กฤษณะ จันทสิทธิ์² วีรวัฒน์ ชื่นอัสตงคต³

Asst.Prof. Sarayut Chitphutthanakul,^{1*} Asst.Prof. Kritsana Chantasit,² Teerawat Chuenatsadongkot³

^{1*}ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

³อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

*Corresponding author, E-mail: sarayut.c@rbru.ac.th

Received: September 11, 2022

Revise: November 9, 2022

Accepted: November 17, 2022

บทคัดย่อ

การทํางานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและพัฒนาระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน และ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาของพลังงานแสงอาทิตย์กับแหล่งจ่ายไฟจากการไฟฟ้า อุปกรณ์หลักประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำบาดาลมอเตอร์กระแสตรงขนาด 300 วัตต์ ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 1 แผง ติดตั้งบนโครงสร้างสำหรับเคลื่อนที่ได้ขนาดความกว้าง 73.5 เซนติเมตร ยาว 74.5 เซนติเมตร และสูง 136.5 เซนติเมตร ตู้ควบคุมภายในติดตั้งสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด 24 โวลต์ 30 แอมแปร์ เซอร์คิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางไฟฟ้ากระแสตรง (DC Surge Protector) และมอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ปริมาณน้ำจะไหลผ่านมาตรวัดอัตราการไหล หลังติดตั้งทดสอบการทำงานในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. ทดสอบโดยต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย และทดสอบเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าในทางทิศใต้มุมเอียง 15 องศา กับแนวราบ บันทึกข้อมูลโดยเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง พบว่า การเชื่อมต่อระบบด้วยแผงโซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพมากกว่าการเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย โดยมีค่าปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 3,771.26 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 25,930.03 ลิตรต่อวัน ที่อัตราการไหลสูงสุด 61.18 ลิตรต่อวินาที ค่าปริมาณน้ำ เมื่อเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย มีค่าปริมาณน้ำเท่ากับ 2,878.20 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 25,903.80 ลิตรต่อวัน อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 54.33 ลิตรต่อวินาที

คำสำคัญ: บาดาลน้ำตื้น, พลังงานแสงอาทิตย์, ครัวเรือน

Abstract

The objectives of this research were 1) to study and develop a demonstration system of shallow water pumping by small solar energy for household and 2) to compare the efficiency of the obtained water between the solar energy and the power supply from the electricity at each period. The main equipment consisted of the 300 Watt of DC motor pump, the 400 Watts of solar panel mounted on a mobile structure, dimension of 73.5 centimeters width, 74.5 centimeters length and 136.5 centimeters height. The internal control cabinet was equipped with a switch power supply of 24 Volts, 30 Amperes, a DC circuit breaker, an alternating current DC Surge Protector and

a monitor showing electrical current meter. The amount of water flow through the meter. After installing the equipment, the operation measurements were done during the period of 8:00 am to 5:00 pm. System testing was determined by monitoring the water flow between the switching power supply source and the solar energy source in the south at an angle of 15 degrees to the horizontal. Recording data were done on 6 times in 1 hour for 3 times. It was found that the solar energy source had a higher capacity than the switching power supply source as the solar energy source obtained 3,771.26 liters per hour or 25,930.03 liters per day at a maximum flow rate of 61.18 liters per minute of water. Whereas the switching power supply source obtained 2,878.20 liters per hour or 25,903.80 liters per day at a maximum flow rate of 54.33 liters per minute of water.

Keywords: Shallow Water Well, Solar Energy, Household

1. บทนำ

น้ำบาดาล (Ground Water) หมายถึง น้ำใต้ดินที่ถูกกักเก็บและสะสมอยู่ในช่องว่างและรอยแตกของชั้นหินและชั้นดินตะกอนลึกลงไปได้พื้นดินจากการหมุนเวียนของ “วัฏจักรน้ำ” (Hydrologic Cycle) ในธรรมชาติ ซึ่งมีจุดกำเนิดจากหยาดน้ำฟ้า (Precipitations) หรือน้ำในบรรยากาศ (Atmospheric Water) ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของน้ำฝน หิมะ เมฆหมอก หรือไอน้ำ ที่ตกลงสู่พื้นดินจนกลายเป็นน้ำผิวดิน (Surface Water) ให้กำเนิดแม่น้ำ ลำคลอง และมหาสมุทร น้ำผิวดินบางส่วนไหลลงสู่ใต้ดิน ซึมอยู่ภายในช่องว่างของเม็ดดินกลายเป็นน้ำในดินที่สามารถระเหยกลับเป็นน้ำฟ้าอีกครั้ง เมื่อถูกแสงแดดแผดเผา แต่ยังมีน้ำบางส่วนที่ไหลลึกลงไปสู่ชั้นหินและชั้นดินตะกอนด้านล่าง เต็มเต็มช่องว่างและรอยแตกของ ชั้นหินเหล่านั้น จนกลายเป็นจุดกำเนิดของแหล่งน้ำใต้ดิน (Subsurface Water) หรือน้ำบาดาล [1] โดยทั่วไปสามารถแบ่งระดับของน้ำบาดาลได้เป็น 2 ระดับ คือ ชั้นที่ 1 เป็นชั้นที่อยู่ใกล้กับน้ำผิวดินเกิดจากน้ำฝน และจากแหล่งน้ำที่ซึมลงไปในดินมีระดับความลึกประมาณ 40-150 ฟุต เป็นระดับน้ำบาดาลที่ไม่มีแรงดัน ชั้นที่ 2 เป็นชั้นที่อยู่ลึกลงไปจากชั้นแรก ชั้นหินในเขตนี้จะมีปริมาณน้ำอยู่เต็มทุกช่องว่าง หรืออึดตัวไปด้วยน้ำ ชั้นนี้มักมีแรงดันน้ำอยู่ด้วย มีระดับความลึก 150-300 ฟุต โดยระดับน้ำขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ ซึ่งอาจจะมีความแตกต่างกันระหว่างชั้นหินและแรงดันของน้ำด้วย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปลงใหญ่ทุเรียนตำบลวังโดนด จังหวัดจันทบุรีสังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี เป็นกลุ่มเกษตรกรที่รวมกลุ่มดำเนินงานด้านเกษตรกรรมปลูกทุเรียนเป็นรายได้หลัก มีจำนวนสมาชิกเป็นจำนวน 35 ราย มีนายมนตรี ภาระเปลื้อง เป็นประธานกลุ่ม กิจกรรมทางกลุ่มประกอบด้วย การท่องเที่ยวเชิงเกษตร ระบบน้ำอัจฉริยะสวนทุเรียนด้วยเทคโนโลยี IoT และการเข้าร่วมโครงการยกระดับแปลงใหญ่ด้วยเกษตรสมัยใหม่และเชื่อมโยงตลาด [2] โดยเป็นศูนย์กลางเรียนรู้ด้านการเกษตร และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสมัยใหม่ มีความสนใจนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กระบวนการสูบน้ำใต้ดิน ซึ่งสมาชิกส่วนใหญ่ใช้ระบบบาดาลน้ำตื้น เพื่อประกอบการอุปโภค และบริโภค รวมถึงการนำมาใช้ในกิจกรรมด้านการเกษตรกรรมภายในแปลงเพาะปลูกด้วย ซึ่งจะมีความต้องการปริมาณน้ำเป็นอย่างมากในช่วงที่ผลผลิตติดผลแล้ว สอดคล้องกับงานวิจัย [3] ที่ได้ศึกษาการทำเกษตรโดยระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ในฐานะเป็นแหล่งพลังงานทางเลือก จึงมีแนวคิดที่จะสร้างระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานสามารถเคลื่อนที่ได้ สะดวกต่อการเก็บรักษา และการนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยียังชุมชนอื่นๆ สามารถใช้ได้ในทุกช่วงเวลา โดยจะเป็นการส่งเสริมให้ภาคครัวเรือนสามารถพึ่งพาตนเองในการดำรงชีพในชีวิตประจำวันได้ ควบคู่กับการอนุรักษ์พลังงาน และการรักษาสสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ด้วยการยกระดับแปลงใหญ่ด้วยเกษตรสมัยใหม่ เน้นการรวมกลุ่มของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ โดยเกษตรกรสมาชิกแปลงใหญ่จะร่วมกันกำหนดเป้าหมายการผลิต การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทุกขั้นตอน จนถึงการใช้เชื่อมโยงตลาดกับภาคเอกชนแบบประชารัฐ เกิดความร่วมมือในการผลิต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตร [4]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาที่จะศึกษาพัฒนาระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน จัดสร้างระบบสูบน้ำบาดาล ติดตั้งอุปกรณ์บนโครงสร้างที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ด้านบนโครงสร้างติดตั้งฝากรอบ

ปากบ่อเชื่อมต่อกับตัวเครื่องสูบน้ำบาดาลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สาธิตสูบน้ำจากภาชนะบรรจุน้ำให้ย้อนกลับลงมา โดยสามารถใช้งานได้ 2 ระบบ (ระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ ชัฟฟลาย และระบบพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซลาร์เซลล์) ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางต่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง ลดต้นทุนการดำเนินการด้านเกษตรกรรม ส่งเสริมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการนำพลังงานที่มาจากแหล่งธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อจะสามารถพึ่งพาตนเอง ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านกระแสไฟฟ้าในระดับครัวเรือน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาของพลังงานแสงอาทิตย์กับแหล่งจ่ายไฟจากการไฟฟ้า

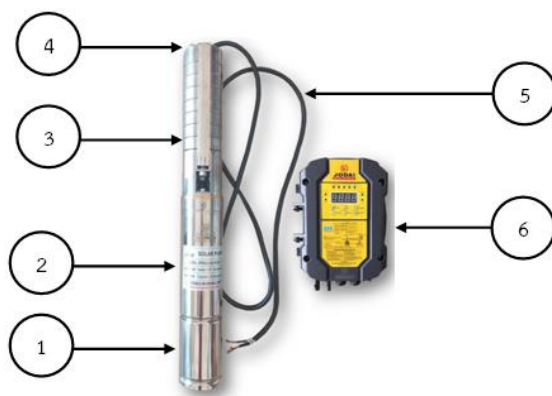
3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยพัฒนาระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อเป็นแนวทางในภาคครัวเรือน และในภาคเกษตรกรรม แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ในการจัดสร้างระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

1.1 เครื่องสูบน้ำบาดาลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องสูบน้ำบาดาล (ปั๊มซับเมอร์ส หรือ DC Submersible Pump) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้สำหรับโครงการวิจัย เป็นเครื่องสูบน้ำบาดาลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีขนาดกำลังมอเตอร์ 300 วัตต์ ยี่ห้อ โจได (Jodai) รุ่น 3PSS4.0/35-24/300T ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องสูบน้ำในระดับความลึกใต้ผิวดิน (Borehole Pumps) โดยต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 1x144 Cells หรือขนาด 330-400 วัตต์ จำนวน 1 แผง หรือใช้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ดังรูปที่ 1 โดยมีคุณลักษณะของอุปกรณ์โดยทั่วไปดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 เครื่องสูบน้ำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 250 วัตต์

ลำดับที่ (1) ส่วนล่างสุดติดตั้งมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) กำลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องสูบน้ำบาดาลกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 300 วัตต์ ปริมาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขณะทำงานอยู่ในช่วง 10-55 โวลต์ แรงดันขณะ

ทำงาน 24 โวลต์ และสามารถรับกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 13 แอมแปร์ (2) แผ่นป้ายแสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์ (Name Plate) เพื่อให้ทราบรายละเอียดของอุปกรณ์ประกอบด้วย ยี่ห้อ รุ่น (Model) แรงดันขณะทำงาน ขนาดท่อทางออกของน้ำ เหนือสุด ขนาดกำลังไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุด และปริมาณอัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง : m^3/h) (3) ใบบัดส่งน้ำทำจากวัสดุทองเหลืองจำนวน 5 ใบพัด โดยมีความสามารถส่งปริมาณน้ำในหนึ่งวินาทีได้อย่างดี ตามกำลังไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์ (4) ช่องทางออกของน้ำขนาด 1.25 นิ้ว ทำจากวัสดุทองเหลืองหล่อด้วยโครงสร้างภายนอกด้วยวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม พร้อมช่องสำหรับร้อยเชือก เพื่อยึดเครื่องสูบน้ำให้อยู่ภายในบ่อบาดาล (5) สายไฟแบบ VCT จำนวน 3 สายย่อย (U V W) สำหรับต่อเข้ากับกล่องควบคุมมอเตอร์ที่ร่วมกับตัวเครื่องสูบน้ำบาดาล (6) กล่องควบคุมเครื่องสูบน้ำบาดาล โดยจะควบคุมระดับแรงดัน และกระแสไฟฟ้าให้คงที่ ซึ่งยังสามารถปรับระดับรอบความเร็วของมอเตอร์ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ภายในบ่อบาดาลได้อีกด้วย โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาลควรเลือกขนาดให้เหมาะสมกับขนาดความกว้างของบ่อ และระดับความลึกที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำบาดาล เนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้จะผันขึ้นอยู่กักระดับความลึกของเครื่องสูบน้ำบาดาลที่ติดตั้งลงไป โดยเครื่องสูบน้ำบาดาลสามารถควบคุมกรณีแรงดันโวลต์ต่ำกว่า 10 โวลต์ ระบบจะสั่งหยุดทำงาน หรือในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าเกิน 10 โวลต์ ระบบจะหน่วงเวลา 10 นาที เพื่อกลับมาทำงานได้เอง

1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cells)

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีขนาดความกว้าง 1,002 มิลลิเมตร ยาว 2,016 มิลลิเมตร และสูง 35 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำหนัก 23.2 กิโลกรัม ยี่ห้อ Suntech รุ่น STP400S-A72/Vfh โครงสร้างเป็นแบบผลึกเดี่ยว (Mono Half Cut Cell Crystalline) ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ 400 วัตต์ จำนวน 144 Cells นำไปติดตั้งยังพื้นที่โล่งตามระดับความเอียง 15 องศา หันไปทางทิศใต้ [5] เนื่องจากเป็นทิศที่มีความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุดตลอดทั้งวัน และเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา [6] โดยแผงโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยวจะให้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าประมาณร้อยละ 15 ถึง 20 เนื่องจากการเรียงตัวผลึกในแต่ละเซลล์ที่ดีกว่า และจะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก ในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ลักษณะการติดตั้งจะใช้พื้นที่ประมาณ 7 ถึง 9 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์ โดยปัจจุบันพัฒนากำลังวัตต์ต่อแผงเพิ่มขึ้นทำให้ใช้พื้นที่น้อยลง [7]

1.3 มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำ (Flow Meter)

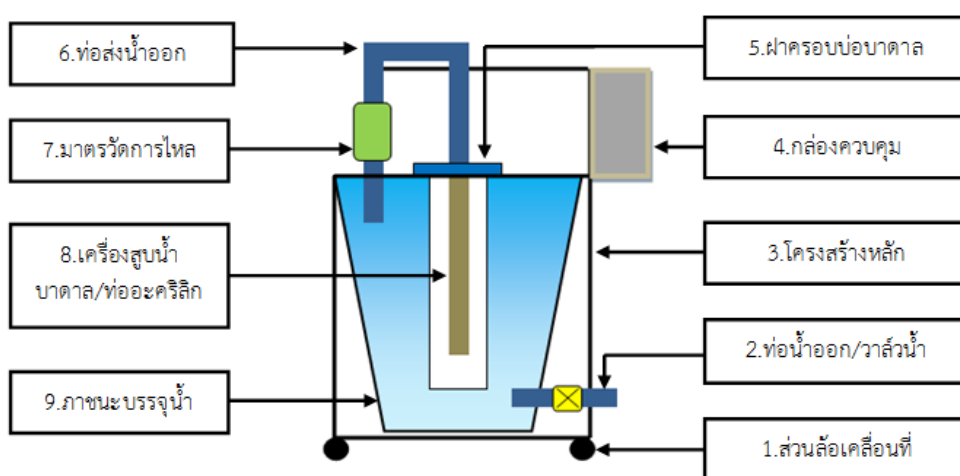
มาตรวัดอัตราการไหลโครงสร้างภายในแบบกังหัน (Turbine Flow Meter) แสดงผลด้วยจอแสดงผลแบบอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 2 บรรทัด ขนาดความกว้างภายในเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 มิลลิเมตร ผลิตจากวัสดุอะลูมิเนียมป้องกันสนิม หลักการทำงานประกอบด้วยใบพัดที่วางขวางอยู่ในท่อ ซึ่งกังหันนี้จะติดตั้งอยู่บนเพลาลูกเบี้ยวหรือเบริงที่เป็นศูนย์กลางของทิศทางการไหล ขนานกับเส้นทางการไหลในขณะที่มีของไหลไหลผ่าน จะทำให้กังหันหมุนด้วยแรงจากของไหล สามารถวัดอัตราการไหลของเหลวที่เป็นน้ำ น้ำมัน ระหว่าง 20-120 ลิตรต่อนาที ความเร็วในการหมุนของกังหันนั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของไหลที่ไหลผ่าน ทั้งนี้จะใช้วิธีการวัดความเร็วของการหมุนของกังหัน เพื่อหาความเร็วของเหลว โดยอาศัยตัวเซ็นเซอร์ที่ต่ออยู่กับตัวโครงสร้าง ซึ่งมีอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการตรวจจับ โดยใช้เซ็นเซอร์แม่เหล็ก หาค่าเฉลี่ยความเร็วในเส้นจุดศูนย์กลางของท่อ สามารถแสดงหน่วยการวัด 4 แบบ Liters (L) Gallons (GAL) Pint (PT) และ Quarts (QT) รองรับอัตราการไหลสูงสุดที่ระดับ 120 L/min (ลิตรต่อนาที) โดยสามารถแสดงปริมาณอัตราการไหลโดยรวมตั้งแต่ 0-99999 บำรุงรักษาโดยการตรวจสอบให้กังหันหมุนได้อย่างคล่องตัว สะอาด และปลอดภัย [8]

ส่วนที่ 2 โครงสร้างระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

1. การออกแบบชุดโครงสร้างระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

ชุดโครงสร้างดังรูปที่ 2 ประกอบด้วย (1) โครงสร้างส่วนล้อเคลื่อนที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนัก และสำหรับเคลื่อนย้ายได้ โดยติดตั้งล้อทั้ง 4 จุด ประกอบด้วยล้อส่วนหน้าจำนวน 2 ล้อ สามารถบังคับเลี้ยว และล้อคู่หลังอยู่กับที่

ได้ ส่วนล้อยึดด้านหลังจำนวน 2 ล้อ สามารถเคลื่อนที่ได้แต่ไม่สามารถบังคับเลี้ยวได้ ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกด้วยการออกแรงดันไปด้านหน้าหรือดึงถอยหลัง (2) ท่อน้ำออก และวาล์วเปิด-ปิด โดยต้องการถ่ายเทปริมาณน้ำที่อยู่ภายในภาชนะบรรจุน้ำออก สามารถทำการพลิกเปิดวาล์วเพื่อให้น้ำไหลออก โดยอาศัยความดันจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของภาชนะบรรจุน้ำ (3) โครงสร้างทั้งหมดทำจากเหล็กฉาก ทั้งส่วนโครงสร้างสำหรับวางภาชนะบรรจุน้ำ และโครงสร้างหลักสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ (4) ถังควบคุมการทำงานของระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำถังกักน้ำ สำหรับฝุ่น และละอองน้ำเข้าไปในถังควบคุม ภายในติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับสำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าระบบการทำงาน และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางไฟฟ้า (Surge Protector) เพื่อป้องกันในกรณีที่เกิดไฟกระชอกรุนแรง ถังควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำบาดาล และสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์สวิตช์พลาซมา (5) ฝาครอบ บ่อบาดาล เพื่อจำลองการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาล โดยควรเลือกขนาดความกว้างตามขนาดบ่อบาดาล โดยผลิตจากเหล็กหนา มีรูเจาะสำหรับร้อยสายไฟและเชือก และมีเกลียวนอกทั้งด้านและด้านล่างสำหรับสวมกับท่อประปา



รูปที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่ (6) ท่อน้ำออก โดยใช้ข้อต่อเกลียวในสวมเข้ากับฝาครอบปากบ่อ และสามารถขยายท่อให้มีขนาดเท่ากับขนาดท่อเดิมที่มีอยู่ได้ โดยเป็นท่อน้ำออกขนาด 1.25 นิ้ว (7) มาตรการวัดการไหลของน้ำที่ผ่านเครื่องสูบน้ำบาดาล เพื่อสามารถทราบปริมาณน้ำที่ได้ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และปริมาณน้ำที่สูบได้สะสมตลอดทั้งวัน (8) เครื่องสูบน้ำบาดาลที่ถูกติดตั้งภายในท่ออะคริลิกใส เพื่อจำลองลักษณะการติดตั้งเครื่องสูบน้ำภายในบ่อบาดาล และยังสามารถสังเกตการทำงานได้อีกด้วย (9) ภาชนะบรรจุน้ำสำหรับรองรับน้ำให้ไหลเวียนภายในระบบ โดยใช้ภาชนะที่เป็นพลาสติก เนื่องจากมีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ซึ่งมีความแข็งแรงทนทานต่อสารเคมี หรือคราบสนิม และยังสามารถทำความสะอาดได้สะดวก

2. การออกแบบชุดควบคุมระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

1. ปริมาณค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำบาดาล

ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะทำงานที่ต้องการอยู่ในช่วง 10-55 โวลต์ และปริมาณค่ากระแสที่ต้องการไม่เกิน 13 แอมแปร์ ดังนั้นแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ เหมาะสมต่อการนำมาต่อใช้งาน เนื่องจากไม่เกินคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำบาดาล โดยสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

$$W = (\text{กำลังการผลิตของแผงโซลาร์เซลล์} \times 5) / 1,000$$

เมื่อ

W คือ จำนวนขนาดการผลิตกระแสไฟฟ้าใน 1 วัน (วัตต์)

เมื่อต้องการหาขนาดการผลิตกระแสไฟฟ้าใน 1 วัน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$W = (400 \times 5)$$

$$= 2,000 \text{ วัตต์ หรือ 2 ยูนิตต่อวัน}$$

2. ขนาดแผงโซลาร์เซลล์

เนื่องจากความต้องการของเครื่องสูบน้ำบาดาล มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 300 วัตต์ เริ่มทำงานตามคุณลักษณะที่ระบุไว้มีความต้องการแรงดันไฟฟ้าขณะทำงานอยู่ระหว่าง 10-55 โวลต์ โดยจะเริ่มทำงานที่ระดับแรงดัน 10 โวลต์ โดยในงานวิจัยใช้แผงขนาด 400 วัตต์ ดังนี้

ค่าแรงดันแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ = 49.05 โวลต์ (±ร้อยละ 5)

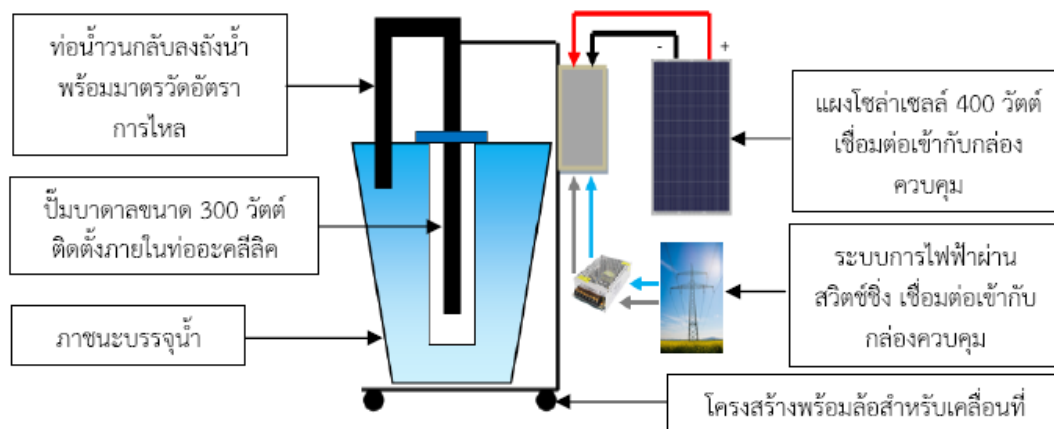
ค่ากระแสแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ = 10.16 แอมแปร์ (±ร้อยละ 5)

ทั้งนี้ขนาดของแรงดันและกระแสแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานมีค่า VOC (Open Circuit Voltage) เท่ากับ 49.05 โวลต์ (ไม่เกินคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำบาดาล) และค่ากระแสไฟฟ้าค่า ISC (Short Circuit Current) เท่ากับ 10.16 แอมแปร์ จำนวน 1 แผง

ดังนั้นปริมาณแผงโซลาร์เซลล์ 400 วัตต์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ยเท่ากับ 2 ยูนิตต่อวัน หรือ 60 ยูนิตต่อเดือน สามารถประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าในการสูบน้ำบาดาลได้เป็นเงิน 270 บาทต่อเดือน โดยคำนวณจากค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 4.5 บาท ต่อยูนิต รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม [9]

ส่วนที่ 3 การสร้างระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

การสร้างระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน ให้อยู่บนโครงสร้างแบบเคลื่อนที่ได้ ทำงานร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ตามรูปแบบดังรูปที่ 3 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบถ้วน โดยให้สามารถตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ และปริมาณน้ำที่ได้จากเครื่องสูบน้ำบาดาลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในแต่ละช่วงเวลา นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3 แบบจำลองระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

ส่วนที่ 4 วิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

ทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานและการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 08.00 น.-17.00 น. โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า จำนวนรอบมอเตอร์ อัตราการไหล และปริมาณน้ำที่ได้จากมาตรวัดอัตราการไหลเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง จากระบบการไฟฟ้า ผ่านสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด 24 โวลต์ 30 แอมแปร์ และการ

ทดสอบโดยเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ แล้วประเมินประสิทธิภาพในต่าง ๆ ดังนี้ ด้านพลังงาน ประสิทธิภาพระบบปั๊มบาดาล การใช้งานระบบปั๊มบาดาล ต้นทุนที่ใช้สร้างระบบปั๊มบาดาล และสมรรถนะการใช้งาน แล้วรายงานผลการดำเนินงาน

4. ผลการวิจัย

1. ผลการจัดสร้างระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

โครงสร้างของระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน พบว่า โครงสร้างมีขนาดตามภาชนะบรรจุน้ำโดยมีขนาดความกว้าง 73.5 เซนติเมตร ยาว 74.5 เซนติเมตร และสูง 136.5 เซนติเมตร เมื่อทำการติดตั้งล้อหลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ทำให้ตัวโครงสร้างสูงจากระดับพื้น 12 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างทั้งหมดทำจากโลหะฉากชุบซิงค์ป้องกันการกัดกร่อนขนาด 2x2 นิ้ว การติดตั้งส่วนพื้นรองรับภาชนะบรรจุ น้ำขนาด 47 แกลลอน หรือขนาด 178 ลิตร นำเหล็กฉากที่มีขนาดเดียวกันมาวางคว่ำจำนวน 3 ชุด เพื่อเพิ่มความแข็งแรง สามารถรองรับน้ำหนักได้เป็นอย่างดี และสะดวกต่อการถ่ายเทน้ำ ไม่เกิดน้ำขังในบริเวณพื้นล่างของโครงสร้างดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนโครงสร้างสำหรับยึดกล่องควบคุมมีขนาดพื้นที่ด้านหลังกว้าง 72.5 เซนติเมตร ยาว 57 เซนติเมตร ทำการติดตั้งกล่องควบคุม โดยเชื่อมต่อปลั๊กกรองรับขนาดความกว้าง 47 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร เจาะรูสำหรับยึดนอตเบอร์ 12 ติดกับตัวโครงสร้าง และโครงสร้างส่วนยึดฝาครอบบ่อบาดาล ทำจากเหล็กฉากขนาด 2x2 นิ้ว มาตัดให้มีขนาดพอดีกับความกว้างของด้านบนภาชนะบรรจุน้ำที่ขนาด 73 เซนติเมตร จำนวน 4 ชั้น โดยแบ่งการติดตั้งด้านละ 2 ชั้นวางขนานตามขนาดของท่ออะคริลิก ทำการเก็บรอยเชื่อมต่อ และลบคมออก เพื่อป้องกันอันตราย ทาสีกันสนิม และปิดปิดรอยเชื่อมต่อด้วยสีบรอนซ์เงินชนิดกันน้ำ ซึ่งลักษณะการใช้งานระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ อาจมีละอองน้ำสัมผัสกับโลหะ ซึ่งเป็นสาเหตุต่อการเกิดคราบสนิมได้

การติดตั้งกล่องควบคุมระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุปกรณ์ที่ควบคุมระบบการทำงานจะถูกติดตั้งลงในกล่องเหล็กกันน้ำพร้อมช่องระบายความร้อน แบบติดตั้งภายในอาคารขนาดความกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 52 เซนติเมตร และลึก 17 เซนติเมตร โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางไฟฟ้า (Surge Protector) ขนาด 20 กิโลแอมแปร์ 1,000 โวลต์ จำนวน 1 ตัว เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 32 แอมแปร์ 440 โวลต์ จำนวน 2 ตัว เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 16 แอมแปร์ 220 โวลต์ จำนวน 1 ตัว สวิตช์ซีพาวเวอร์ ซีพหลายขนาด 24 โวลต์ 30 แอมแปร์ ชุดเทอร์มินอลขนาด 25 แอมแปร์ 600 โวลต์ มอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าขนาด 100 แอมแปร์ 100 โวลต์ จำนวน 1 ชุด สวิตช์แบบปรับหมุนขนาด 6 แอมแปร์ 250 โวลต์ และไฟโซลาร์สถานะในตำแหน่งปิด และตำแหน่งเปิดขนาด 27 มิลลิแอมแปร์ 24 โวลต์ ซึ่งภายในถูกเชื่อมต่อกับสายไฟขนาด 1*2.5 ตารางมิลลิเมตร

2. ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

1. ขั้นตอนการใช้งานเริ่มต้นจากเติมน้ำลงไปในภาชนะบรรจุน้ำขนาด 47 แกลลอน หรือขนาด 178 ลิตร โดยให้มีปริมาณเท่ากับ $\frac{3}{4}$ ของขนาดภาชนะ ทำการเชื่อมต่อสายไฟสายฝังไฟฟ้ากระแสตรง เข้ากับขั้วต่อของแผงโซลาร์เซลล์ให้ตรงขั้ว (+,-) เนื่องจากเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) อาจเกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ และฝังไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายกับวงจรที่เชื่อมต่อจากรูปที่ 5 โดยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ให้อยู่ในระดับช่วง 15 องศา และให้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในทางทิศใต้ เพื่อให้สามารถรับแสงแดดในช่วงเวลากลางวันระหว่างเวลา 08.00-17.00 น. เนื่องจากเครื่องสูบน้ำบาดาลจะใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรงจากแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 5 ระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

เมื่อต้องการนำไปสาธิตให้ทำการเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของระบบการไฟฟ้า ทำการเปิดสวิตช์เบรกเกอร์ที่อยู่ภายในกล่องควบคุม หรือในพื้นที่ที่สาธิตการทำงานมีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอ สามารถใช้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ โดยเลือกแหล่งพลังงานอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น หลังจากนั้นทำการเปิดสวิตช์เปิดการทำงานไปที่ตำแหน่ง "On" สังเกตตัวเลขแสดงสถานะรอบมอเตอร์จะค่อย ๆ หมุนจนไปถึงค่าสูงสุด ณ ระดับพลังงานในช่วงเวลานั้นมาตรวัดจะแสดงผลในส่วนค่าแรงดัน ค่ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เครื่องสูบน้ำบาดาลจะเริ่มทำงานเมื่อมีแรงดันเริ่มต้น 10 โวลต์ ขึ้นต้นไป ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ หรือที่ระดับรอบมอเตอร์ครั้งที่เมื่อเชื่อมต่อกับระบบของการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เมื่อเครื่องสูบน้ำบาดาลทำงาน ปริมาณน้ำจะไหลผ่านท่อทางออกขนาด 1.25 นิ้ว วนกลับลงมาในภาชนะบรรจุน้ำผ่านมาตรวัดอัตราการไหลของปริมาณน้ำ โดยอัตราการไหลสูงสุดที่ 66.67 ลิตรต่อนาที หรือ 4,000 ลิตรต่อชั่วโมง โดยขณะเครื่องสูบน้ำทำงานหากใช้แหล่งพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ หากมีแสงบังแผงโซลาร์เซลล์ ก็จะส่งผลให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าลดลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วย โดยหากใช้แหล่งพลังงานที่มาจากระบบการไฟฟ้า ระบบสาธิตจะสามารถทำงานได้อย่างคงที่ต่อเนื่อง แต่ไม่สามารถปรับเพิ่มรอบมอเตอร์ให้สูงขึ้นได้

2. ผลการวิเคราะห์ระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

การทดสอบระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การทดสอบโดยเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด 24 โวลต์ 30 แอมแปร์ และการทดสอบโดยเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ เป็นแหล่งพลังงาน ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32-35 องศาเซลเซียส เพื่อหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ได้ใน 1 วัน บันทึกปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความเข้มแสง จำนวนรอบมอเตอร์ อัตราการไหล และปริมาณน้ำที่ได้จากมาตรวัดอัตราการไหล บันทึกผลที่ได้ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

ครั้งที่	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	รอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	ปริมาณน้ำ (ลิตรต่อนาที)
1	24.03	8.74	210.00	2,406	54.20	48.22
2	24.06	8.75	213.00	2,408	54.40	47.80
3	23.98	8.74	212.00	2,408	54.40	47.90
ค่าเฉลี่ย	24.02	8.74	211.67	2,407	54.33	47.97

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ทดสอบหาค่าเฉลี่ย 3 ครั้ง พบว่า ปริมาณค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ที่อ่านได้จากมาตรวัดวัตต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 24.02 โวลต์ 8.74 แอมแปร์ และ 211.67 วัตต์ ตามลำดับ ปริมาณรอบมอเตอร์ขณะทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 2,407 รอบต่อนาที ปริมาณอัตราการไหลที่อ่านได้จากมาตรวัดอัตราการไหลแบบกังหัน (Turbine Flow Meter) เฉลี่ยเท่ากับ 54.33 ลิตรต่อนาที และเมื่อทดสอบปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 นาที เท่ากับ 47.97 ลิตรต่อนาที หรือ 2,878.20 ลิตรต่อชั่วโมง ($2.87 \text{ m}^3/\text{h}$) เท่ากันตลอดในทุกช่วงเวลา ดังรูปที่ 6 สอดคล้องกับคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำบาดาลที่มีปริมาณน้ำสูงสุด (Max Flow) $4 \text{ m}^3/\text{h}$ โดยหากทำงานตลอดวัน จะได้ปริมาณน้ำ 25,903.80 ลิตรต่อวัน

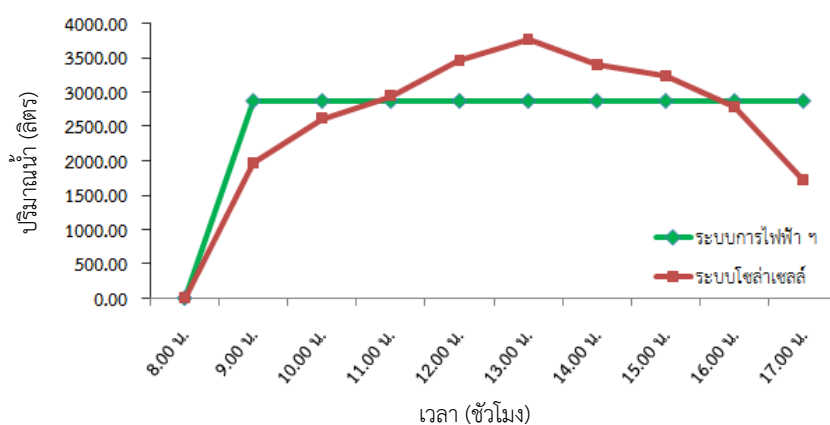
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์

เวลา	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความเข้มแสง (ลักซ์)	รอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	ปริมาณน้ำ (ลิตรต่อชั่วโมง)
08.00 น.	14.25	2.11	31.14	16,969	909	18.83	0
09.00 น.	16.27	3.78	62.39	30,263	1,469	32.96	1,971.06
10.00 น.	19.68	6.28	127.14	55,988	1,926	44.30	2,619.20
11.00 น.	22.28	7.48	168.73	65,870	2,159	48.49	2,944.30
12.00 น.	25.61	9.40	250.44	84,371	2,482	55.93	3,466.15

13.00 น.	27.27	10.54	297.03	99,324	2,681	61.18	3,771.62
14.00 น.	25.29	9.30	237.29	89,566	2,452	55.78	3,400.39
15.00 น.	23.31	8.24	193.92	76,254	2,317	52.49	3,241.88
16.00 น.	19.42	6.25	129.40	57,068	1,977	44.66	2,790.29
17.00 น.	15.72	3.21	52.33	29,679	1,304	28.96	1,725.14
รวม							25,930.03

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ ติดตั้งเอียงทำมุม 15 องศา ทดสอบเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง ตามตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณน้ำเริ่มต้นที่ระดับ 0 ชั่วโมงต่อลิตร ปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเริ่มต้นเท่ากับ 14.25 โวลต์ 2.11 แอมแปร์ และ 31.14 วัตต์ ตามลำดับ จำนวนรอบมอเตอร์ขณะเริ่มหมุนเท่ากับ 909 รอบต่อนาที วัดปริมาณความเข้มแสง (Light Intensity Meter) ยี่ห้อ UNIT-T รุ่น UT383 ปริมาณความเข้มแสงเริ่มต้นเวลา 08.00 น. มีค่าเท่ากับ 16,969 ลักซ์ เนื่องจากมุมตกกระทบ ส่งผลให้แผงโซลาร์เซลล์ทำงานได้ไม่เต็มกำลังวัตต์ โดยเมื่อปริมาณความเข้มแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาเนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เท่ากับ 27.27 โวลต์ 10.54 แอมแปร์ และ 297.03 วัตต์ ปริมาณความเข้มแสงสูงสุดที่ระดับ 99,324 ลักซ์ เนื่องจากทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับแผงโซลาร์เซลล์ รอบมอเตอร์หมุนสูงสุด 2,681 รอบต่อนาที ปริมาณน้ำที่ได้สูงสุด 3,771.62 ลิตรต่อชั่วโมง ที่อัตราการไหลสูงสุด 61.18 ลิตรต่อนาที สอดคล้องกับคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำบาดาลที่มีปริมาณน้ำสูงสุดที่ระดับ 4,000 ลิตรต่อชั่วโมง

โดยจะมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ไหลลดลงเมื่อระยะเวลาหลังจาก 14.00 น. ดังรูปที่ 6 กราฟจะมีลักษณะเป็นรูปพาลาโบลา เนื่องมาจากมุมตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ ส่งผลให้ปริมาณความเข้มแสงลดลง ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ในช่วงเวลา 17.00 น. เท่ากับ 15.72 โวลต์ 3.21 แอมแปร์ และ 52.33 วัตต์ ตามลำดับ ปริมาณน้ำเท่ากับ 1,725.14 ลิตรต่อชั่วโมง รอบมอเตอร์หมุน 1,304 รอบต่อนาที อัตราการไหล 28.96 ลิตรต่อนาที ปริมาณน้ำเฉลี่ยสะสมตลอดทั้งวันเท่ากับ 25,930.03 ลิตรต่อวัน หรือ 25.93 คิวต่อวัน โดยการเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์มีขีดจำกัดในด้านความสม่ำเสมอของปริมาณน้ำ



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณน้ำตามช่วงเวลาที่แตกต่างกันระหว่างการเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์สว๊พพลาย กับการเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์

ผลการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน พบว่า ปริมาณน้ำที่ได้จากทั้ง 2 ระบบขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ระบบเข้ากับแหล่งพลังงาน โดยการเชื่อมต่อระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตช์

ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด 24 โวลต์ 30 แอมแปร์ จะได้ปริมาณน้ำที่สม่ำเสมอตลอดทุกช่วงเวลา เหมาะสมกับการนำไปสาธิตในพื้นที่ไม่มีแสงแดดเป็นแหล่งพลังงาน แต่มีข้อจำกัดในด้านค่ากระแสไฟฟ้า โดยมีปริมาณน้ำที่ได้ตลอดทั้งวันตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ที่ปริมาณ 25,903.80 ลิตรต่อวัน หรือ 25.90 คิวต่อวัน โดยหากระบบเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ ต่อร่วมกับเครื่องสูบน้ำบาดาลขนาด 300 วัตต์ ในช่วงเวลา 13.00 น. จะมีปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 3,771.62 ลิตรต่อชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ต่อวันเท่ากับ 25,930.03 ลิตร หรือ 25.93 คิวต่อวัน ซึ่งปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงที่แตกต่างกันตามลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์สอดคล้องกับ [10] ศึกษาแบบสูบน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 2 แผง ติดตั้งทางทิศใต้ ได้ปริมาณน้ำสูงสุดที่ 610 ลิตรต่อวัน

3. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำตื้นพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างแหล่งจ่ายที่เชื่อมต่อกับระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย กับการเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย กับการเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ระบบการไฟฟ้าผ่านสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซลาร์เซลล์
1. ด้านพลังงาน		
1.1 กำลังงานไฟฟ้ารวม (วัตต์)	720	400
1.2 ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	24	10-55
1.3 ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	30	9.57
2. ด้านประสิทธิภาพระบบสูบน้ำสูงสุด		
2.1 ปริมาณน้ำ (ลิตรต่อวัน)	25,903.80	25,930.03
2.2 ปริมาณน้ำสูงสุด (ลิตรต่อชั่วโมง)	2,878.20	3,771.62
2.3 อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	54.33	61.18
2.4 ปริมาณรอบมอเตอร์ (RPM)	2,407	2,681
3. ลักษณะการใช้งานเครื่องสูบน้ำ		
3.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน	ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	แผงโซลาร์เซลล์ 400 วัตต์
3.2 ลักษณะการใช้งาน	สวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	แสงแดด
3.3 การควบคุมการทำงาน	กล่องควบคุม	กล่องควบคุม
3.4 มอนิเตอร์แสดงผล	วัตต์มิเตอร์ (DC)	วัตต์มิเตอร์ (DC)
3.5 ค่ากระแสไฟฟ้า (บาท/วัน)	29.16	ไม่มี
3.6 เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออก (นิ้ว)	1.25	1.25
4. ต้นทุนในการสร้างระบบ ฯ		
(แหล่งพลังงาน)	1,200 บาท	3,900 บาท
5. สมรรถนะการใช้งาน	น้อยกว่า	มากกว่า

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อระบบสาธิต ๖ กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซลาร์เซลล์ จะได้ปริมาณน้ำโดยเฉลี่ยสะสมตลอดทั้งวันมากกว่าการเชื่อมต่อด้วยระบบการไฟฟ้าผ่านสวิทช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย อีกทั้งยังได้ปริมาณน้ำสูงสุด และอัตราการไหลมากกว่าอีกด้วย ทั้งนี้ปริมาณน้ำที่ได้ต่อวัน จะขึ้นกับปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบแผง โซลาร์เซลล์ ซึ่งจะส่งผลให้ได้ปริมาณแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งข้อดีของระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่ที่ไม่มีระบบให้บริการจากการไฟฟ้าเข้าถึงได้อีกด้วย

5. สรุปและอภิปรายผล

ระบบสาธิตสูบน้ำบาดาลน้ำดื่มพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงขนาด 300 วัตต์ ต่อร่วมกับระบบการไฟฟ้าผ่านสวิทช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย มีค่าปริมาณน้ำเท่ากับ 2,878.20 ลิตรต่อวัน หรือ 25,903 ลิตรต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานตลอดวัน มีประสิทธิภาพน้อยกว่าการเชื่อมต่อระบบแผง โซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 1 แผง ซึ่งมีปริมาณน้ำที่ 25,930.03 ลิตรต่อวัน โดยปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงตามมุมตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ที่แตกต่างกัน ในแต่ละช่วงเวลาตามลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ โดยจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก และเคลื่อนที่ลักษณะอ้อมไปทางทิศใต้ [11] ข้อดีต่อการนำไปใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้าถึง สามารถนำไปใช้ในสวนของเกษตรกร หรือในครัวเรือนที่ระบบของการไฟฟ้าเข้าไม่ถึง และสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง [12] ระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากในระดับครัวเรือน วิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาด้วยเครื่องสูบน้ำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 250 วัตต์ แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 1 แผง ติดตั้งบนรถเข็นสำหรับเคลื่อนที่ได้ขนาดความกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 135 เซนติเมตร และสูง 70 เซนติเมตร ปริมาณน้ำจะไหลผ่านท่อเพิ่มแรงดัน (แอร์แวน) ขนาด 3 นิ้ว สูง 60 เซนติเมตร ผ่านมาตรวัดอัตราการไหล ทดสอบการทำงานตามระดับความเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ 3 ระดับ ได้แก่ 10 20 และ 30 องศา โดยระดับความเอียงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน คือที่ระดับความเอียง 20 องศา ได้ปริมาณน้ำสูงสุดต่อวันเท่ากับ 13,848 ลิตรต่อวัน หรือ 13.85 คิวต่อวัน ทั้งนี้ข้อได้เปรียบในด้านพลังงานไฟฟ้าที่สร้างจากแหล่งพลังงานธรรมชาติ ไม่มีค่ากระแสไฟฟ้า สามารถนำไปติดตั้งยังพื้นที่ที่ระบบบริการไฟฟ้าเข้าไม่ถึง อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลพิษสิ่งแวดล้อม เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในภาคเกษตรกรรมขนาดเล็กในระดับครัวเรือน เช่น บ่อบาดาลน้ำดื่มถ่ายเทน้ำจากภายในบ่อขึ้นมาเติมน้ำลงในภาชนะบรรจุน้ำ ซึ่งจะช่วยลดรายจ่ายในภาคครัวเรือนได้เป็นอย่างดี

6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่ไม่มีเงาบังของต้นไม้ หรือสิ่งกีดขวางใด ๆ
2. ควรมีการศึกษาก่อนนำไปใช้งานในพื้นที่จริง ประกอบด้วย ขนาดความลึกของบ่อบาดาล ความกว้าง ปริมาณน้ำของบ่อบาดาล และคุณลักษณะของบ่อบาดาลให้เหมาะสม

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] คัดค้านัฐ ชื่นวงศ์อรุณ. (2563 ธันวาคม 2). น้ำบาดาล (Groundwater), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.ngthai.com/science/30365/groundwater>.
- [2] มณี ภาณุเปลื้อง เป็นผู้ให้สัมภาษณ์. ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล เป็นผู้สัมภาษณ์. (2564 กรกฎาคม 28). ณ วิทยาลัยชุมชนแปลงใหญ่ทุเรียนตำบลวังโดนด เลขที่ 39/3 หมู่ที่ 6 ตำบลวังโดนด อำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี.
- [3] I.K. Okakwu, A.S. Alayande, D.O. Akinyele, O.E. Olabode, and J.O. Akinyemi. "Effects of total system head and solar radiation on the techno-economics of PV groundwater pumping irrigation system for sustainable agricultural production. *Scientific African*. 16, 2022, e01118.

- [4] สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. (2564 ธันวาคม 8). คู่มือโครงการส่งเสริมการเกษตรประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 โครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.agriman.doe.go.th/home/agriman62/64_Website_Project_64/64_04_BigFarm.pdf.
- [5] M.Z. Jacobson, and V. Jadhav, "World estimates of PV optimal tilt angles and ratios of sunlight incident upon tilted and tracked PV panels relative to horizontal panel", *Solar Energy*, 169, 2018, pp. 55-56.
- [6] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. "มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา". พิมพ์ครั้งที่ 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2561.
- [7] นครินทร์ รินผล. "คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์เบื้องต้น". จรัสสินทวงศ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2559.
- [8] แฟ็คโตมาร์ท. (2564 พฤศจิกายน 6). ประเภทของ Flow Meter, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://mall.factomart.com/type-of-flow-meter>
- [9] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (20 กรกฎาคม 2565). อัตราค่าไฟฟ้า-การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Electricity%20Reconsider.pdf?ver=2018-10-01-155123-370.
- [10] R.B. Weli, R.R. Ibraheem, and K.A. Abdulla, "Water Pumping Using Solar Energy", *Journal of Science and Engineering*, 3(1), 2013, pp. 35-43.
- [11] จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธรพันธ์. (2564 พฤศจิกายน 4). ตำแหน่งของทิศที่ควรติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์, แหล่งที่มา: https://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=55175.
- [12] ศรายุทธ จิตรพัฒนานกุล กฤษณะ จันทสิทธิ์ และธีรวัฒน์ ชื่นอัสตงคต. "ระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากในระดับครัวเรือน". วารสารวิชาการ เทคโนโลยีพลังงาน และสิ่งแวดล้อม, 9(1), 2565, 11-22.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

FACTORS INFLUENCING DECISION-MAKING BEHAVIOR OF CONSUMERS IN BUYING COFFEE AT GAS STATIONS IN BANGKOK METROPOLITAN AND ITS VICINITY

พิศิษฐ์ ชำนาญนา^{1*}

Pisit Chumnanna^{1*}

^{1*}อาจารย์, ดร., คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

* Corresponding author, E-mail: Pisit.ch@bsru.ac.th

Received: June 21, 2022

Revise: October 24, 2022

Accepted: November 5, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตัวอย่างเป็นผู้บริโภคที่ใช้บริการร้านกาแฟในสถานบริการน้ำมันในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 400 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกตัวอย่างตามความสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดย ความถี่ ร้อยละ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ส่วนใหญ่ซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ในร้านกาแฟคาเฟ่เมซอน 2-3 ครั้งต่อเดือน ค่าใช้จ่ายในการซื้อกาแฟในแต่ละครั้งน้อยกว่า 100 บาท โดยสาเหตุในการซื้อชอบรสชาติ

2. ผลการวิเคราะห์ภาพรวมของโมเดลทำนายการตัดสินใจซื้อพบว่า มีตัวแปรทำนายอย่างน้อย 1 ตัวมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F_{7, 389} = 171, p = .000$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลจำแนกรายตัวแปรอิสระพบว่า ตัวแปร ผลิตภัณฑ์ ราคา การส่งเสริมการตลาด ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นตัวแปรช่องทางการจัดจำหน่าย และบุคลากร ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้โมเดลทำนายการตัดสินใจซื้อมีประสิทธิภาพในการทำนายได้ร้อยละ 75.5 ($R^2 = .755$) โดยมีสมการทำนาย ดังนี้

$$\text{Decision} = 0.160 + 0.119(\text{Product})^{**} + 0.189(\text{Price})^{**} + 0.035(\text{Place}) +$$

$$0.108(\text{Promotion})^{**} + 0.028(\text{People}) + 0.122(\text{Physical Evidence})^{**} + 0.330(\text{Process})^{**}$$

คำสำคัญ: การตัดสินใจซื้อกาแฟ, สถานบริการน้ำมัน

Abstract

This research aimed to 1) study the decision-making behavior of consumers in buying coffee at gas stations in Bangkok Metropolitan and its vicinity and 2) study factors influencing decision making of consumers in buying coffee at gas stations in Bangkok Metropolitan and its vicinity. The research sample was 400 consumers who were consumers of coffee shops in gas stations in Bangkok Metropolitan and its vicinity. The research selected the sample by using a convenience sampling method. The research instrument was a questionnaire. The data were analyzed using mean, percentage, correlation analysis and multiple regression analysis. The results were as follows.

The analysis of the coffee buying behavior revealed that most of consumers bought coffee at the Café Amazon Coffee Shop located in the PPT Stations 2-3 times a month. They spent less than 100 baht each time they bought coffee and their reason for buying was the coffee flavor.

The analysis of the overall of the model prediction buying decision revealed that one variable influenced buying decision with statistically significant level of .01 ($F_{7,389} = 171, p = .000$). Considering the influence of independent variables, it was found that the variables, product, price, marketing promotion physical appearance. The predictive buying decision model was statistically significant level of .01, except distribution channel and personnel variables that had a statistically influencing purchasing decision at the .01. The predictive efficiency was 75.5% ($R^2 = .755$) with the following prediction equations:

$$\text{Decision} = 0.160 + 0.119 (\text{Product})^{**} + 0.189 (\text{Price})^{**} + 0.035 (\text{Place}) + 0.108 (\text{Promotion})^{**} \\ + 0.028 (\text{People}) + 0.122 (\text{Physical Evidence})^{**} + 0.330 (\text{Process})^{**}$$

Keywords: Decision making in buying coffee, Gas stations

1. บทนำ

กาแฟถือเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่คนไทย โดยเฉพาะคนรุ่นใหม่ วัยทำงาน และผู้คนที่ใช้ชีวิตอยู่ในสังคมเมือง ที่หันมาบริโภคกาแฟสดกันมากขึ้น อีกทั้งในใจของผู้ประกอบการในช่วงระยะเวลา 4-5 ปีที่ผ่านมาสามารถพบร้านกาแฟอยู่ตามสถานที่ต่าง ๆ ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นร้านกาแฟโบราณ ที่เปิดเองหรือเป็นรถเข็น รวมทั้งร้านกาแฟขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตลอดจนถึงร้านกาแฟระดับพรีเมียม ซึ่งกลายเป็นที่น่ายกตามองอย่างยิ่งของตลาดกาแฟในประเทศไทย (บมจ.ธนาคารกรุงเทพ, 2559)

ตลาดกาแฟโดยเฉพาะกาแฟสดยังมีแนวโน้มการเติบโตต่อเนื่อง โดยปัจจัยหลัก ๆ มาจากขณะนี้อัตราการบริโภคกาแฟสดของคนไทยที่ยังต่ำเมื่อเทียบกับหลายประเทศ คือ มีอัตราการบริโภคโดยเฉลี่ยประมาณ 1.2 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ต่ำกว่าคนในยุโรปที่ตัวเลขอัตราการบริโภคอยู่ที่ประมาณ 4-5 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ขณะที่คนในประเทศญี่ปุ่นมีการบริโภคกาแฟอยู่ที่ประมาณ 3 กิโลกรัมต่อคนต่อปี จากตัวเลขนี้สะท้อนว่าตลาดกาแฟสดยังมีโอกาสที่จะเติบโตได้มาก และอาจจะมียอดถึงปีละ 10% แน่หน่อนว่าการแข่งขันยังดุเดือดขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน เพราะมีคู่แข่งจำนวนมาก สำหรับโอกาสของการเติบโตในตลาดกาแฟในปี 2563 มีสูงมาก โดยมีปัจจัยมาจากอัตราการบริโภคกาแฟของคนไทยประมาณการค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 300 แก้วต่อคนต่อปี แต่ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น บริโภคประมาณ 400 แก้วต่อคนต่อปี หรือฝั่งยุโรปที่บริโภคประมาณ 600 แก้วต่อคนต่อปี นั่นจึงเป็นโอกาสให้ภาพรวมของอุตสาหกรรมกาแฟไทยยังมีศักยภาพที่จะเติบโตต่อไปได้ ที่สำคัญภาครัฐและเอกชนร่วมมือพัฒนาอุตสาหกรรมกาแฟไทย ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ พร้อมผลักดันขึ้นเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ หลังการเติบโตของตลาดกาแฟไทยแตะ 30,000 ล้านบาท ล่าสุด เปิดร่างยุทธศาสตร์กาแฟจัดโครงการประชุมการพัฒนาอุตสาหกรรมกาแฟในอาเซียน ครั้งที่ 1 สร้างความร่วมมือและโรดแมปสร้างอาเซียนเป็นแหล่งผลิตกาแฟสำคัญของโลก ยุทธศาสตร์กาแฟในช่วงระยะ 5 ปี ตั้งแต่ช่วงปี 2559 - 2563 ว่า ทางกระทรวงเกษตรฯ มีเป้าหมายต้องการให้ประเทศไทยเป็นหนึ่งในกลุ่มผู้นำในด้านการผลิตและการค้ากาแฟคุณภาพของภูมิภาคอาเซียน โดยจะมีการผลักดันให้กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ของไทยที่สร้างรายได้ที่มั่นคงให้แก่เกษตรกรและผู้ดำเนินธุรกิจที่อยู่ในอุตสาหกรรมกาแฟของไทย เนื่องจากแนวโน้มราคาผลผลิตเมล็ดกาแฟคุณภาพในตลาดโลกมีแนวโน้มที่สูงขึ้น รวมถึงการเติบโตของอุตสาหกรรมกาแฟไทยที่มีมูลค่าสูงแตะ 30,000 ล้านบาท ขณะที่ผลผลิตเมล็ดกาแฟของไทยยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศ สาเหตุจากพื้นที่เพาะปลูกที่ลดลงเหลือ 259,867 ไร่ ทำให้ผลผลิตกาแฟลดลงไปด้วยโดยเหลือเพียง 23,273 ตัน แต่ยังสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรปีปลูกถึงปีละอย่างน้อย 200 ล้านบาท ซึ่งธุรกิจกาแฟของไทยมีมูลค่าในการส่งออกประมาณ 3,900 ล้านบาท ในปี 2560 แต่มีมูลค่าการนำเข้าถึงประมาณ 8,044 ล้านบาท แม้ว่าตลาดการบริโภคกาแฟในไทยจะมีตัวเลขสูงขึ้นทุก ๆ ปี แต่แท้จริงแล้วคนไทยยังมีการบริโภคกาแฟน้อยกว่าประเทศอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น อย่าง

<http://jeet.siamtechu.net>

สหรัฐอเมริกา ยุโรป ญี่ปุ่น ฯลฯ ถึงจะชัดเจนเรื่องปริมาณการบริโภคกาแฟของคนไทยที่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงนัก แต่ด้วยมูลค่าธุรกิจร้านกาแฟในไทยนับตั้งแต่ปี 2560 ที่มีมูลค่าสูงถึง 2.12 หมื่นล้านบาท และสูงขึ้นอีกในปี 2561 ที่ 2.34 หมื่นล้านบาท ในปี 2562 ที่ผ่านมามีการคาดการณ์กันว่ามูลค่าธุรกิจร้านกาแฟอาจสูงถึง 2.58 หมื่นล้านบาท ข้อมูลจากศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหารแต่กลับมีผู้เล่นทั้งหน้าเก่า หน้าใหม่ พร้อมกระโจนเข้าร่วมแย่งชิงส่วนแบ่งทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง ด้วยมูลค่าตลาดกาแฟที่สูงถึงหมื่นล้านบาท อาจจะเป็นสาเหตุให้นักลงทุนหันมาจับธุรกิจนี้มากขึ้น ส่งผลให้แบรนด์กาแฟทั้งจากต่างประเทศและโลคอลแบรนด์ตบเท้าเข้ามาในตลาด และมีร้านกาแฟ หรือคาเฟ่กระจายตัวอยู่ทั่วทุกมุมของเมือง ทั้งในสถานบริการน้ำมัน ห้างสรรพสินค้า ร้านกาแฟรูปแบบ Stand alone หรือกระทั่งร้านกาแฟรถเข็น (มนตรี ศรีวงศ์, 2563)

ปัจจุบัน ร้านกาแฟที่กระจายอยู่ทั่วไป ส่วนใหญ่จะเป็นร้านกาแฟสด ซึ่งเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเข้ามาช่วงชิงส่วนแบ่งตลาด พร้อมกับการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะธุรกิจร้านกาแฟประเภทคอฟฟี่ช็อปที่มีการดำเนินกิจการในรูปแบบเครือข่าย ซึ่งครองส่วนแบ่งทางการตลาดร้อยละ 75.0 ของมูลค่าตลาดคอฟฟี่ช็อปทั้งหมด มีมูลค่าประมาณ 17,397 ล้านบาท โดยผู้ประกอบการในแต่ละรายล้วนมีจุดเด่นของแบรนด์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น “สตาร์บัคส์” วางตำแหน่งเป็นกาแฟเป็นกาแฟพรีเมียม เจาะกลุ่มลูกค้าที่มีรายได้สูง คาเฟ่ อเมซอน มีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักท่องเที่ยว เนื่องจากร้านกาแฟตั้งอยู่ในปั๊มน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ ทรู คอฟฟี่วางตำแหน่งเป็นกาแฟพรีเมียม มีกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้มีรายได้สูง โดยมีกลยุทธ์หลัก คือการขยายสาขาไปยังศูนย์การค้า มหาวิทยาลัย คอมมูนิตีมอลล์ ตลอดจนแหล่งชุมชนต่าง ๆ เครื่องดื่มกาแฟโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นร้านกาแฟคอฟฟี่ช็อปหรือคาเฟ่ มีราคาขายต่อแก้วที่แตกต่างกันออกไป เริ่มตั้งแต่ 20-30 ไปจนถึง 100 บาท ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตและคุณภาพของเครื่องดื่ม โดยสามารถแบ่งตลาดธุรกิจร้านกาแฟตามระดับราคาได้เป็น ตลาดพรีเมียม มีส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 47.0 คิดเป็นมูลค่า 8,240 ล้านบาท มีอัตราเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 10.8 ต่อปี ซึ่งเป็นร้านกาแฟที่ได้รับความนิยมจากนักลงทุนชาวต่างชาติเป็นอย่างมาก ด้านตลาดกาแฟในระดับกลางและระดับล่าง มีมูลค่าประมาณ 9,157 ล้านบาท ส่วนใหญ่ดำเนินการแบบร้านกาแฟอิสระ ภายใต้ชื่อเพียงร้านเดียว เช่น คาเฟ่ อเมซอน ที่ดำเนินการในรูปแบบเครือข่ายร้านกาแฟ ถือเป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาดสูงสุด ร้อยละ 20.0 ของมูลค่าตลาดกลางและล่าง ซึ่งตัวขับเคลื่อนสำคัญที่ทำให้ตลาดกาแฟระดับกลางและระดับล่างเติบโตมาจากจำนวนสาขาที่มากที่สุดครอบคลุมทุกจังหวัดทั่วไป เพื่อให้ผู้บริโภคได้เข้าถึงผลิตภัณฑ์และบริการได้ง่าย (บมจ.ธนาคารกรุงเทพ, 2559)

ท่ามกลางการซื้อกิจการร้านกาแฟกันฝุ่นตลบ สะท้อนให้เห็นว่า ธุรกิจร้านกาแฟยังคงเป็นที่น่าสนใจสำหรับนักลงทุน และอีกท่าเลทองที่น่าจับตาของธุรกิจร้านกาแฟ ย่อมหนีไม่พ้นสถานบริการน้ำมัน หรือปั๊มน้ำมัน เห็นได้จากการเปิดร้านกาแฟในทุกปั๊มน้ำมันแบรนด์ เพื่อให้เป็นอีกหนึ่งแม่เหล็กดึงดูดลูกค้าเข้าไปใช้บริการในปั๊ม การตั้งร้านกาแฟหรือการสร้างแบรนด์ร้านกาแฟเพื่อเปิดในปั๊มน้ำมัน ถือเป็นธงที่สถานบริการน้ำมันทุกรายต้องทำ ตามเป้าหมายที่จะสร้างรายได้จากธุรกิจ นอนออยล์ (Nin-Oil) หรือรายได้จากธุรกิจที่ไม่ใช่น้ำมัน เนื่องจากน้ำมันเป็นธุรกิจที่ทำไร่น้อยมาก หากเทียบกับธุรกิจนอนออยล์ (Non-Oil) และยังต้องการสร้างความครบวงจรของปั๊มน้ำมันด้วยการมีสินค้าและบริการที่หลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ และให้เกิดการเข้ามาใช้บริการซ้ำ ปัจจุบันร้านกาแฟและปั๊มน้ำมันจึงกลายเป็นของคู่กันชนิดที่ขาดไม่ได้ โดยปั๊ม ปตท. ที่ปลุกปั้นร้านกาแฟแบรนด์ของตัวเอง “คาเฟ่ อเมซอน” ที่สาขาของปั๊ม ปตท. ที่มีมากที่สุดและการขยายสาขาออกนอกปั๊ม ขยายทั้งรูปแบบลงทุนเปิดเองและขายแฟรนไชส์ จนทำให้ปัจจุบัน “คาเฟ่ อเมซอน” เป็นแบรนด์ร้านกาแฟที่มีจำนวนสาขามากที่สุดในประเทศไทย รองลงมาร้านกาแฟ “อินทนิล” ซึ่งก็เป็นบริษัทในเครือ ปตท. ที่ตั้งอยู่ภายในปั๊มน้ำมัน บางจาก และที่น่าจับตามากที่สุดคือ ปั๊มพีที โดยบริษัท พีทีจี เอ็นเนอยี จำกัด (มหาชน) หรือพีทีจีที่ถือว่าเป็นน้องใหม่มาแรง ในแง่ของร้านกาแฟ ที่ พีทีจี ปลุกปั้นแบรนด์ร้านกาแฟ “พันธุ์ไทย” เพื่อเปิดให้บริการในปั๊มพีที อีกค่ายที่มีแบรนด์ร้านกาแฟของตัวเองคือ ค่ายปั๊มเชลล์ โดยบริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย ที่ปั๊มแบรนด์ “เติลคาเฟ่” เพื่อเปิดให้บริการลูกค้าในปั๊มเชลล์ ขณะที่คาลเท็กซ์ ก็เป็นอีกปั๊มน้ำมันที่น่าจับตามองเช่นกัน เมื่อบริษัท เชฟรอน (ไทย) จำกัด ที่จับมือกับ กลอเรีย จินส์ คอฟฟี่กาแฟพรีเมียมสัญชาติออสเตรเลีย พัฒนาคอนเซ็ปต์และแบรนด์ใหม่ภายใต้ชื่อ “เอ็กเพรสโซ่ บาย กลอเรีย จินส์” (Espresso by Gloria Jean's) ซึ่งแบรนด์นี้จะเปิดเฉพาะในปั๊มลคเท็กซ์เท่านั้น และปั๊มเอสโซ่ แต่ร้านกาแฟในปั๊มเอสโซ่ จะมีหลากหลาย

แบรนด์เช่นเดียวกับกาลเท็กซ์ ที่มีหลายแบรนด์ทั้งที่เปิดในเอสโซ่ และกาลเท็กซ์ เช่น Rabika coffee, ร้านกาแฟ ดิโอโร (Caffe D Oro) (วันเพ็ญ พุทธานนท์, 2562)

สถานีบริการน้ำมันเวลานี้ ไม่ได้ทำรายได้จากการขายน้ำมันเท่านั้น แต่ยังแปลงสภาพกลายเป็น “ศูนย์การค้า” ขนาดย่อม ทำเงินจากธุรกิจค้าปลีกเป็นลำดับเป็นต้น เป็นการกระจายความเสี่ยง ไม่ต้องพึ่งพารายได้จากการขายน้ำมันเพียงอย่างเดียว กว่า 10 ปีที่ผ่านมาธุรกิจค้าปลีกน้ำมัน จึงเลือกวางรูปแบบการกระจายความเสี่ยงทางธุรกิจผ่านโครงสร้างธุรกิจนอนออยล์ เป็นยุทธศาสตร์หลัก แล้วขับเคลื่อนอย่างหนัก จนสามารถเปลี่ยนรายได้เสริมมาจนถึงจุดที่เป็นรายได้หลักได้สบาย ยกขบวนในธุรกิจที่มีอยู่เกือบทุกแบรนด์ในตอนนั้น ล้วนเลือกวางเป้าหมายที่จะผลักดันให้สัดส่วนรายได้ระหว่างออยล์และนอนออยล์ให้ถึงระดับ 50 : 50 เหมือนๆ กัน ร้านกาแฟในสถานีบริการน้ำมันหรือปั๊มน้ำมันเป็นหนึ่งในธุรกิจที่สร้างรายได้และทำกำไรสูงสุด สงคราม “ร้านกาแฟ” ที่สถานีบริการน้ำมันสำหรับธุรกิจร้านกาแฟในสถานีบริการน้ำมันขณะนี้ต้องถือว่า “ดุเดือด” จากบรรดาผู้ทำชิงที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกขณะ แต่ละแบรนด์ต่างเร่งเติมแนวรุกอย่างไม่ลดละ โดยเฉพาะแผนการขยายสาขาซึ่งถือเป็นความได้เปรียบของร้านกาแฟระดับกลาง ที่สัดส่วนกำไรต่อหน่วยไม่สูงจึงต้องสร้างวอลุ่มในการขาย (Positioning, 2018)

ปีที่ผ่านมา “ตลาดกาแฟ” ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์โควิด-19 ส่งผลให้ตลาดรวมกาแฟในไทยคงที่ไม่ได้เติบโต และไม่ได้ลดลงเพราะตลาดกาแฟที่มีมูลค่ารวม 60,000 ล้านบาท เจาะลึกลงไปก็กาแฟนอกบ้านที่มีมูลค่าตลาดร้านกาแฟ 17,000 ล้านบาท ที่ยังเติบโตต่อเนื่องโดยแนวโน้มของร้านกาแฟยังไม่ลดลง และพฤติกรรมผู้บริโภคที่ต้องการสถานที่ที่เป็นแหล่งพบปะรวมกลุ่มดื่มกาแฟ พิจารณาได้จากร้านกาแฟใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นมากมายที่ใช้กลยุทธ์บรรยากาศของร้านกาแฟที่ตกแต่งไว้สวยงามและมีเมนูพิเศษที่ดึงดูดผู้บริโภคให้มาใช้บริการ โดยแบรนด์ใหญ่ที่ส่วนแบ่งทางการตลาดสูงก็เร่งขยายสาขาเพื่อรองรับแนวโน้มการดื่มกาแฟของผู้บริโภค เช่น ร้านกาแฟคาเฟ่เมซอน สตาร์บัค อินทนิล และแบรนด์อื่น ๆ ที่ขยายสาขาและเปิดในสถานีบริการน้ำมันเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นการสร้างการแข่งขันในตลาดกาแฟที่เพิ่มมากขึ้น (Marketeer, 2021)

การวางแผนรุกเพื่อขยายฐานรายได้ของธุรกิจร้านกาแฟในสถานีบริการน้ำมันขณะนี้ ได้ก้าวข้ามจากยุคของธุรกิจรองสู่ธุรกิจหลักในการที่จะจูงใจผู้บริโภคที่จะมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการ เพราะทุกค่ายต่างพยายามเพิ่มจำนวนสาขา สร้างบรรยากาศให้สวยงามแตกต่าง พัฒนาเมนูหลักและรองให้มีความโดดเด่นไม่แพ้ร้านกาแฟแบรนด์ดัง ปัจจัยเหล่านี้นอกจากสะท้อนถึงความดุเดือดทางธุรกิจแล้วยังบ่งชี้ถึงไลฟ์สไตล์และรสนิยมการดื่มกาแฟรวมถึงการให้ความสำคัญกับแบรนด์ของคนไทยได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะศึกษาว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟสดในสถานีบริการน้ำมัน เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดสำหรับร้านกาแฟสดในสถานีบริการน้ำมัน แล้วสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างตรงจุด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานีบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานีบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3. ขอบเขตของการวิจัย

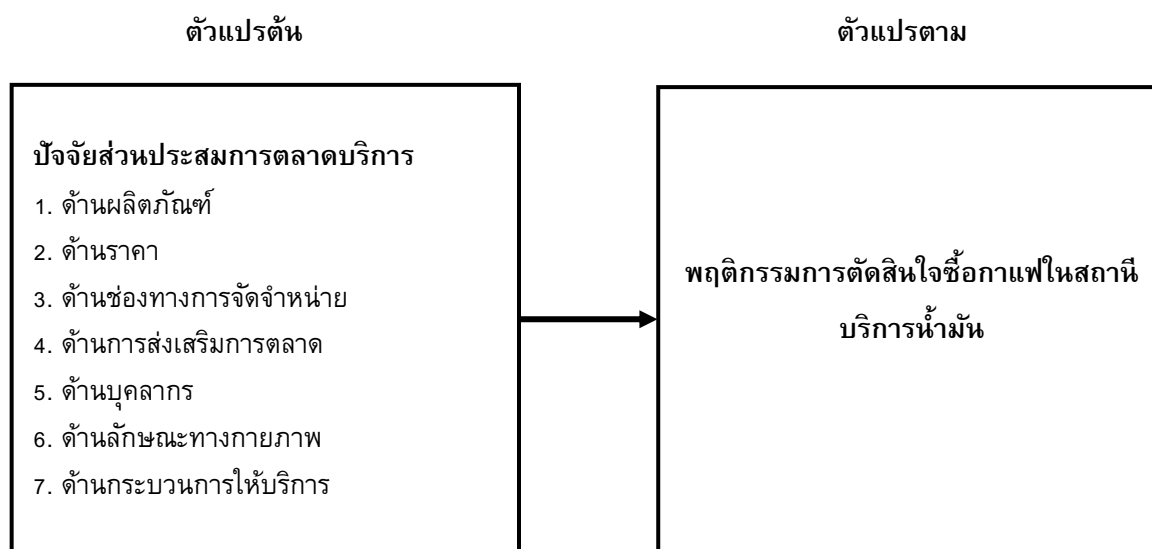
การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานีบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นการวิจัยเชิงสาเหตุ (Causal Research)

ประชากรที่ใช้การศึกษาค้างนี้ ผู้บริโภคที่ใช้บริการร้านกาแฟในสถานีบริการน้ำมันในเขตกรุงเทพและปริมณฑล
ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม ดังนี้

1. **ตัวแปรอิสระ** คือ ส่วนประสมทางการตลาดบริการ ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บุคลากร ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการให้บริการ

2. **ตัวแปรตาม** คือ 1) พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ประกอบไปด้วย จำนวนครั้งในการซื้อ ค่าใช้จ่ายในการซื้อแต่ละครั้ง และสาเหตุในการซื้อ 2) การตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ประกอบไปด้วย การตระหนักถึงปัญหา การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจเลือก และพฤติกรรมภายหลังการซื้อ

ผู้วิจัยสรุปกรอบแนวคิดของงานวิจัยจากการทบทวนวรรณกรรม เพื่อให้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1. **ประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย** คือ ผู้บริโภคที่ใช้บริการร้านกาแฟในสถานบริการน้ำมันในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน จึงกำหนดขนาดตัวอย่างแบบที่ไม่ทราบจำนวนประชากร (Roscoe, 1975) ได้ขนาดตัวอย่าง 385 คน เพื่อป้องกันข้อมูลที่เก็บได้ไม่สมบูรณ์ผู้วิจัยจึงได้เก็บข้อมูล 400 คน ใช้การเลือกตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience Sampling)

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** คือ แบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ลักษณะข้อคำถามแบบเลือกตอบ ประกอบไปด้วย จำนวนครั้งในการซื้อ ค่าใช้จ่ายในการซื้อแต่ละครั้ง และสาเหตุในการซื้อ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟ เป็นมาตราวัดประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บุคลากร ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการให้บริการ

ตอนที่ 3 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน เป็นมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ประกอบไปด้วย การตระหนักถึงปัญหา การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจเลือก และพฤติกรรมภายหลังการซื้อ

ตอนที่ 4 แบบสอบถามข้อมูลด้านภูมิหลัง ลักษณะข้อคำถามแบบเลือกตอบ และใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทนามบัญญัติ (Nominal Scale) ประกอบไปด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน และอาชีพ

แบบสอบถามตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยเกณฑ์การตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา ถ้า $IOC > 0.5$ ถือว่าข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหา (วรณี แกมเกตุ, 2555) ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC พบว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.5 - 1.00 และผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ปรับแก้ข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปทดลองใช้กับผู้บริโภคที่ซื้อกาแฟในห้างสรรพสินค้า จำนวนทั้งสิ้น 50 คน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความเที่ยงด้วยการตรวจสอบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) โดยเกณฑ์ที่ยอมรับได้มีค่าความเที่ยง .70 ขึ้นไป (บุญใจ ศรีสถิตยัณราภรณ์, 2550)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความเที่ยง

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	ความเที่ยง (α)
ส่วนประสมทางการตลาดบริการ	ผลิตภัณฑ์	0.921
	ราคา	0.923
	ช่องทางการจัดจำหน่าย	0.927
	การส่งเสริมการตลาด	0.928
	บุคลากร	0.921
	ลักษณะทางกายภาพ	0.921
	กระบวนการให้บริการ	0.919
ค่าความเที่ยงของตัวแปรส่วนประสมการตลาดบริการ		0.933
การตัดสินใจซื้อ	การตระหนักถึงปัญหา	0.852
	การค้นหาข้อมูล	0.883
	การประเมินทางเลือก	0.839
	การตัดสินใจเลือก	0.844
	พฤติกรรมภายหลังการซื้อ	0.848
ค่าความเที่ยงของตัวแปรการตัดสินใจซื้อ		0.879

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามออนไลน์ผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์ในการสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อความสะดวก

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ และสถิติอนุมาน (Inference Statistic) ประกอบด้วย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) และ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression)

5. ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอายุในภาพรวมพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ อายุ 20-30 ปี (คิดเป็นร้อยละ 59.3) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามอายุ และเพศพบว่าในกลุ่มเพศชาย ส่วนใหญ่อายุ 20-30 ปี (คิดเป็นร้อยละ 56.1) และในกลุ่มเพศหญิง ส่วนใหญ่อายุ 20-30 ปี (คิดเป็นร้อยละ 61.2)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามระดับการศึกษาสูงสุดในภาพรวมพบว่า ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษต่ำกว่าปริญญาตรี (คิดเป็นร้อยละ 47.8) รองลงมาคือปริญญาตรี (คิดเป็นร้อยละ 43.0) และปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 9.3 ตามลำดับ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามระดับการสูงสุด และเพศพบว่า ส่วนใหญ่ในกลุ่มเพศชายมีระดับปริญญาตรี (คิดเป็นร้อยละ 45.2) และส่วนใหญ่ในกลุ่มเพศหญิงมีระดับการศึกษต่ำกว่าปริญญาตรี (คิดเป็นร้อยละ 49.8) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอายุ ระดับการศึกษาสูงสุด และเพศ

ภูมิภาค	เพศ		ภาพรวม
	ชาย	หญิง	
อายุ			
ต่ำกว่า 20 ปี	10	9	19
	6.5%	3.7%	4.8%
20-30 ปี	87	150	237
	56.1%	61.2%	59.3%
31-40 ปี	35	54	89
	22.6%	22.0%	22.3%
41-50 ปี	15	25	40
	9.7%	10.2%	10.0%
มากกว่า 50 ปีขึ้นไป	8	7	15
	5.2%	2.9%	3.8%
รวม	155	245	400
	100.0%	100.0%	100.0%
ระดับการศึกษาสูงสุด			
ต่ำกว่าปริญญาตรี	69	122	191
	44.5%	49.8%	47.8%
ปริญญาตรี	70	102	172
	45.2%	41.6%	43.0%
ปริญญาโท	16	21	37
	10.3%	8.6%	9.3%
รวม	155	245	400
	100%	100.0%	100.0%

<http://jeet.siamtechu.net>

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือนในภาพรวมพบว่า ส่วนใหญ่รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000-30,000 บาท (คิดเป็นร้อยละ 57.8) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือน และเพศพบว่า ส่วนใหญ่ในกลุ่มเพศชายมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000-30,000 บาท (คิดเป็นร้อยละ 55.5) และส่วนใหญ่ในกลุ่มเพศหญิงมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000-30,000 บาท (คิดเป็นร้อยละ 59.2)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามอาชีพในภาพรวมพบว่า ส่วนใหญ่อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (คิดเป็นร้อยละ 37.0) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามอาชีพ และเพศพบว่า ส่วนใหญ่ในกลุ่มเพศชายมีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (คิดเป็นร้อยละ 38.7) และส่วนใหญ่ในกลุ่มเพศหญิงมีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (คิดเป็นร้อยละ 35.9)

ตารางที่ 3 ความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือน อาชีพ และเพศ

ภูมิหลัง	เพศ		ภาพรวม
	ชาย	หญิง	
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน			
น้อยกว่า 15,000 บาท	59	76	135
	38.1%	31.0%	33.8%
15,000-30,000 บาท	86	145	231
	55.5%	59.2%	57.8%
30,001-45,000 บาท	10	24	34
	6.5%	9.8%	8.5%
รวม	155	245	400
	100.0%	100.0%	100.0%
อาชีพ			
นักเรียน/นักศึกษา	26	68	94
	16.8%	27.8%	23.5%
พนักงานบริษัทเอกชน	60	88	148
	38.7%	35.9%	37.0%
ธุรกิจส่วนตัว	29	31	60
	18.7%	12.7%	15.0%
ข้าราชการ/ พนักงานรัฐวิสาหกิจ	21	37	58
	13.5%	15.1%	14.5%
รับจ้างทั่วไป	18	17	35
	11.6%	6.9%	8.8%
แม่บ้าน	1	4	5
	0.6%	1.6%	1.3%
รวม	155	245	400
	100.0%	100.0%	100.0%

<http://jeet.siamtechu.net>

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมกาซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ส่วนใหญ่ซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ในร้านกาแฟเพื่อเมซอน 2-3 ครั้งต่อเดือน ค่าใช้จ่ายในการซื้อกาแฟในแต่ละครั้งน้อยกว่า 100 บาท โดยสาเหตุในการซื้อชอบรสชาติ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการตลาด การส่งเสริมการตลาด บุคลากร ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการ ทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวก ขนาดปานกลางและสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังตารางที่ 4

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่าข้อมูลไม่พบปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงเชิงพหุ ค่า Tolerance มากกว่า .10 และค่า VIF มีค่าไม่เกิน 10 (สุวิมล ติรภานันท์, 2555)

ผลการวิเคราะห์ภาพรวมของโมเดลทำนายการตัดสินใจซื้อพบว่า มีตัวแปรทำนายอย่างน้อย 1 ตัวมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F_{7,389} = 171, p = .000$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลจำแนกรายตัวแปรอิสระพบว่า ตัวแปร ผลิตภัณฑ์ ราคา การส่งเสริมการตลาด ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นตัวแปรช่องทางการจัดจำหน่าย และบุคลากร ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้โมเดลทำนายการตัดสินใจซื้อมีประสิทธิภาพในการทำนายได้ร้อยละ 75.5 ($R^2 = .755$) โดยมีสมการทำนาย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของการตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บุคลากร ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการให้บริการ

ตัวแปร	เมทริกซ์สหสัมพันธ์							
	Decision	Product	Price	Place	Promotion	People	Physical Ev	Process
Decision	1							
Product	.727**	1						
Price	.739**	.762**	1					
Place	.656**	.663**	.629**	1				
Promotion	.703**	.660**	.671**	.572**	1			
People	.725**	.657**	.683**	.600**	.627**	1		
Physical Ev	.746**	.673**	.676**	.661**	.637**	.741**	1	
Process	.785**	.664**	.665**	.625**	.647**	.801**	.775**	1

** $p < .01$; $n = 400$

ตารางที่ 5 ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ MRA

Effects	Regression Coefficients					Collinearity Statistics	
	b	SE	B	t	Sig	Tolerance	VIF
(Constant)	0.160	0.115		1.397	0.163		
Product**	0.119	0.045	0.119	2.655	0.008	0.312	3.20
Price**	0.189	0.039	0.208	4.874	0.000	0.344	2.91
Place	0.035	0.034	0.038	1.022	0.308	0.445	2.25
Promotion**	0.108	0.031	0.131	3.489	0.000	0.444	2.25
People	0.028	0.040	0.032	0.722	0.471	0.308	3.25
Physical Ev**	0.122	0.044	0.123	2.748	0.006	0.314	3.19

Process**	0.330	0.045	0.351	7.316	0.000	0.273	3.67
Model Summary							
R = 0.869				R ² = 0.755			

** p<.01

$$\text{Decision} = 0.160 + 0.119(\text{Product})^{**} + 0.189(\text{Price})^{**} + 0.035(\text{Place}) + 0.108(\text{Promotion})^{**} + 0.028(\text{People}) \\ + 0.122(\text{Physical Evidence})^{**} + 0.330(\text{Process})^{**}$$

6. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่าส่วนใหญ่ซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ในร้านกาแฟคาเฟ่เมซอน 2-3 ครั้งต่อเดือน ค่าใช้จ่ายในการซื้อกาแฟในแต่ละครั้งน้อยกว่า 100 บาท โดยสาเหตุในการซื้อขอรสชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริประภา นพชัยยา (2558) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟจากร้านคาเฟ่ เมซอน ในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ซื้อกาแฟจากร้านคาเฟ่ เมซอน ในสถานบริการน้ำมัน ปตท. มีค่าใช้จ่ายในการซื้อกาแฟครั้งละ 100 บาท สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะพรณ ผิวเหลือง (2553) ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้บริการร้านกาแฟในอำเภอเมืองลำปาง และนิอร สิงห์ธัญเรือง (2555) ศึกษาพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการบริหารจัดการร้านกาแฟสด ในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา และสมสกุล นิรันดร์ไชย (2554) ศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้บริการร้านกาแฟควับแบบสแตนดาร์ดโตน (Stand-Alone) ของผู้บริโภคในอำเภอเมืองเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า เหตุผลที่เลือกใช้บริการร้านกาแฟสด คือ ดึงใจในรสชาติของเครื่องดื่ม เนื่องจากมีทัศนคติที่ดีหลังบริโภคเครื่องดื่ม เกิดความพึงพอใจต่อรสชาติเครื่องดื่ม ผู้บริโภคเกิดการรับรู้และเกิดความต้องการสินค้าอีก และค่าใช้จ่ายต่อครั้งที่เลือกใช้บริการ อยู่ที่ 51-100 บาท เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 15,000 – 30,000 บาท ถือว่ารายได้อยู่ในระดับปานกลาง ทำให้ค่าใช้จ่ายต่อการตัดสินใจตัดสินใจเลือกซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันในแต่ละครั้งน้อยกว่า 100 บาท ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในระดับปานกลางเช่นกัน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภค จากผลการวิจัย พบว่า มีปัจจัย 5 ปัจจัย ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ได้แก่ ผลลัพธ์ ราคา การส่งเสริมการตลาด ลักษณะทางกายภาพ และกระบวนการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา ละมุล (2559) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกใช้บริการร้านกาแฟสดคาเฟ่เมซอน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนประสมทางการตลาดเพื่อบริการด้านผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะทางกายภาพ และด้านกระบวนการให้บริการ ส่งผลต่อพฤติกรรมหลังการซื้อในการตัดสินใจเลือกใช้บริการร้านกาแฟสดคาเฟ่เมซอนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริประภา นพชัยยา (2558) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟจากร้านคาเฟ่ เมซอน ในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟจากร้านคาเฟ่ เมซอน ในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟจากร้านคาเฟ่ เมซอน ในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล คือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ปัจจัยด้านนำเสนอลักษณะทางกายภาพ และปัจจัยด้านบุคลากรและกระบวนการให้บริการ ซึ่งในการดำเนินธุรกิจร้านกาแฟในสถานบริการน้ำมันมีหลายองค์ประกอบที่จะทำให้ธุรกิจประสบความสำเร็จ ประกอบไปด้วย 1) ผลลัพธ์ที่จะสร้างจุดความแตกต่างให้กับร้านกาแฟที่เน้นคุณภาพของกาแฟในการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ เพื่อจะได้รสชาติที่ดีถูกใจแก่ผู้บริโภค อีกทั้งมีการจัดเมนูต่าง ๆ ให้เลือกมากมาย ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี ถ้าผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในเรื่อง

<http://jeet.siamtechu.net>

ของผลิตภัณฑ์ รวมถึงภาชนะ และบรรจุภัณฑ์มีความปลอดภัย สวยงามแก่ผู้บริโภค จะทำให้ธุรกิจอยู่รอดและมีการเติบโตมากขึ้น 2) ราคาที่จะเป็นต้นทุนให้เกิดการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยถ้าผู้บริโภคสามารถที่จะประเมินการรับรู้ของตนเองในการเปรียบเทียบรสชาติ คุณภาพ ขนาดของผลิตภัณฑ์กับราคาที่ผู้บริโภคจ่ายไปแล้วเกิดความคุ้มค่าหรือได้รับประโยชน์เกินความคาดหวังที่ผู้บริโภคจะได้รับ จะทำให้ผู้บริโภคเกิดการยอมรับในราคาที่เหมาะสมและตัดสินใจกลับมาซื้อซ้ำ 3) การส่งเสริมการตลาดเป็นการสื่อสารกับผู้บริโภคโดยใช้เครื่องมือที่มีความหลากหลายด้วยการโฆษณา การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่าง ๆ การจัดกิจกรรมให้ลูกค้าได้ร่วมกิจกรรม การส่งเสริมการขาย เพื่อเป็นการชักชวนให้ลูกค้าให้เห็นประโยชน์และเป็นแรงกระตุ้นการตัดสินใจซื้อได้เร็วมากขึ้น 4) ลักษณะทางกายภาพเป็นการสร้างการนำเสนอลักษณะทางกายภาพให้แก่ลูกค้า ร้านกาแฟจะต้องมีเอกลักษณ์พิเศษที่แตกต่างจากร้านหรือธุรกิจประเภทเดียวกันอย่างมาก โดยให้ความสำคัญเรื่องของการออกแบบตัวร้านให้มีความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ขายให้เหมาะสมกับรูปแบบของสถานที่บริการในแต่ละพื้นที่ มีการตกแต่งร้านทันสมัย ทำให้ได้บรรยากาศในร้านเป็นกันเองมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของร้าน และ 5) กระบวนการให้บริการเป็นการออกแบบกระบวนการให้บริการในร้านกาแฟให้มีความสะดวกและรวดเร็ว มีการจัดฝึกอบรมพนักงานให้มีความเป็นมืออาชีพ และกระบวนการให้บริการมีความรวดเร็ว เพื่อให้ผู้รับบริการเกิดความประทับใจและพึงพอใจต่อบริการ

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

ผู้ประกอบการสามารถนำผลการวิจัยที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดของธุรกิจร้านกาแฟในสถานบริการน้ำมัน เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างตรงตามความต้องการ และสามารถแข่งขันในธุรกิจร้านกาแฟได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ว่ามีปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อกาแฟในสถานบริการน้ำมัน เพื่อเพิ่มเติมและรองรับความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต

2) ควรศึกษาการวิจัยคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมาประกอบและสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของด้านต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Marketeer. (2021, 22 กุมภาพันธ์). ตลาดกาแฟ: ยิ่งดื่ม ยิ่งเปิดสาขาเพิ่ม ยิ่งโต.
<https://marketeeronline.co/archives/210206Positioningmag>. (2018, 29 กรกฎาคม). เจาะสงคราม “ร้านกาแฟ” ในบิ๊มน้ำมัน
สู่ชนกาแฟนอกบิ๊ม. <https://thai.ac/news/show/150012>
- [2] มนต์ ศรีวงษ์. (2563, 24 กุมภาพันธ์). แนวโน้มธุรกิจกาแฟเมืองไทย ปี2563.
<http://www.thaifranchisecenter.com/document/show.php?doculD=5613>
- [3] บมจ. ธนาคารกรุงเทพ. (2559, 22 พฤษภาคม). กาแฟรุ่ง เครือข่ายร้านกาแฟแห่งสุดเป็นดอกเห็ด.
<http://www.bangkokbanksme.com/article/1743>
- [4] บุญใจ ศรีสถิตยรรณกร. (2550). ระเบียบวิธีวิจัยทางพยาบาลศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ยูแออนด์ไอ
อินเตอร์มีเดีย.
- [5] วันเพ็ญ พุทธานนท์. (2562, 8 กรกฎาคม). ส่องแนวรบสมรภูมิ “ร้านกาแฟ” ในบิ๊มน้ำมัน ท่าเลทองที่ยังหอมกรุ่น
แต่แข่งดุ. <https://www.thebangkokinsight.com/news/business/172728/>
- [6] วรณี แกมเกตุ. (2555). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- [7] ศิริประภา นพชัยยา. (2558). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟจากร้านคาเฟ่ อเม
ซอน ในสถานบริการน้ำมัน ปตท. ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์].
- [8] สุกัญญา ละมุล. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกใช้บริการร้านกาแฟสดคาเฟ่ อเมซอน
[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร]. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [9] สุวิมล ติรภานนท์. (2555). การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] Roscoe, Johh T. (1975). *Fundamental Research Statistics for the Behavioral Sciences*. New York: Holt
Rinehart and Winston, Inc.

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ในประเทศไทย

Lifecycle Assessment of Greenhouse Gas Emission Railway Concrete Bridge in Thailand

ปณิธิ นาก่อนทอง¹ และ พีร์นิต อักษร^{2*}

Panithi Nakhonthong¹ Preenithi Aksorn^{2*}

* นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* Corresponding author, E-mail: preenithi@kku.ac.th

Received: September 10, 2022

Revise: November 16, 2022

Accepted: November 17, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงจากสมการของ IPCC ซึ่งคิดในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ศึกษาจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ช่วงสถานี บางเค็ม – สถานีเขาย้อย และคิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกแยกตามหมวดหมู่ งานก่อสร้าง ได้แก่ งานเสาเข็มคอนกรีต งานฐานราก งานคาน I – Girder งานพื้นคอนกรีตสะพาน รวมไปถึงแบ่งขอบเขตของการวิจัยเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง ช่วงการขนส่งวัสดุ และช่วงก่อสร้าง จากการศึกษาพบว่าโครงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 55,870 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยช่วงการผลิตวัสดุก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจกปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.36 มีสาเหตุจากการใช้วัสดุประเภทเหล็กเสริมคอนกรีตและคอนกรีตผสมเสร็จในงานคาน I Girder และงานเสาเข็มคอนกรีต

คำสำคัญ: การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก, สะพานรถไฟ, โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ

Abstract

The aim of this research was to estimate the greenhouse gas emissions from the double-track railway bridge construction project by life cycle assessment. Analysis of the data will allow the calculation of greenhouse gas emissions in relation to the IPCC equations in kilograms of carbon dioxide equivalent. Study for the construction of a double-track railway bridge project Bang Khem Station to Khao Yoi Station and greenhouse gas emissions are divided according to construction categories, including concrete pile work, foundation work, I-Girder beam work, deck slab work. The research scope is divided into three stages: construction material production, material transportation and construction. It was found that the project emitted 55,870 tons of carbon dioxide equivalent. The production of construction materials generated the most greenhouse gases representing 97.36 per cent, caused by the use of reinforcing bar and ready-mixed concrete in the I girder beam and precast concrete pile work.

Keywords: Greenhouse gas emission assessment, Railway bridge concrete project, Railway infrastructure

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโลกจากการพัฒนาเศรษฐกิจตั้งแต่การมนุษย์เริ่มปฏิบัติอุตสาหกรรมส่งผลก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่รุนแรงมากขึ้นในทุกภูมิภาคของโลก โดยนักวิทยาศาสตร์คาดการณ์ว่าอาจจะใช้เวลาเป็นร้อยปีหรือพันปี [1] ซึ่งหนึ่งในกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นจากกระบวนการของอุตสาหกรรมและการก่อสร้าง [2] กล่าวไว้ในอุตสาหกรรม การก่อสร้างก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 39 ของทั่วโลก และร้อยละ 11 มาจากกิจกรรมการผลิตวัสดุ เพื่อใช้สำหรับการก่อสร้าง ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานมากมายตามแผนพัฒนายุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี จากการศึกษา [3] โครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานเป็นแหล่งก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการที่จะบรรเทาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากระบบการขนส่ง จำเป็นที่จะต้องทำการพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรหรือการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle Assessment) มาปรับใช้ [4] เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในงานก่อสร้าง [5-6] เพื่อที่จะเข้าใจในกระบวนการต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนิยมใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ในการวิเคราะห์และติดตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับโครงการ งานวิจัยภายในประเทศ [4,7-9,10-11] จะศึกษาการก่อสร้างประเภทอาคารไม่ว่าจะเป็นแนวราบหรือแนวดิ่ง การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงสร้างพื้นฐานภายในประเทศยังมีไม่มาก อีกทั้งด้วยปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานตามแผนพัฒนายุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าทางคู่ ช่วงนครปฐม-หัวหิน สัญญาที่ 1 เป็นโครงการก่อสร้างด้านคมนาคมขนาดใหญ่เพื่อพัฒนาการคมนาคมเส้นทางสายใต้ของประเทศ ซึ่งมีเจ้าของโครงการ คือ การรถไฟแห่งประเทศไทย มูลค่าโครงการ 8.2 พันล้านบาท ขอบเขตงานประกอบด้วย งานระบบราง ระยะทางรวม 93 กิโลเมตร งานโครงสร้าง โดยเป็นงานก่อสร้างสะพานรถไฟ คสล. จำนวน 80 สะพาน โครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ช่วงสถานีบางเค็ม – สถานีเขาย้อย ถือเป็นโครงการหนึ่งในหมวดงานสะพานรถไฟของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าทางคู่ ซึ่งโครงการเหล่านี้เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกหากไม่มีการกำหนดนโยบายรวมถึงศึกษาลักษณะแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโครงการลักษณะนี้ ในอนาคตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศอาจเพิ่มสูงอย่างไม่มีการควบคุม [12]

ดังนั้นในการวิจัยนี้มีความต้องการที่จะศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการก่อสร้าง โดยศึกษาจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ช่วงสถานีบางเค็ม – สถานีเขาย้อย ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างเพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งทางรางและแผนการพัฒนาการเชื่อมโยงโครงข่ายการคมนาคม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาศึกษาวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเมินหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟ แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง ช่วงการขนส่งวัสดุก่อสร้าง และ ช่วงก่อสร้าง โดยศึกษาจากโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ช่วงสถานีบางเค็ม – สถานีเขาย้อย และเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้าง

3. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ต้องการที่จะวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก ซึ่งจะคำนวณออกมาในหน่วย กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า ($\text{kg CO}_2\text{-eq}$) โดยที่ค่าตัวแปรหรือปริมาณที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือยากที่จะทำการศึกษาเนื่องจากความซับซ้อนจะไม่ถูกนำมาคำนวณ ได้แก่ ค่าความสึกหรอของเครื่องจักร การใช้น้ำประปาภายในโครงการ และการกำจัดเศษวัสดุก่อสร้างในโครงการ

3.1 ข้อมูลโครงการกรณีศึกษา

โครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ (ช่วงสถานีบางเค็ม-สถานีเขาย้อย) มีเจ้าของโครงการ คือ การรถไฟแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม มูลค่าโครงการ 979,816,524.21 ล้านบาท โดยแบ่งเป็น งานเสาเข็มคอนกรีต 38.72% งานฐานราก 10.04% งานคาน I – Girder 34.96% งานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 14.81% งานระบบระบายน้ำ 0.48% และงานราวกันตก 0.99%



รูปที่ 1 โครงการก่อสร้างสะพาน Concrete Railway Bridge ช่วงสถานี บางเค็ม - เขาย้อย

3.2 การเก็บข้อมูล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ได้เลือกใช้ฐานข้อมูลจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) และฐานข้อมูลของหน่วยงาน MTEC (Thai Lifecycle Inventory : TLCI) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลภายในประเทศ และได้นำฐานข้อมูลจากต่างประเทศที่เป็นที่ยอมรับมาใช้งานวิจัยด้วย เช่น ฐานข้อมูลของ Inventory of Carbon and Energy (ICE) ของ University of Bath [14]

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงผลิวัสดุก่อสร้าง

Construction Material	Emission Factor	Unit
Sand	0.0037	kg CO ₂ - eq/kg
Lean Concrete (10 Mpa)	240.00	kg CO ₂ - eq/m ³
Structure Concrete 400 Ksc. (40 Mpa)	362.40	kg CO ₂ - eq/m ³
Structure Concrete 350 Ksc. (35 Mpa)	316.80	kg CO ₂ - eq/m ³
Structure Concrete 300 Ksc. (30 Mpa)	271.20	kg CO ₂ - eq/m ³
Reinforced Concrete Bar and Tie Rod	2.77	kg CO ₂ - eq/kg
Plate	3.27	kg CO ₂ - eq/kg
General Steel	2.89	kg CO ₂ - eq/kg
Wire	3.02	kg CO ₂ - eq/kg
Polyvinyl Chloride (PVC)	2.1415	kg CO ₂ - eq/kg

ที่มา: Thai National LCI Database/MTEC, The Inventory of Carbon and Energy (ICE) University of Bath, World steel Data [13,14]

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งวัสดุก่อสร้าง บางส่วน

Transportation Description	Emission Factor	Unit
รถบรรทุก 10 ล้อ ดัดเครน บรรทุกเต็มพิกัด จาก 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Load	0.0957	kg CO ₂ - eq/t-km
รถบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ บรรทุกเต็มพิกัด 32 ตัน วิ่ง ปกติ Full Load	0.0449	kg CO ₂ - eq/t-km
รถกระบะบรรทุก 22 ล้อ บรรทุกเต็มพิกัด 32 ตัน วิ่งปกติ Full Load	0.4590	kg CO ₂ - eq/t-km

ที่มา: Thai National LCI Database/MTech (With TGO Electricity 2014) [13]

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงของการก่อสร้าง

Construction Machinery and Equipment	Emission Factor	Unit
Stationary Combustion – Diesel Oil	2.7076	liter
Mobile Combustion (On Road) – Diesel Oil	2.7403	liter
Mobile Combustion (Off Road) – Diesel Oil	2.9790	liter
Electricity, Grid mix – Diesel Oil	0.4999	kWh

ที่มา: Thai National LCI Database From IPCC Vol.2 Table 2.2, DEDE and ARS [13]

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้วัสดุในโครงการ (Construction Material Data) ข้อมูลส่วนนี้ได้จากเอกสารที่บันทึกไว้ในหน่วยงานก่อสร้างโดยตรงจากโครงการก่อสร้าง เป็นข้อมูลการใช้วัสดุจริงในโครงการ และจากรายการวัสดุก่อสร้าง (Bill of Quantity) บางส่วน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการขนส่งวัสดุก่อสร้าง (Transportation Data) ข้อมูลส่วนนี้ได้จากเอกสารที่บันทึกไว้ในหน่วยงานก่อสร้าง โดยข้อมูลจะระบุแหล่งจัดจำหน่ายวัสดุก่อสร้างซึ่งสามารถนำไปหาระยะทางและประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งได้

ส่วนที่ 4 ข้อมูลกิจกรรมของการทำงานก่อสร้าง (Construction Activity Data) เพื่อนำไปคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้าง โดยข้อมูลกิจกรรมของการทำงานก่อสร้างสามารถหาได้จากรายงานประจำวันของโครงการและข้อมูลการใช้น้ำมันจากเครื่องจักรในโครงการก่อสร้าง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงสมการของ IPCC ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ได้หลากหลายและสามารถปรับเปลี่ยนตัวแปร [15] เพื่อให้ประเทศในภาคีที่มีความแตกต่างกันด้านข้อมูลสามารถคำนวณได้ตามมาตรฐานเดียว มีสมการดังนี้ [16]

$$FC_i = H_i \times FE_i \quad (1)$$

$$E_{f, GHG} = \sum_i FC_i \times EF_{f, GHG} \quad (2)$$

โดยที่ FC_i จำนวนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือพลังงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง i ในโครงการก่อสร้างมีหน่วยเป็น Liter หรือ kWh และ H_i คือชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรในโครงการมีหน่วยเป็น ชั่วโมง และ FE_i คือ อัตราการใช้

พลังงานของเครื่องจักรในโครงการ โดยที่ $E_{f,GHG}$ คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ถูกปล่อยจากเครื่องจักร และ $EF_{fi,GHG}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเครื่องจักรมีหน่วยเป็น kg CO₂-eq /liter หรือ kg CO₂-eq/kWh การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการผลิตวัสดุก่อสร้างจะถูกคำนวณโดยการคูณปริมาณการใช้วัสดุกับสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังสมการที่ 3

$$E_{m,GHG} = \sum_i (Q_m \times EF_{mi,GHG}) \quad (3)$$

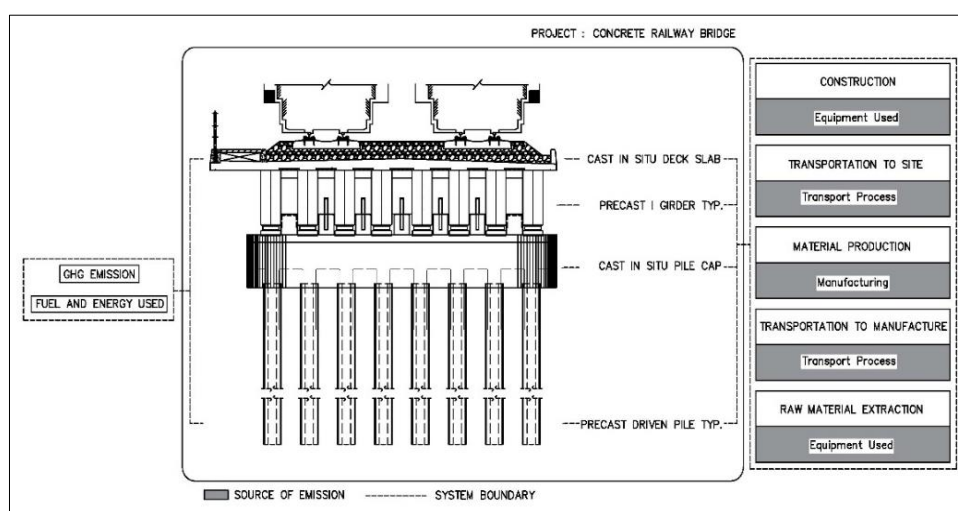
โดยที่ $E_{m,GHG}$ คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง Q_m คือปริมาณการใช้วัสดุในโครงการก่อสร้างมีหน่วยเป็น Unit และ $EF_{mi,GHG}$ คือค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างมีหน่วยเป็น kg CO₂-eq /Unit

และในช่วงการขนส่งวัสดุระยะทางการขนส่งวัสดุจะถูกคูณด้วยน้ำหนักในการขนส่งวัสดุนั้นๆ แล้วจึงนำมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งแต่ละประเภทตามวัสดุก่อสร้างนั้นๆ ดังสมการที่ 4

$$E_{t,GHG} = \sum_i (Q_t \times EF_{ti,GHG}) \quad (4)$$

โดยที่ $E_{t,GHG}$ คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง Q_t คือปริมาณการขนส่งวัสดุมายังโครงการก่อสร้างมีหน่วยเป็น ตัน-กิโลเมตร และ $EF_{ti,GHG}$ คือค่าสัมประสิทธิ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของการขนส่ง

จากรูปที่ 2 แยกตามหมวดหมู่และจัดลำดับตามปริมาณตามหมวดหมู่งานหลักๆ ได้แก่ งานเสาเข็มคอนกรีต งานฐานราก งานคาน I – Girder งานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมไปถึงแยกตามขอบเขตของการวิจัย ได้แก่ ช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง ช่วงการขนส่งวัสดุก่อสร้าง และช่วงก่อสร้าง ตามกรอบแนวคิดของการวิจัย



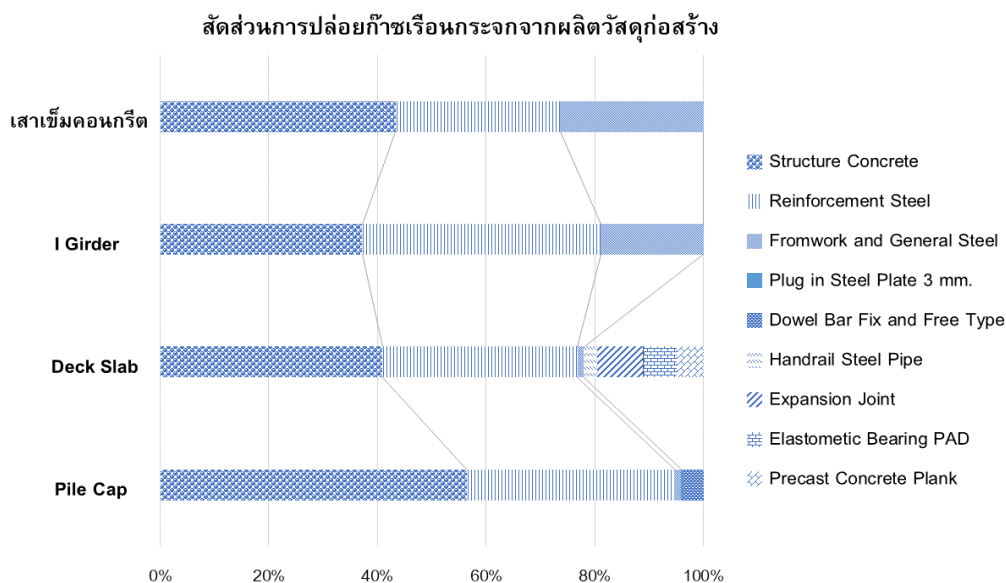
รูปที่ 2 แสดง System Boundary ของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4. ผลการศึกษา

4.1 ช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง

การวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงการผลิตวัสดุก่อสร้างพบว่าในช่วงผลิตวัสดุก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจก 54,397,273.39 kg CO₂-eq โดยงาน I Girder มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดที่ คิดเป็นร้อยละ 39.01 งานเสาเข็มคอนกรีต 30.04 งานพื้นคอนกรีตสะพาน (Deck Slab) 18.09 และงานฐานราก (Pile Cap) คิดเป็นร้อยละ 18.09 และ 12.86 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4

ซึ่งจากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าในงาน I Girder มีการใช้เหล็กเสริมคอนกรีตในปริมาณที่มาก ซึ่งทำให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 43.89 จากทั้งหมดของงาน I Girder และใช้คอนกรีต โดยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นร้อยละ 37.21 และในงานแบบเหล็กและเหล็กทั่วไป ปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นร้อยละ 18.89 ในกรณีเดียวกันงานเสาเข็มคอนกรีต เหล็กเสริมคอนกรีตปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 30.32 จากทั้งหมดของงานเสาเข็ม วัสดุคอนกรีตปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 43.30 และแบบเหล็กและเหล็กทั่วไป ปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 26.38 ในงานพื้นคอนกรีตสะพาน (Deck Slab) มีการใช้คอนกรีตปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 40.94 และเหล็กเสริมคอนกรีตปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 35.90 และวัสดุอื่น ๆ ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันคิดเป็นร้อยละ 23.15 เช่นเดียวกันกับงานฐานราก (Pile Cap) การใช้คอนกรีตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 56.35 และเหล็กเสริมคอนกรีตซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 38.28 รวมไปถึงวัสดุอื่น ๆ ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 5.37



รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากช่วงการผลิตวัสดุก่อสร้าง

4.2 ช่วงการขนส่งวัสดุ

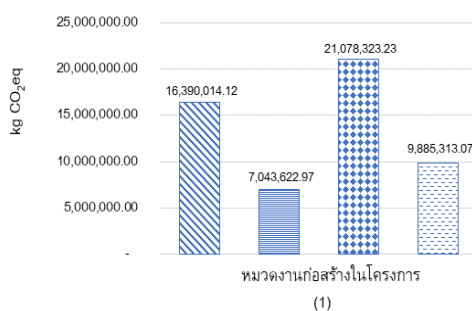
การวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงการขนส่งวัสดุก่อสร้างพบว่าในช่วงผลิตวัสดุก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจก 811,656.65 kg CO₂-eq โดยในการขนส่งเสาเข็มคอนกรีตเป็นงานที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากระยะทางการขนส่งค่อนข้างไกลและปริมาณเสาเข็มที่มีจำนวนมากเท่ากับ 4,515 ต้น โดยปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 47.36 ของการขนส่งทั้งหมด การขนส่งคานคอนกรีต I Girder มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากเช่นกัน เนื่องจากการขนส่งมีระยะทางไกล และน้ำหนักของ I Girder มีน้ำหนักมากทำให้สามารถขนส่งได้ทีละ 1 ชิ้นต่อเที่ยว โดยปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 40.14 งานฐานราก และงานพื้นสะพาน คิดเป็นร้อยละ 5.13 และ 6.73 ตามลำดับ การขนส่งส่วนใหญ่

เป็นการขนส่งคอนกรีตมายังสถานที่ก่อสร้าง และการขนส่งเครื่องจักรมายังสถานที่ก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 0.63

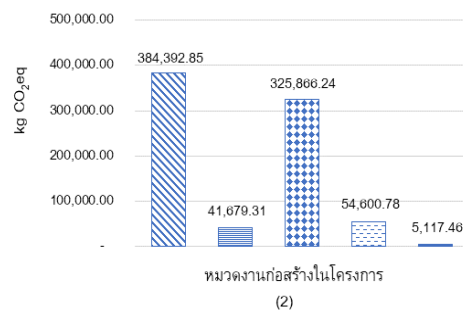
4.3 ช่วงก่อสร้าง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในช่วงการก่อสร้างจะพบว่าในช่วงการก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวน 661,878.52 kg CO₂-eq ซึ่งในงานฐานรากเป็นงานที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50.15 ของช่วงก่อสร้าง เนื่องจากในการทำงานมีเครื่องจักรหนักเพื่อใช้ในการขุดดินและงานขุดดิน มากกว่างานอื่น เช่น Excavator และ Vibro Hammer ที่มีอัตราการใช้น้ำมันเป็นจำนวนมากที่ 99,970.83 ลิตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 48 จากการใช้น้ำมันทั้งหมด ในงานพื้นสะพานเป็นงานที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมาคิดเป็นร้อยละ 17.91 ซึ่งเกิดจากเหล็กเสริมคอนกรีต และงานเทคอนกรีต ที่จำเป็นต้องใช้คอน 25 ตัน ในการสนับสนุน รวมไปถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในงานเสาเข็มและงานติดตั้ง I Girder มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใกล้เคียงกันคิดเป็นร้อยละ 10.74 และ 11.27 ตามลำดับ เนื่องจากงานคอนกรีตหล่อสำเร็จมีการเครื่องจักรที่น้อยกว่าและสามารถทำงานได้เสร็จเร็วกว่างานหล่อในที่ งานขนส่งวัสดุภายในสถานที่ก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 9.93 ของช่วงก่อสร้าง

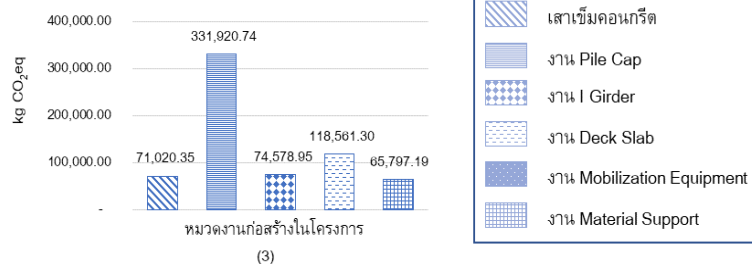
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากช่วงการขนส่งวัสดุ



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากช่วงก่อสร้าง



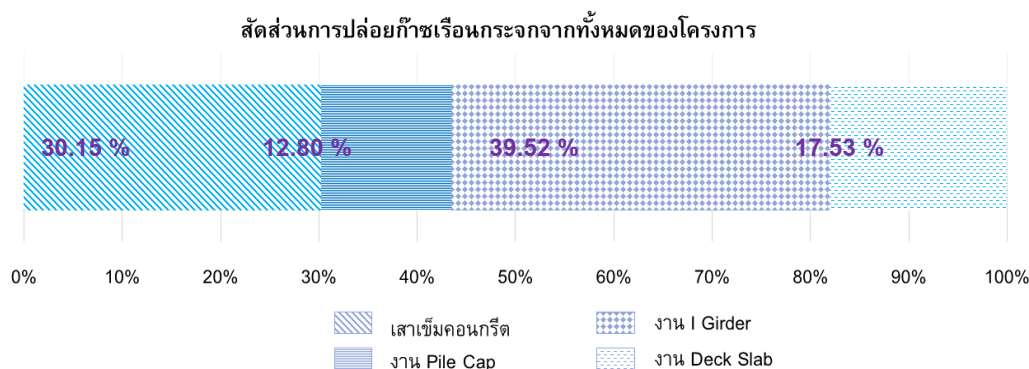
รูปที่ 4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง (2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงขนส่งวัสดุ (3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงก่อสร้าง

5. สรุปและเสนอแนะ

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโครงการก่อสร้างสะพานรถไฟทางคู่ ช่วง สถานี บางเค็ม – เขาย้อย โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตโครงการ หรือ LCA มีตัวแปร คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปริมาณการใช้พลังงานในโครงการก่อสร้าง รวมไปถึงปริมาณการใช้วัสดุก่อสร้างเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณ ซึ่งวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถชี้ให้เห็นถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนทั้งทางตรงหรือทางอ้อม ตั้งแต่ช่วงช่วงผลิตวัสดุก่อสร้าง การขนส่งวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งาน รวมไปถึงช่วงการลื้อถอนและกำจัดซาก แต่ด้วยการประเมินวัฏ

จักรชีวิตครอบคลุมหลายช่วงโครงการทำให้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก ใช้เวลาในการคำนวณและรวบรวมผลการวิจัย จากการศึกษายังมีข้อจำกัดในด้านข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ

ผลจากการศึกษาพบว่าในโครงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 55,870.8 ton CO₂-eq โดยในช่วงผลิตวัสดุก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 97.36 ช่วงการขนส่งวัสดุปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.45 ในช่วงการก่อสร้างปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นคิดเป็นร้อยละ 1.19 เมื่อคิดต่อกิโลเมตร 10,531 ton CO₂-eq ต่อกิโลเมตร จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ว่าในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าความเร็วสูงชนิดงานที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคืองานสะพาน [3, 16, 20] จากการศึกษาของ Yuan Chang และ Shuhua Lei พบว่าในงานสะพานและรางน้ำปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 75 จากทั้งโครงการ ซึ่งเมื่อคิดต่อกิโลเมตร 26,445 - 32,204 ton CO₂-eq ต่อกิโลเมตร [16, 20] ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้างสะพาน ปริมาณงาน และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างแตกต่างกันไปตามภูมิประเทศ จากการศึกษาพบในงานคาน I – Girder ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รวมไปถึงงานเสาเข็มคอนกรีตคิดเป็นร้อยละ 39.52 และ 30.15 ตามลำดับโดยจะเห็นสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังรูปที่ 5 ดังนั้นเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ลดการวัสดุก่อสร้างหรือใช้พลังงานในการผลิตให้คุ้มค่า



รูปที่ 5 แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโครงการ

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานภายในประเทศเพื่อเป็นตัวชี้วัดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเชิงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการศึกษาวิจัยภายในประเทศยังไม่ครอบคลุมถึงช่วงการใช้งาน ล้อย่อน รวมไปถึงการกำจัดซาก ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมให้ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิต อีกทั้งยังควรศึกษาในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ เช่น โครงการถนน โครงการสนามบิน

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากการกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีร์นิธิ อักษร อาจารย์ที่ปรึกษาทางวิจัย ขอขอบพระคุณข้อมูลจาก การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) บริษัท เอ.เอส.แอลโซซิเอท เอนยีเนียร์ (1964) จำกัด รวมไปถึง บริษัท นาวาร์ตัน พัฒนาการ จำกัด (มหาชน) และมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). Low Carbon Society Guidebook. Low Carbon Society Guidebook. First Edition, Laksi District, Bangkok: Taweewat Printing Co., Ltd.2015.
- [2] GABC Global Alliance for Buildings and Construction. International Energy Agency and the United Nations Environment Program: 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.2019.
- [3] Chang, B., & Kendall, A. Life cycle greenhouse gas assessment of infrastructure construction for California's high-speed rail system. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16(6), 429-434. (2011)
- [4] Aransiri K. Greenhouse Gas Emissions from Construction Materials and Processes. King Mongkut's University of Technology Thonburi/Bangkok. (2010)
- [5] Seo Y, Kim SM. Estimation of materials-induced CO₂ emission from road construction in Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews; 26:625-31.2013 Oct 1.
- [6] Fenner, A. E., Kibert, C. J., Woo, J., Morque, S., Razkenari, M., Hakim, H., & Lu, X. The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94, 1142-1152. (2018).
- [7] ชลิตา สุวรรณ, ธณัฐยศ สมใจ. Comparative Greenhouse Gas Evaluation of House Construction: A Conventional House versus an Interlocking Block House. วารสาร วิชาการ พระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 30(4), 570-577.(2020).
- [8] ธณัฐวิภา รุ่งเรืองธนาผล. “การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและการใช้งานของอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ การเคหะแห่งชาติ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2559.
- [9] หทัยรัตน์ ลอยประโคน. “การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสร้างบ้านผู้มีรายได้น้อยในประเทศไทย”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2557)
- [10] นิกร เจียมวรพงศ์. การศึกษากระบวนการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสำหรับบ้านพักอาศัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2555).
- [11] วรณิดา ปานทอง. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานในอาคารประเภทอาคารชุดที่พักอาศัย ช่วงก่อสร้างและพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2557).
- [12] ธวัชจิว บุญชู. การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ เพื่อลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรกลในกระบวนการก่อสร้างทางรถไฟ (Doctoral dissertation, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย). (2559).
- [13] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2564). [สืบค้นเมื่อ วันที่ 2 มกราคม 2565]. ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/>
- [14] Hammond G, Jones C, Lowrie EF, Tse P. Embodied carbon. The inventory of carbon and energy (ICE). Version (2.0). 2011.
- [15] IPCC SE, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories-volume 2: Energy.

- [16] Lee JY, Lee CK, Chun YY. Greenhouse gas emissions from high-speed rail infrastructure construction in Korea. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020 Oct 1; 87:102514.
- [17] Mao C, Shen Q, Shen L and Tang L. Comparative study of greenhouse gas emissions between off-site prefabrication and conventional construction methods: Two case studies of residential projects. *Energy and Buildings*. (2013) 66, 165-176.
- [18] McLellan BC, Williams RP, Lay J, Van Riessen A, Corder GD. Costs and carbon emissions for geopolymer pastes in comparison to ordinary portland cement. *Journal of cleaner production*. 2011 Jun 1;19(9-10):1080-90.
- [19] López-Mesa B, Pitarch Á, Tomás A, Gallego T. Comparison of environmental impacts of building structures within situ cast floors and with precast concrete floors. *Building and environment*. 2009 Apr 1;44(4):699-712.
- [20] Chang Y, Lei S, Teng J, Zhang J, Zhang L, Xu X. The energy use and environmental emissions of high-speed rail transportation in China: A bottom-up modeling. *Energy*. 2019 Sep 1; 182:1193-201.

การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในอำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

Development of Mobile Application to Management Travel Trip Buddhist Tourism with Participation of Tourists in Mueang Nonthaburi District, Nonthaburi Province

Received: July 4, 2022

Revise: November 20, 2022

Accepted: November 24, 2022

นุชรรัตน์ นุชประยูร¹ และจิตตฤ พูลวัน²

¹สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Corresponding author E-mail: nuchsharat.n@rmutsb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วม และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้สนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี จำนวน 30 คน ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โมบายแอปพลิเคชันนี้ทำการพัฒนาขึ้นด้วยแอนดรอยด์สตูดิโอและจัดเก็บข้อมูลด้วยมายเอสคิวแอล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วม และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ มีลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลำดับการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวที่ผู้กำหนด แสดงเส้นทางการเดินทางด้วย Google Map สืบค้นข้อมูลร้านอาหาร สถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ สถานที่ถูกใจได้ ผลการประเมินหาประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.42) และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.49$, S.D. = 0.59)

คำสำคัญ: โมบายแอปพลิเคชัน, การท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนา, การท่องเที่ยวแบบมีส่วนร่วม

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop a mobile application for Buddhist tourism planning with participation of tourists in Mueang Nonthaburi District. 2) to assess the performance of mobile applications and 3) to study user satisfaction of developed mobile applications. The sample group consisted of people

interested in traveling in Buddhist tourist sites located in Mueang Nonthaburi District. Nonthaburi Province, 30 people selected a specific sample group. Mobile application developed with Android Studio and MySQL. Tools used in research was Competitive Buddhist Tourism Planning Mobile Application Performance Assessment Form and user satisfaction assessment form It is characterized as a 5-level Rating Scale. The statistics used are mean, standard deviation.

The results revealed that the researcher developed A mobile application for planning Buddhist tourism with participation of tourists in Mueang Nonthaburi district. Nonthaburi Province Developed can help travel sequences to user-defined attractions. Show travel directions with Google Map, search for restaurant information. major attractions an emergency location. The results of mobile application performance evaluation by 5 experts, the overall level is at the highest level ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.42). The overall satisfaction of users with the Buddhist tourism planning mobile application was at a high level ($\bar{X} = 4.49$, S.D. = 0.59).

Keywords: Mobile Application, Buddhist tourism, Participation of Tourists

1. บทนำ

การท่องเที่ยวถือว่าเป็นรายได้หลักของหลายประเทศ โดยองค์การการท่องเที่ยวโลก (World Tourism Organization: UNWTO) ได้มีการคาดเดาสถานการณ์การท่องเที่ยว ไว้ว่าจะมีนักท่องเที่ยวทั่วโลกราว 1,600 ล้านคนต่อปี เมื่อถึงปี ค.ศ. 2020 (ชนกฤต สังข์เนย, 2550) [2] ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตทางการท่องเที่ยวมีด้วยกันหลายปัจจัยประกอบไปด้วย ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ เทคโนโลยี การเมือง ประชากร สิ่งแวดล้อมความปลอดภัยในการเดินทาง เป็นต้น การเดินทางมาของนักท่องเที่ยว นักทัศนาจร ช่วยสร้างรายได้ให้คนในท้องถิ่นและชุมชน สร้างความเติบโตในระบบเศรษฐกิจ เกิดการหมุนเวียนรายได้ในครัวเรือน ทำให้ภาครัฐสามารถนำรายได้จากการท่องเที่ยวมาพัฒนาประเทศและระบบสาธารณสุขไปรษณีย์พื้นฐาน เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของพลเมืองและนักท่องเที่ยว ประเทศไทยมีแหล่งทรัพยากรทางการท่องเที่ยวจำนวนมาก ทำให้จัดกิจกรรมการท่องเที่ยวได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม การท่องเที่ยวเชิงเกษตร ฯ การท่องเที่ยวที่เกี่ยวกับธรรมชาติและท่องเที่ยวที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมในประเทศไทยเป็นสิ่งดึงดูดนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติให้มีความต้องการเดินทางมาท่องเที่ยวยังสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่มีชื่อเสียง โดยมีวัตถุประสงค์หลายหลายทั้งเพื่อมาชื่นชม ชิมชั้ววิถีชีวิตชีวิต ประเพณีที่งดงาม สักการะสิ่งศักดิ์ตามความเชื่อทางศาสนา ผ่อนคลายความตึงเครียดจากการทำงาน นอกจากนี้ส่งผลให้ธุรกิจเกี่ยวเนื่องอื่น ๆ เช่น ธุรกิจขนส่ง ธุรกิจนันทนาการ ธุรกิจนำเที่ยว ธุรกิจที่พัก ธุรกิจขายของที่ระลึกเกิดขึ้นและมีความความเจริญเติบโต สร้างรายได้จากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวตามไปด้วย ถือเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญอีกหนึ่งช่องทางของประเทศไทย

ข้อมูลจากกองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬา รายงานสถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวเดือนกุมภาพันธ์ 2565 พบว่า มีนักท่องเที่ยวชาวไทยเดินทางท่องเที่ยวในประเทศจำนวน 9.55 ล้านคน ขยายตัวร้อยละ 64.85 สร้างรายได้ 4.76 หมื่นล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 61.05 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา นอกจากนี้รูปแบบการท่องเที่ยวมิติใหม่กำลังได้รับความนิยมและเติบโตอย่างรวดเร็วควบคู่ไปกับกระแสการท่องเที่ยว นั่นก็คือ “การท่องเที่ยวเชิงศาสนา” การท่องเที่ยวเชิงศาสนา เป็นอุตสาหกรรมท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศไทย ถือว่าเป็นการท่องเที่ยวในรูปแบบของวัฒนธรรมแขนงหนึ่ง เนื่องจากศาสนาประกอบไปด้วยความเชื่อที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อที่ควบคุมสิ่งที่ยู่นอกเหนือจากการควบคุมของมนุษย์ ดังนั้นมนุษย์จึงสร้างพิธีกรรมการบวงสรวงเพื่อสร้างสัมพันธ์กับอำนาจสิ่งลึกลับที่มองไม่เห็น ปรากฏเป็นพฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่เกิดขึ้นเพื่อเคารพบูชาสิ่งที่มองไม่เห็น อาทิ การดูดวง การ

ขอพร การขอฝน เป็นต้น (ชนัญ วงษ์วิภาค, 2552) [1] ดังนั้นในการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในสมัยก่อนจึงพบว่านักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางเพื่อไปนมัสการสิ่งที่เคารพในศาสนา โดยจากการศึกษาของ Asia Society สหรัฐอเมริกาพบว่า การเดินทางไปยังสถานที่สำคัญทางพุทธศาสนาของพุทธศาสนิกชน มีใช่เป็น เพียงการไปเยือนเท่านั้น ยังเป็นการไปเพื่อปฏิบัติธรรมเสริมสร้างความศรัทธาและค้นพบคุณค่า ที่แท้จริงของศาสนา ซึ่งปัจจุบันการท่องเที่ยวได้เปลี่ยนแปลงไป โดยการท่องเที่ยวเชิงศาสนาได้ ปรับเปลี่ยนรูปแบบของการท่องเที่ยว ออกเป็น 2 ลักษณะคือ การท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อความสบายใจและการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อยกระดับจิตใจ โดยทั้ง 2 ลักษณะมีข้อแตกต่างกันในทางปฏิบัติ ดังนี้ การท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อความสบายใจเป็นการท่องเที่ยวในระยะเวลาอันสั้น ไม่ลึกซึ้ง เน้นถึงความสบายใจ การแก้ไขปัญหาความไม่สบายใจ ขอพรสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ความรื่นเริงบันเทิง ทางศาสนา ซึ่งอาจมีพุทธพาณิชย์เข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิ การไหว้พระ 9 วัด การแสวงหาบุญเขาเขาคิชฌกูฏ เป็นต้น ส่วนการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อยกระดับจิตนั้นเน้นความจริงจัง ไม่ฉาบฉวยและเคร่งครัดต่อพิธีปฏิบัติศาสนาเป็นอันมาก (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2560) [8] โดยอาจกล่าวได้ว่าการท่องเที่ยวเชิงศาสนานั้นเป็นการเยียวยาจิตใจซึ่งตอบสนองความต้องการของคนไทยและชาวต่างชาติ ได้เป็นอย่างดี ในการสำรวจแบ่งประเภทนักท่องเที่ยวชาวไทยมักชอบการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อ ความสบายใจมากกว่าเพื่อยกระดับจิตใจ โดยดูจากการสำรวจพฤติกรรมการเดินทางท่องเที่ยวของชาวไทย พ.ศ.2560

จังหวัดนนทบุรีเป็นจังหวัดที่มีประวัติศาสตร์และโบราณสถาน ทั้งสาธารณูปโภคพื้นฐาน และภูมิอากาศนั้นเหมาะแก่การพัฒนาการท่องเที่ยวมาก แต่ด้วยเหตุ ที่นนทบุรีตั้งอยู่เขตปริมณฑลติดกับกรุงเทพมหานคร ทำให้การเดินทางไปมาระหว่างจังหวัดทำได้สะดวก ปัจจุบันแผนพัฒนาจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2557-2560 ได้กำหนดวิสัยทัศน์จังหวัดว่า “เสริม สร้างและพัฒนาจังหวัดนนทบุรีให้กลายเป็นเมืองแหล่งเศรษฐกิจสร้างสรรค์ในการผลิตภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจการค้า และการท่องเที่ยวที่มีคุณภาพมาตรฐานชีวิตและมีมูลค่าเพิ่ม” ตามนโยบายจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจ ของประเทศ การพัฒนาการท่องเที่ยวจังหวัดนนทบุรี ได้รับการสนับสนุนการจัดกิจกรรมเพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวโดยดึงเอาเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมที่มีอยู่ในจังหวัดมาใช้ดึงดูดนักท่องเที่ยว เช่น การล่องเรือไหว้พระเก้าวัด งานแสดงสินค้าของดีเมือง จากการที่ได้มีโอกาสพูดคุยกับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยววัดในจังหวัดนนทบุรีและคำบอกเล่าของคนในชุมชน พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักมาท่องเที่ยวช้าในวัดเดิมที่เคยมาหรือวัดที่เป็นที่รู้จักอยู่แล้ว ซึ่งมีเพียงไม่กี่วัด เนื่องจากไม่ได้รับคำแนะนำหรือไม่ทราบข้อมูลของวัดอื่น ว่าความน่าสนใจ ที่มีความโดดเด่นหรือสถานที่สำคัญในแต่ละวัดอย่างไรในการพิจารณาเดินทางไปท่องเที่ยว ทั้งที่วัดส่วนใหญ่ในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนนทบุรีมีที่ตั้งและระยะทางไม่ห่างกันมากนัก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ขึ้นมาเพื่อสะดวกในการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และช่วยเติมเต็มความต้องการที่ขาดหายไปของนักท่องเที่ยว โดยโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะเปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมในการเลือกวัดที่ต้องการเดินทางท่องเที่ยวร่วมกับการแนะนำวัดที่มีความโดดเด่น น่าสนใจตามที่นักท่องเที่ยวต้องการ เช่น มีพระใหญ่ มีพระเก่า มีโบสถ์เก่าหรือมีภาพเขียนโบราณ เป็นต้น โดยวัดนั้นอาจมีที่ตั้งของอยู่ใกล้เคียงกับวัดที่นักท่องเที่ยวต้องการเดินทางเดินทางไปเที่ยวอยู่แล้ว ทำให้นักท่องเที่ยวสนใจเดินทางท่องเที่ยวเพิ่มเติมไปยังวัดอื่นตามไปด้วย นอกจากนี้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะช่วยในการจัดลำดับการเดินทางที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้นักท่องเที่ยวขับรถวนไปมาให้เกิดการเสียเวลาเดินทาง ทั้งยังบอกเส้นทาง ระยะเวลาการเดินทางในแต่ละจุด ร้านอาหารแนะนำที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งผู้ใช้ รวมถึงเบอร์ติดต่อในกรณีฉุกเฉินของโรงพยาบาล สถานีตำรวจที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งของผู้ใช้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้นักท่องเที่ยวได้เปิดประสบการณ์ใหม่ รู้จักสถานที่ท่องเที่ยวใหม่ ๆ เพิ่มขึ้น อันเป็นการอำนวยความสะดวกในการเดินทางให้กับผู้สนใจมาท่องเที่ยวและช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวอีกทางหนึ่ง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

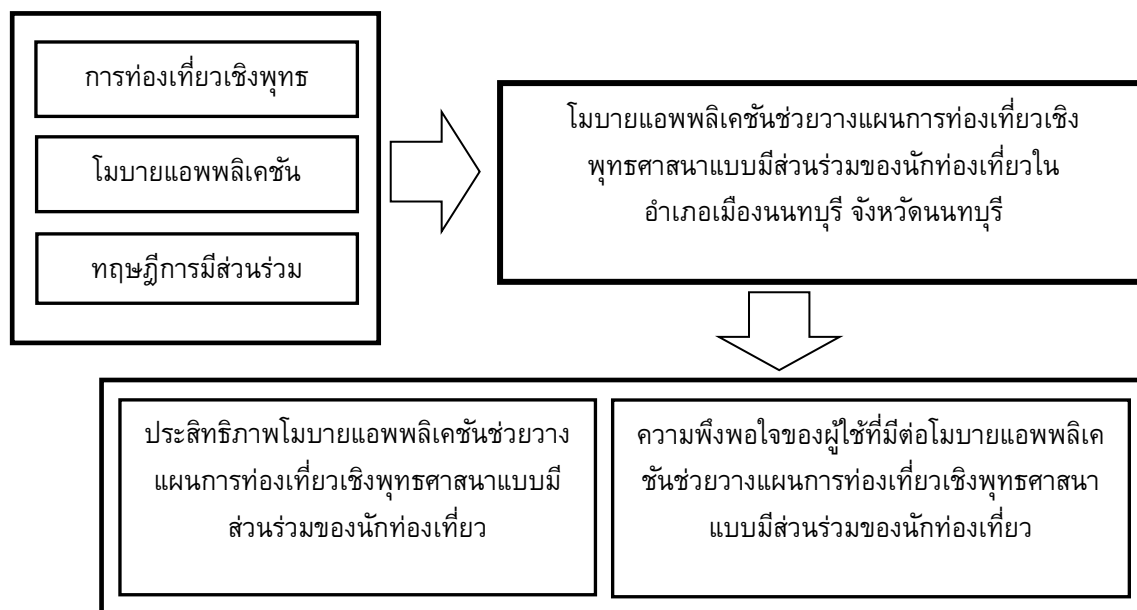
2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

ผู้วิจัยได้นิยามคำศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

การท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนา หมายถึง การท่องเที่ยวไปยังวัดที่อยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี โดยผู้ท่องเที่ยวมีเป้าหมายเพื่อทำบุญ ไหว้พระ สวดมนต์ขอพรหรือทำกิจกรรมตามความเชื่อของศาสนา รวมถึงชื่นชมบรรยากาศเพื่อความเพลิดเพลินในสถานที่นั้น

นักท่องเที่ยว หมายถึง ผู้ที่พักอาศัยอยู่ในและนอกพื้นที่จังหวัดนนทบุรีที่มีความสนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

แบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยว หมายถึง การให้นักท่องเที่ยวได้มีส่วนร่วมในการเลือกสถานที่ที่ต้องการเดินทางไปเที่ยว โดยระบบช่วยในการวางแผนการเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ตามที่นักท่องเที่ยวต้องการให้เหมาะสมกับการเดินทางท่องเที่ยว

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดการดำเนินการประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ของอำเภอเมืองนนทบุรี ข้อมูลร้านอาหาร ข้อมูลโรงพยาบาล สถานีตำรวจ ข้อมูลวัดต่าง ๆ ในแต่ละตำบลของพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรีแล้วนำข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของวัดแต่ละวัดมาทำการวิเคราะห์หาจุดเด่นของแต่ละวัดที่มีความน่าสนใจแล้วทำการคัดแยก จัดกลุ่ม โดยแบ่งเป็นวัดที่มีพระพุทธรูปขนาดใหญ่ มีพระพุทธรูปเก่าโบราณ มีพื้นที่ติดแม่น้ำ มีโบสถ์เก่า เป็นต้น โดยใช้การศึกษาค้นคว้าทางเอกสาร แหล่งสืบค้นต่าง ๆ รวมถึงการลงพื้นที่เก็บข้อมูลด้วยการสนทนาพูดคุยกับผู้นำชุมชนหรือคนในชุมชนที่พักอาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงสถานที่นั้น จากการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นพบว่าในเขตอำเภอเมืองนนทบุรี ประกอบด้วย 10 ตำบล ได้แก่ 1) สวนใหญ่ 2) ตลาดขวัญ 3) บางเขน 4) บางกระสอ 5) ท่าทราย 6) บางไผ่ 7) บางศรีเมือง 8) บางกร่าง 9) ไทรมา และ 10) บางรักน้อย

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากศึกษาตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างเป็นแผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship : ER) และดำเนินการออกแบบหน้าจอที่เป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้เหมาะสม แสดงผังการเชื่อมต่อไปยังหน้าจอต่าง ๆ ในแอปพลิเคชัน จากนั้นนำรายละเอียดการออกแบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรีตามแนวทางการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบและการประเมินผล

ขั้นตอนที่ 4 สร้างและประเมินประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี โดยการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ขั้นตอนที่ 5 สร้างและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรีที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้ที่มีความต้องการหรือสนใจจะเดินทางท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่พักอาศัยอยู่ทั้งในและนอกพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผู้ที่มีความสนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้สนใจท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19และข้อจำกัดในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว

เชิงพุทธแต่ละแห่ง จึงใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 30 คน

5.3 เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

ประกอบด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพและแบบประเมินความพึงพอใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยนำแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ก่อนนำไปใช้ในการประเมินจะทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาว่าข้อคำถามนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ โดยการหาค่าความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์คัดเลือก ดังนี้

- 1 แน่ใจว่ามีความสอดคล้อง
- 0 ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้อง
- 1 แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้อง

โดยหากข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 จะคัดเลือกไว้ส่วนข้อคำถามนั้นไว้ แต่ถ้ามีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 จะนำมาพิจารณาปรับปรุงข้อคำถามใหม่ หรือจะตัดทิ้งก็ได้ตามความเหมาะสม

2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ก่อนนำไปใช้จะนำแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการตรวจสอบว่าข้อคำถามมีความเหมาะสมหรือไม่ โดยการหาค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยมีเกณฑ์คัดเลือก ดังนี้

- 1 แน่ใจว่ามีความสอดคล้อง
- 0 ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้อง
- 1 แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้อง

โดยหากข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 จะคัดเลือกไว้ส่วนข้อคำถามนั้นไว้ แต่ถ้ามีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 จะนำมาพิจารณาปรับปรุงข้อคำถามใหม่ หรือจะตัดทิ้งก็ได้ตามความเหมาะสม

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ประกอบด้วย

- 1) Android Studio สำหรับใช้การเขียนชุดคำสั่ง
- 2) MySQL โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล
- 3) Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator ใช้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

5.5 สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Average: $\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: S.D.) สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพและความพึงพอใจ (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2551) [4] แปลความหมายได้ดังนี้

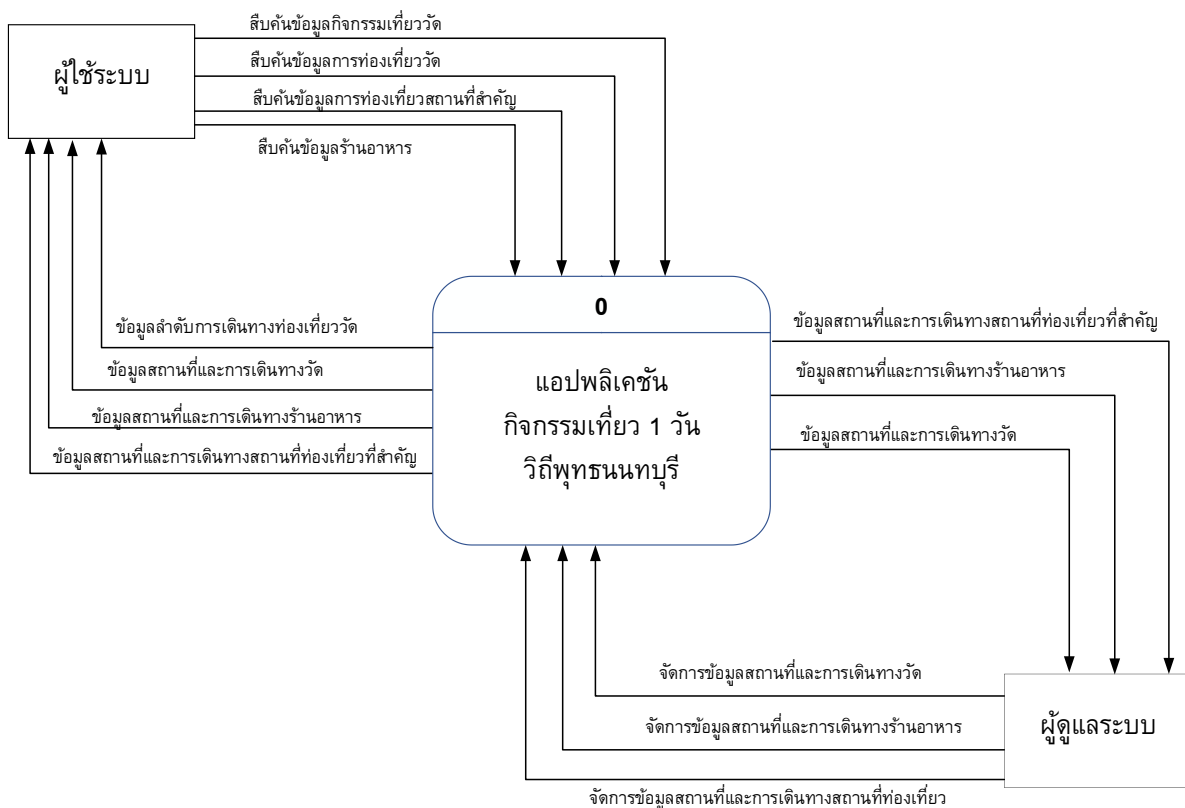
ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายถึง	ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายถึง	ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายถึง	ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายถึง	ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายถึง	ระดับน้อยที่สุด

6. สรุปผลการวิจัย

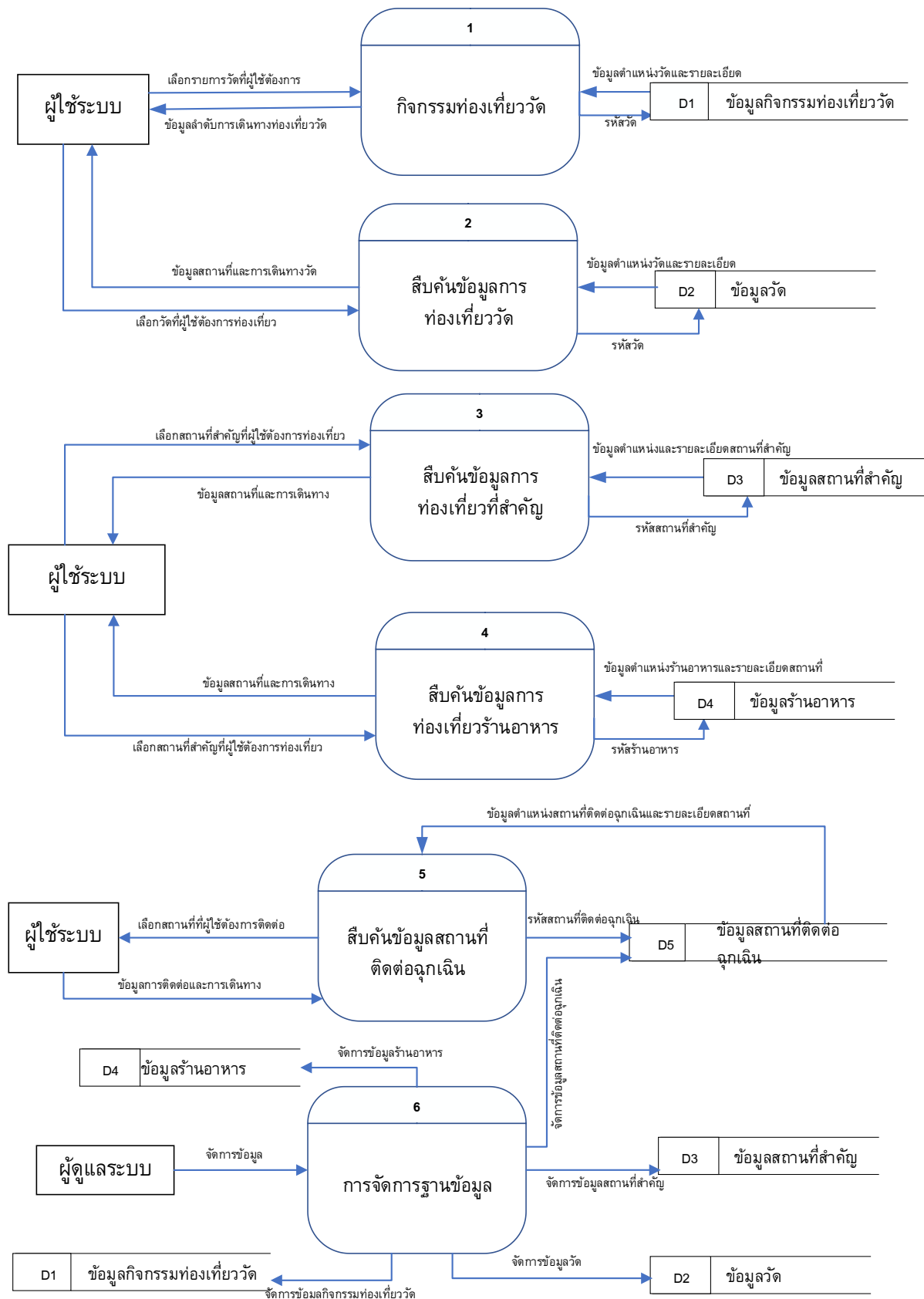
6.1 ผลการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากนักท่องเที่ยว ผู้ประกอบการและชุมชนเกี่ยวกับปัญหาการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธและสิ่งที่ผู้ใช้งานต้องการจากแอปพลิเคชัน จากนั้นศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากหนังสือ เอกสารออนไลน์ ผ่านทางเว็บไซต์ต่าง ๆ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ระบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ โดยนำผลการวิเคราะห์ระบบมาวาดเป็นแผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) เพื่ออธิบายภาพรวมของระบบ ทิศทางการไหลของข้อมูล ความสัมพันธ์ ขั้นตอนการทำงานของระบบที่จะพัฒนาขึ้น ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3

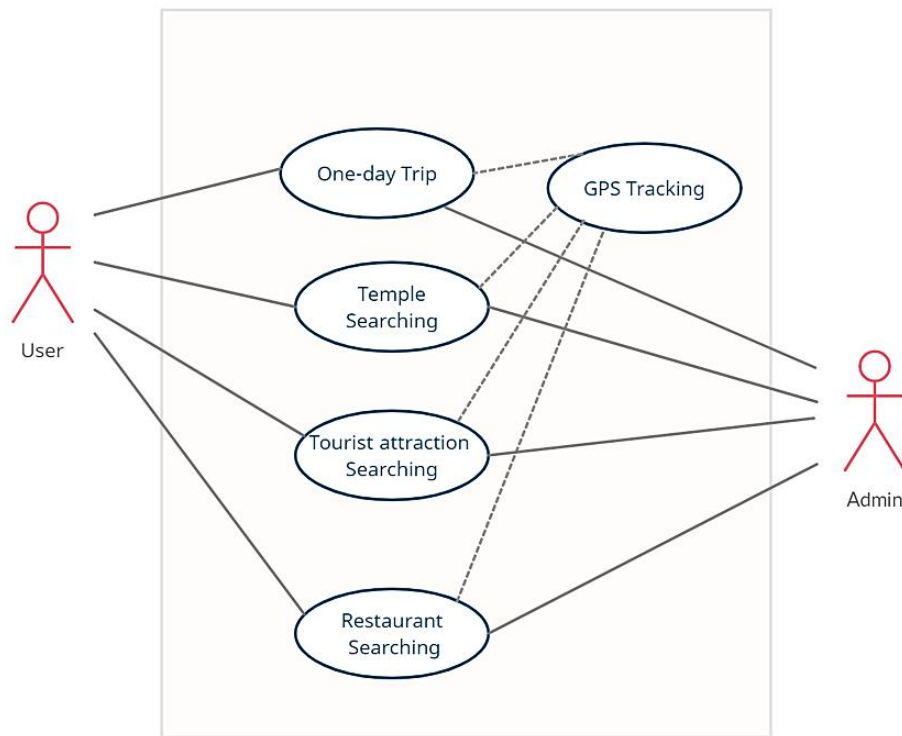


ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล ระดับ Context Diagram

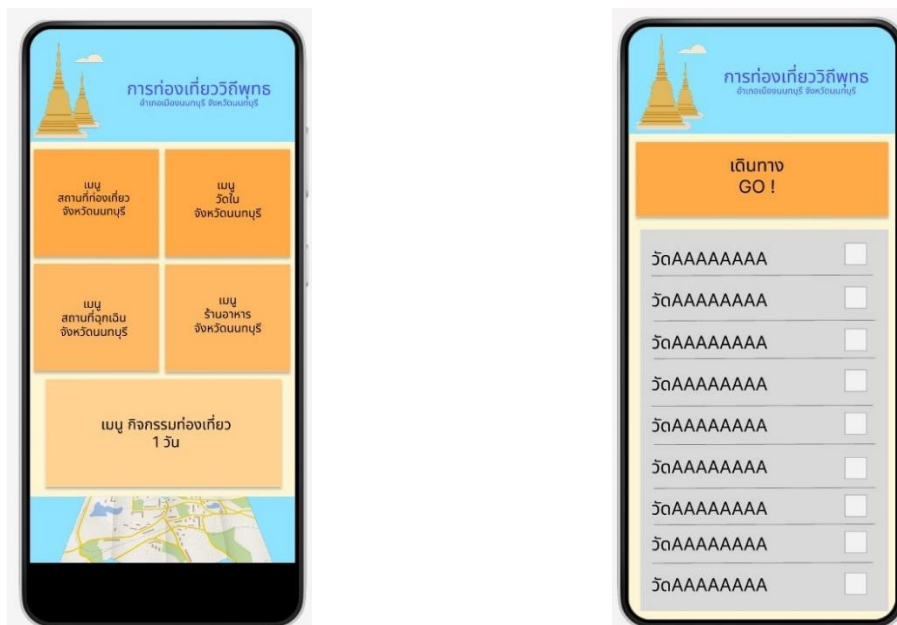


ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล ระดับที่ 1

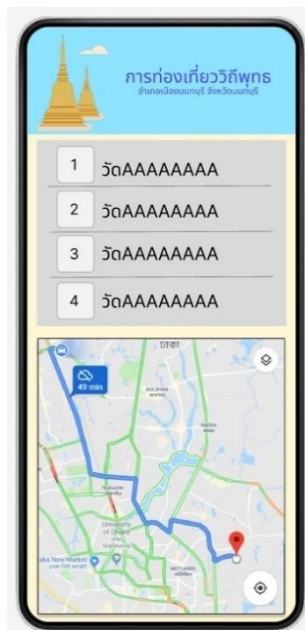
ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบระบบ นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการออกแบบส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้



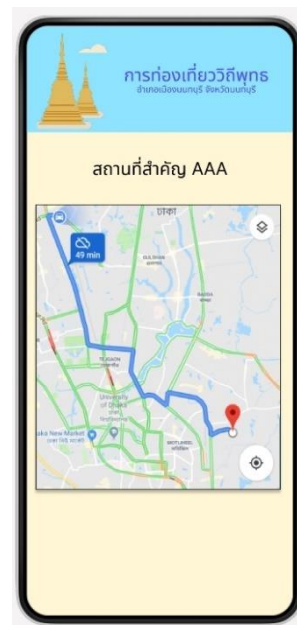
ภาพที่ 4 Use Case Diagram



ภาพที่ 5 เมนูหลัก



ภาพที่ 6 เลือกวัดที่ต้องการเดินทางท่องเที่ยว



ภาพที่ 7 แสดงลำดับวัดที่แนะนำให้เดินทาง



ภาพที่ 8 แสดงเส้นทางไปยังวัดที่ต้องการ



ภาพที่ 9 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับวัดที่เลือก

ภาพที่ 10 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับร้านอาหาร

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการพัฒนาระบบเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางท่องเที่ยววัดของนักท่องเที่ยวให้สามารถลำดับการเดินทางท่องเที่ยวไปยังวัดต่าง ๆ ที่ต้องการท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสมกับเวลาที่ใช้เดินทาง ผู้วิจัยทำการ

<http://jeet.siamtechu.net>

พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันด้วย Android Studio เพื่อให้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ และใช้ MySQL สำหรับเก็บข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนา ร้านอาหารแนะนำ และสถานที่ถูกเงิน

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.2 ผลการหาประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี โดยผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติแล้วเทียบกับเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การนำ Android Studio มาใช้พัฒนาโปรแกรมมีความเหมาะสม	4.60	0.54	มากที่สุด
2. การนำ MySQL มาใช้จัดเก็บฐานข้อมูลมีความเหมาะสม	4.80	0.44	มากที่สุด
3. การนำ Google Map API มาใช้มีความเหมาะสม	4.80	0.54	มากที่สุด
4. กระบวนการทำงานภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.40	0.44	มาก
5. ขนาดตัวอักษรในการแสดงผลมีความเหมาะสม	4.40	0.54	มาก
6. สีที่ใช้ในการแสดงผลมีความเหมาะสม	4.20	0.44	มาก
7. การจัดวางตำแหน่งเมนูในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.40	0.54	มาก
8. การวางปุ่ม รูปภาพในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.60	0.54	มากที่สุด
9. การออกแบบส่วนนำเข้าสู่ข้อมูลง่ายต่อการเข้าใจ	4.40	0.54	มาก
10. การแนะนำลำดับการเดินทางของวัดที่เลือกมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
11. การแสดงเส้นทางตามลำดับวัดที่เลือกมีความแม่นยำ	5.00	0.00	มากที่สุด
12. การแสดงข้อมูลพิกัดของสถานที่ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ	4.60	0.54	มากที่สุด
13. แสดงข้อมูลของวัดถูกต้อง ชัดเจนและเหมาะสม	4.40	0.54	มาก
14. แสดงข้อมูลของร้านอาหารและสถานที่ถูกเงินเหมาะสม	4.00	0.00	มาก
15. ความเร็วในการทำงานของแอปพลิเคชันอยู่ในระดับที่เหมาะสม	4.20	0.83	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.52	0.42	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชันในภาพรวมมีระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.42) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการประเมิน พบว่า รายการประเมินที่มีระดับประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากัน คือ การแนะนำลำดับการเดินทางของวัดที่

เลือกมีความเหมาะสมและการแสดงเส้นทางตามลำดับวัดที่เลือกมีความแม่นยำ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) สำหรับรายการประเมินที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ แสดงข้อมูลของร้านอาหารและสถานที่ฉุกเฉินเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.00)

6.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชัน จำนวน 30 คน โดยใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง แล้วนำผลการศึกษาความพึงพอใจที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติเทียบกับเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานแอปพลิเคชัน	4.46	0.50	มาก
2. การใช้งานแอปพลิเคชันไม่ซับซ้อน สะดวก ใช้งานง่าย	4.43	0.56	มาก
3. การออกแบบแอปพลิเคชันสวยงามและเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.50	0.57	มาก
4. ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ของข้อมูลในเมนูเที่ยววัด	4.44	0.72	มาก
5. ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ของข้อมูลในเมนูสถานที่สำคัญ	4.43	0.67	มาก
6. ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ของข้อมูลในเมนูร้านอาหาร	4.40	0.56	มาก
7. ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ของข้อมูลในเมนูฉุกเฉิน	4.46	0.57	มาก
8. การจัดลำดับและวางแผนการท่องเที่ยวมีความถูกต้อง	4.50	0.68	มาก
9. การนำ Google Map มาใช้ในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.53	0.73	มากที่สุด
10. แอปพลิเคชันค้นหาตำแหน่งสถานที่ต่าง ๆ ได้ถูกต้อง รวดเร็ว	4.66	0.47	มากที่สุด
11. แอปพลิเคชันแสดงเส้นทางและตำแหน่งตามลำดับได้ถูกต้อง	4.56	0.56	มากที่สุด
12. แอปพลิเคชันช่วยให้รู้จักวัดและสถานที่อื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น	4.53	0.57	มากที่สุด
13. แอปพลิเคชันมีประโยชน์ต่อผู้ใช้ช่วยวางแผนการท่องเที่ยว	4.46	0.57	มาก
14. ความประทับใจต่อการใช้ออปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยว	4.50	0.68	มาก
15. ประสิทธิภาพโดยรวมของแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยว	4.53	0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.49	0.59	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อโมบายแอปพลิเคชันของผู้ใช้ จำนวน 30 คน พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมบายแอปพลิเคชันในภาพรวมมีระดับมาก ($\bar{X} = 4.49$, S.D. = 0.59) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการประเมิน พบว่า รายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจสูงสุด คือ แอปพลิเคชันค้นหาตำแหน่งสถานที่ต่าง ๆ ได้ถูกต้อง รวดเร็ว มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.47) สำหรับรายการประเมินที่มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ของข้อมูลในเมนูร้านอาหาร มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.56)

7. อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี หาประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่พัฒนาขึ้น โดยนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

7.1 การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ความสามารถในการทำงานเป็นไปตามขอบเขตความต้องการที่ได้กำหนดไว้ คือ โดยผู้ใช้สามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาที่ต้องการเดินทางไปก็ทำได้ แอปพลิเคชันจะทำการจัดลำดับช่วยวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวให้แก่ผู้ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถสืบค้นข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธ ร้านอาหาร สถานที่ถูกเงิน สามารถระบุตำแหน่งบนแผนที่และแสดงเส้นทางผ่าน Google Map ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิพิมพ์ ปิ่นประยูร และคณะ [5] ทำการวิจัย เรื่อง แอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีผลการพัฒนา คือ ระบบจัดเก็บข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวได้ ระบบระบุตำแหน่งเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถค้นหาเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์ได้

7.2 ผลประเมินประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.52 สำหรับรายการประเมินที่มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 5.00 เท่ากัน 2 รายการ คือ การแนะนำลำดับการเดินทางของวัดที่เลือกมีความเหมาะสมและการแสดงเส้นทางตามลำดับวัดที่เลือกมีความแม่นยำ เนื่องจากโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวสามารถจัดลำดับการเดินทางท่องเที่ยวตามที่นักท่องเที่ยวเลือกสถานที่ท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสม โดยแอปพลิเคชันจะเรียงลำดับสถานที่ที่ใกล้กับตำแหน่งของผู้ใช้มากที่สุด ซึ่งผลการจัดเรียงลำดับตามตำแหน่งนี้มีความถูกต้องเหมาะสมตรงตามความต้องการ อีกทั้งการนำเอา Google Map เข้ามาช่วยในการนำทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวที่เรียงลำดับไว้ ช่วยให้ใช้งานสะดวกและมีความแม่นยำอีกด้วย สอดคล้องกับ นิศกร เกาสมบัติ และคณะ [3] ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันวัดไทยบนสมาร์ตโฟน พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนาระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.82

7.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานโมบายแอปพลิเคชันวางแผนการท่องเที่ยวเชิงพุทธศาสนาแบบมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี พบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.49 สำหรับรายการประเมินรายด้านที่มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ของข้อมูลในเมนูร้านอาหาร อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.40 เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึกว่าคุณค่าของร้านอาหารส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงไป บางร้านเลิกกิจการ บางร้านปิดแบบไม่มีกำหนด เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19 ทำให้ข้อมูลในส่วนนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงเป็นแนวทางสำหรับนำไปใช้ปรับปรุงข้อมูลในโมบายแอปพลิเคชันในอนาคตให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธิรา จันทรปัม และคณะ [7] ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พบว่า ความพึงพอใจต่อการใช้งานโมบายแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรสิทธิ์ น้อยมหาไวย และปานจิตร หลงประดิษฐ์ [6] ทำการวิจัย เรื่อง แอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี ตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยยูเกิลแมพ

แอปไอโฟนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พบว่า การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้และกลุ่มตัวอย่างยอมรับแอปพลิเคชัน โดยรวมอยู่ในระดับมาก

8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป ดังนี้

8.1 ผู้พัฒนาควรทำการตรวจสอบและเพิ่มเติมข้อมูล สถานที่ถูกเงิน ร้านอาหารที่เปิดใหม่ สถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจใหม่ ๆ ให้ข้อมูลเป็นปัจจุบัน เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

8.2 ควรมีการเพิ่มช่องทางการดาวน์โหลดและการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รู้จักและมีโอกาสได้ใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้เพิ่มมากขึ้น

8.3 ควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถติดตั้งและใช้งานบนระบบปฏิบัติการ iOS ได้

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนส่งเสริมงานวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนัญ วงษ์วิภาค. (2547). การจัดการทรัพยากรทางวัฒนธรรมเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [2] ธนฤต สักขีเจ. (2550). อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริการ. เพชรบุรี : คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี.
- [3] นิศากร เกาสมบัติ, เนตรนภา แซ่ตั้ง และณัฐธรมน หีบจันทร์กริ. (2563). การพัฒนาแอปพลิเคชันวัดไทยบนสมาร์ตโฟน. วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์. 20(1). 34-54.
- [4] พิสุทธิ อาธิราชภู. (2551). การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.
- [5] ศศิพิมพ์ ปิ่นประยูร, ศศิมาพร ภูนิลามัย, กาญจนา ผาพรหม, และสุขสันต์ พรหมบุญเรือง. (2558). แอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดกาฬสินธุ์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรี ด้านคอมพิวเตอร์ ภูมิภาคอาเซียน. ฉะเชิงเทรา : มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.
- [6] สุรสิทธิ์ น้อยมหาไวย, และปานจิตร หลงประดิษฐ์. (2559). แอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี ตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพแอปไอโฟนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 387-394.
- [7] สุริรา จันทร์ปุม, พิเชนทร์ จันทร์ปุม และแพรวตะวัน จารุตัน. (2560). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 4(2). 114-120.
- [8] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2560). แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนการพัฒนาการท่องเที่ยว โดยชุมชนอย่างยั่งยืนและสร้างสรรค์ พ.ศ. 2561-2565. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวง การท่องเที่ยวและกีฬา.

การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนในระบบปรับอากาศโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุเกิดการเสื่อมสภาพ

Determination of Motor Efficiency in Air Condensing Unit Using Thermal Image Analytics: The case of Capacitor Degradation

สงกรานต์ ภารกุล^{1*} กำจัด ใจตรง¹ ประสงค์ศักดิ์ สองศรี¹ ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล²

Songkran Parakul^{1*} Kumjat Jaitrong¹ Prasongsuk Songsree¹ Thaweesak Trongtirakul²

^{1*}อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

¹อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

²อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* E-mail: songkranp@siamtechno.ac.th

Received: October 25, 2022

Revise: December 9, 2022

Accepted: December 13, 2022

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนที่อยู่ในชุดอุปกรณ์ควบแน่นสารทำความเย็นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในเรื่องของระยะเวลาการถ่ายเทความร้อน ส่งผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ชุดควบแน่นในเครื่องปรับอากาศแบบความเร็รรอบคงที่จะใช้มอเตอร์ระบายความร้อนชนิดมอเตอร์คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ในการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา ตัวเก็บประจุจะไม่ถูกวัดเนื่องจากความซับซ้อนในการติดตั้งระบบไฟฟ้า ในทางเทคนิค การเสื่อมสภาพของความจุส่งผลให้ความเร็วของมอเตอร์ระบายความร้อนไม่มีประสิทธิภาพส่งผล คอมเพรสเซอร์ของชุดควบแน่นใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเนื่องจากการทำงานเป็นเวลานาน ในบทความนี้ จะเสนอการกำหนดประสิทธิภาพของมอเตอร์ในชุดควบแน่นโดยใช้การวิเคราะห์ภาพความร้อน ระดับความสว่างของภาพความร้อนจะถูกทำให้เป็นมาตรฐานบนระนาบการแผ่รังสีความร้อนที่ได้รับอนุญาต ความเร็วและกระแสของมอเตอร์อยู่ในสัดส่วนทางอ้อม การใช้ภาพถ่ายความร้อนใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จากผลการทดลองข้อมูลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า 1) การใช้ภาพถ่ายความร้อนสอดคล้องกับความเร็วรอบและกระแสไฟที่มอเตอร์ใช้ และ 2) ความจุที่เหมาะสมควรเป็น 1.5 uf การใช้การวิเคราะห์ด้วยภาพความร้อนนั้นง่าย ราคาไม่แพง และเป็นประโยชน์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของชุดควบแน่น นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าในชุดควบแน่น

คำสำคัญ: มอเตอร์ระบายความร้อน, ประสิทธิภาพ, ภาพถ่ายความร้อน

Abstract

The efficiency of the cooling motor located in a condensing unit is essential for the performance of an air conditioner in terms of the duration of heat transfer. It directly affects the electric power consumption of an air conditioner. The condensing unit of the fixed-speed split type air conditioners consists of a motorized capacitor run.

During scheduled maintenance, the capacitor is not measured due to electrical installation complexity. Technically, the degradation of capacitance results in the inefficient speed of a cooling motor. The compressor of a condensing unit consumes more electricity due to its long-time operation. In this paper, the efficiency determination of the motor in a condensing unit is proposed by using thermal image analytics. Luminance levels of thermal images are normalized on a permitted thermal radiation plane. The speed and the current of the motor are in indirect proportion. The use of thermal imagery exploits the aforementioned relationship. Analytic information illustrates that i) the use of thermal imagers is consistent with the speed and the current consumed by the motor, and ii) the appropriate capacitance should be 1.5 μF . The use of thermal image analytics is simple, inexpensive, and beneficial for determining the efficiency of a condensing unit. Moreover, it can prevent the degradation of electrical equipment in a condensing unit.

Keywords: Cooling Fan, Efficiency, Thermal Imagery

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบภูมิประเทศเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวเครื่องปรับอากาศจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในอุตสาหกรรมที่อยู่พักอาศัยและรวมถึงในอาคารมีรูปแบบที่หลากหลายขึ้นอยู่กับการต้องการที่นำไปติดตั้งใช้งาน [1] สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเกิดขึ้นได้จากตำแหน่งที่ติดตั้งชุดระบายความร้อนโดนแสงแดดตลอดระยะเวลาในการใช้เครื่องปรับอากาศ

โดยปกติแล้ว การบำรุงรักษาระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศจะใช้การตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันสารทำความเย็นในการบำรุงรักษาจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเสื่อมค่าของชุดอุปกรณ์คาปาซิเตอร์ที่มีผลทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลงและกินค่าพลังงานมากขึ้นในด้านการแพทย์และงานวิศวกรรมกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถทำการสแกนพื้นผิวของวัตถุโดยที่ไม่มีการทำลายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้ตรวจหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วหรือความเสียหาย ซึ่งจะทำให้สามารถลดเวลาในการแก้ไขปัญหาและการบำรุงรักษา

ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการวิเคราะห์ภาพสำหรับระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเสื่อมค่าของชุดอุปกรณ์คาปาซิเตอร์ในมอเตอร์ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศเพื่อหาค่าความร้อนของอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทำการบำรุงรักษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเมื่อตัวคาปาซิเตอร์เกิดการเสื่อมค่าในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9000 BTU ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน
2. เพื่อหาจุดเหมาะสมในการบำรุงรักษาโดยการวิเคราะห์จากภาพถ่ายความร้อน

3. การดำเนินการวิจัย

1. จำลองการเสื่อมค่าของคาปาซิเตอร์ในมอเตอร์ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยมีเงื่อนไขดังนี้
 - 1.1 สร้างชุดสาธิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 9000 BTU

1.2 วัดขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของมอเตอร์ที่ใช้ในการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบ แยกส่วน ขนาด 9000 BTU

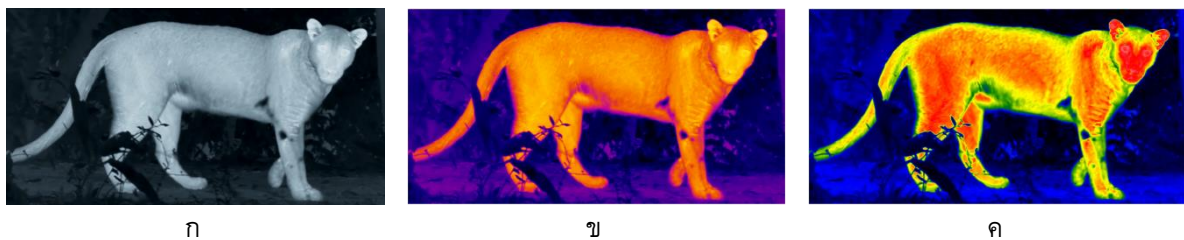
1.3 หาขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่มีขนาดแตกต่างกัน

1.4 เปิดเครื่องปรับอากาศให้ระบบระบายความร้อนทำงาน 5 นาทีก่อนทำการทดลองการถ่ายภาพความร้อน

1.5 ถ่ายภาพถ่ายภาพความร้อน โดยใช้เห็นมอเตอร์ระบายความร้อนทั้งภาพ

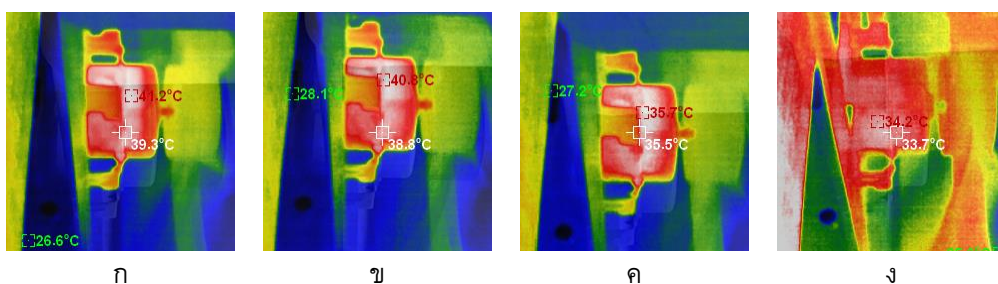
2. วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนโดยใช้ภาพถ่ายความร้อน

จากคุณสมบัติของกล้องที่ใช้ภาพถ่ายความร้อน (Thermal Camera) [2,3] สามารถแสดงการแผ่รังสีความร้อนโดยใช้แผนผังสี (Colormap) ที่ต่างกันออกไป ซึ่งถูกคำนวณจากภาพระดับเทา (Monochrome Image) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปถ่ายความร้อน ก) รูปต้นฉบับของภาพถ่ายความร้อน ข) รูปถ่ายความร้อนโดยใช้แผนผังสี FLIR และ ค) รูปถ่ายความร้อนโดยใช้แผนผังสี HSV

โดยทั่วไปแล้ว ภาพที่ถูกถ่ายจากกล้องถ่ายภาพความร้อนจะถูกปรับค่าระดับความสว่างของภาพโดยใช้อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าจากภาพระดับเทาเป็นภาพสีโดยใช้แผนผังสีต่าง ๆ จากรูปที่ 2 สังเกตเห็นได้ว่า ภาพถ่ายความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้แตกต่างกันออกไป ด้วยคุณสมบัติของกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถปรับความร้อนสูงสุดภายในภาพให้แสดงเป็นสีแดง และปรับความร้อนต่ำสุดภายในภาพให้แสดงเป็นสีน้ำเงิน ดังนั้น การวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนเชิงเปรียบเทียบนั้นจำเป็นต้องมีการปรับค่าความสว่างของภาพให้อยู่บนระนาบการกระจายตัวของความสว่างเดียวกัน



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบการแสดงสีของรูปถ่ายความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) และอุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) ในระดับต่างกัน ก) $T_{min} = 26.6^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 41.2^{\circ}\text{C}$ ข) $T_{min} = 28.1^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 40.8^{\circ}\text{C}$ ค) $T_{min} = 27.2^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 35.7^{\circ}\text{C}$ และ ง) $T_{min} = 25.6^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 34.2^{\circ}\text{C}$

2.1 การปรับค่าระดับความสว่างของภาพถ่ายความร้อน (Intensity Normalization) [4,5]

กำหนดให้ภาพถ่ายความร้อน $(I_{i,j})$ มีค่าระดับความสว่างซึ่งประกอบด้วย $x = \{x_0, x_1, \dots, x_{L-1}\}$ เมื่อ L เป็นค่าระดับความสว่างสูงสุดของภาพถ่ายความร้อนที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ สำหรับการปรับค่าความสว่างของภาพถ่ายความร้อนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$f(\lambda) = \left(\frac{I_{i,j} - \min\{I_{i,j}\}}{\max\{I_{i,j} - \min\{I_{i,j}\}\}} \right) (\lambda_{max} - \lambda_{min}) \quad (1)$$

$$\lambda_{min}(x, T, \tau) = \frac{x_0 \cdot T_{min}}{\tau_{min}}; \quad \lambda_{max}(x, T, \tau) = \frac{x_{L-1} \cdot T_{max}}{\tau_{max}} \quad (2)$$

โดยที่ x_0 และ x_{L-1} แทนด้วยค่าระดับความสว่างของภาพต่ำสุด และสูงสุดตามลำดับ T_{min} และ T_{max} คืออุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิสูงสุดของภาพถ่ายความร้อนตามลำดับ τ_{min} และ τ_{max} เป็นค่าระดับความสว่างของภาพต่ำสุด และสูงสุดบนระนาบใหม่ที่ต้องการปรับค่าความสว่าง

2.2 ฟังก์ชันของแผนผังสี (Colormap Function) [6,7]

การคำนวณหาค่าฟังก์ชันแผนผังสี เพื่อใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน แผนผังสีใหม่มีความสัมพันธ์กับการแผ่รังสีความร้อนที่ถูกปรับค่าระดับความสว่างของภาพอยู่บนระนาบความสว่างเดียวกัน ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ ดังนี้

$$R(x) = \begin{cases} x_{L-1}, & x_0 \leq x < x_a \\ m_R x + c_R, & x_a \leq x < x_b \\ x_0, & x_b \leq x < x_{L-1} \end{cases} \quad (3)$$

$$m_R = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_b - x_a}; \quad c_R = -m_R \cdot x_b \quad (4)$$

$$G(x) = \begin{cases} x_0, & x_0 \leq x < x_c \\ m_{G1} x + c_{G1}, & x_c \leq x < x_d \\ m_{G2} x + c_{G2}, & x_d \leq x < x_e \\ x_0, & x_e \leq x < x_{L-1} \end{cases} \quad (5)$$

$$m_{G1} = \frac{x_{L-1} - x_0}{x_d - x_c}; \quad c_{G1} = -m_{G1} \cdot x_c \quad (6)$$

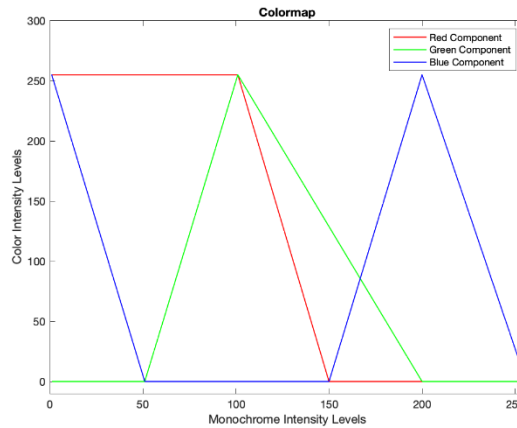
$$m_{G2} = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_e - x_d}; \quad c_{G2} = -m_{G2} \cdot x_c \quad (7)$$

$$B(x) = \begin{cases} m_{B1} x + c_{B1}, & x_0 \leq x < x_f \\ x_0, & x_f \leq x < x_g \\ m_{B2} x + c_{B2}, & x_g \leq x < x_h \\ m_{B3} x + c_{B3}, & x_h \leq x < x_{L-1} \end{cases} \quad (8)$$

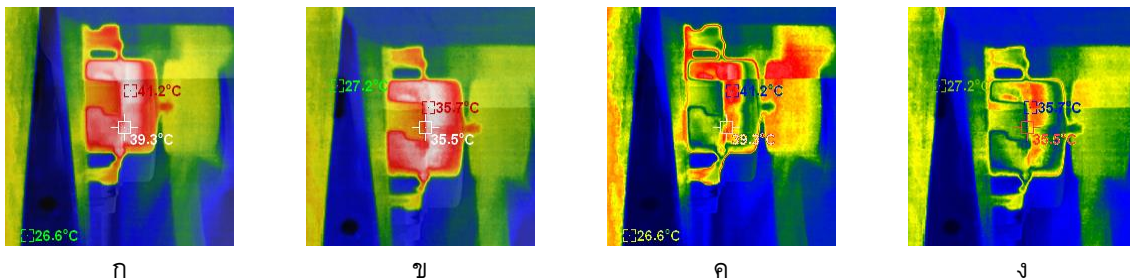
$$m_{B1} = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_{f-1} - x_0}; \quad c_{B1} = -m_{B1} \cdot x_f \quad (9)$$

$$m_{B2} = \frac{x_{L-1} - x_0}{x_h - x_g} ; \quad c_{B2} = -m_{B2} \cdot x_g \quad (10)$$

$$m_{B3} = \frac{x_0 - x_{L-1}}{x_{L-1} - x_{h-1}} ; \quad c_{B3} = -m_{B1} \cdot x_L \quad (11)$$



รูปที่ 3 พังก์ชันของแผนผังสี โดย $x_a = 101, x_b = 150, x_c = 51, x_d = 101, x_e = 200, x_f = 51, x_g = 150$ และ $x_h = 200$



รูปที่ 4 ภาพถ่ายความร้อนที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสีผ่านการปรับค่าระดับความสว่าง ก) ภาพต้นฉบับ โดยที่ $T_{min} = 26.6^{\circ}\text{C}$ และ $T_{max} = 41.2^{\circ}\text{C}$ ข) ภาพต้นฉบับ โดยที่ $T_{min} = 27.2^{\circ}\text{C}$ และ $T_{max} = 35.7^{\circ}\text{C}$ และ

ค-ง) ภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสีผ่านการปรับค่าระดับความสว่างของรูปที่ 4.ก) และ รูปที่ 4.ข) ตามลำดับ เมื่อ $\tau_{min} = 25^{\circ}\text{C}$ และ $\tau_{max} = 42^{\circ}\text{C}$

2.3 การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนโดยใช้แผนผังสี

ภาพถ่ายความร้อนที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสีผ่านการปรับค่าระดับความสว่าง ทำให้ค่าความสว่างของภาพผลลัพธ์ถูกปรับให้อยู่บนระนาบเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4 ผลลัพธ์ที่เกิดจากการปรับความความสว่างใหม่ ทำให้แสดงข้อมูลการแผ่รังสีความร้อนถูกต้อง โดยสังเกตได้จากรูปที่ 4.ค มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 41.2°C ได้แสดงค่าความร้อนเชิงพื้นที่มากกว่ารูปที่ 4.ง ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.7°C

การคำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากภาพถ่ายความร้อนที่เกิดจากใช้ฟังก์ชันของแผนผังสี

ผ่านการปรับค่าระดับความสว่างสามารถทำการคำนวณได้โดยใช้ค่าเฉลี่ยความสว่างขององค์ประกอบสีแดง ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ ดังนี้

$$\eta = \left(1 - \frac{\mu_R}{x_{L-1}}\right) \times 100 \quad (12)$$

โดยที่ μ_R คือ ค่าเฉลี่ยความสว่างขององค์ประกอบสีแดง

4. ผลการทดลอง

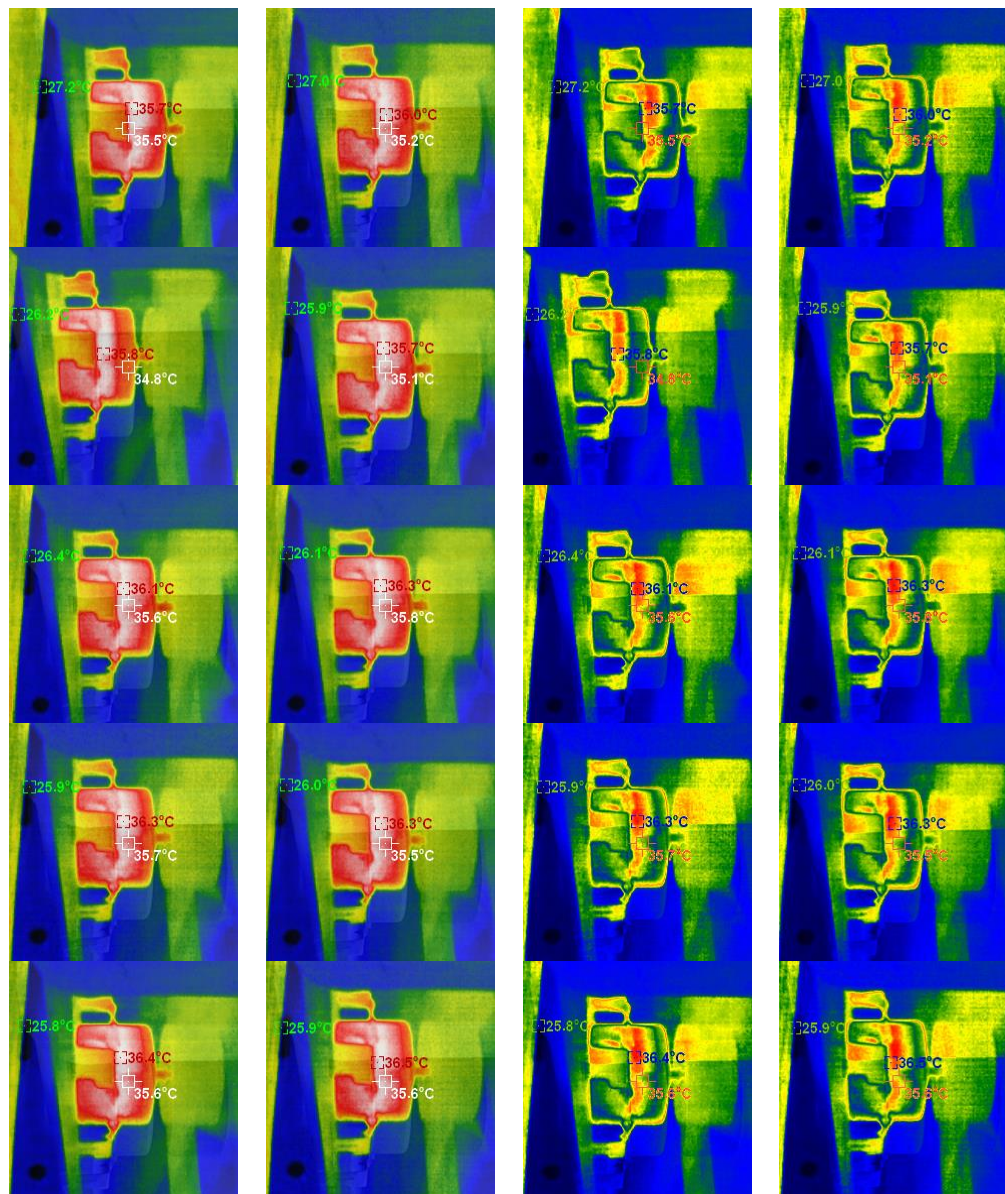


ก

ข

รูปที่ 5 ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าความเก็บประจุของมอเตอร์ระบายความร้อน $C = 0.80\mu F$

ก) ภาพต้นฉบับ และ ข) ภาพที่ถูกปรับค่าระดับความร้อน

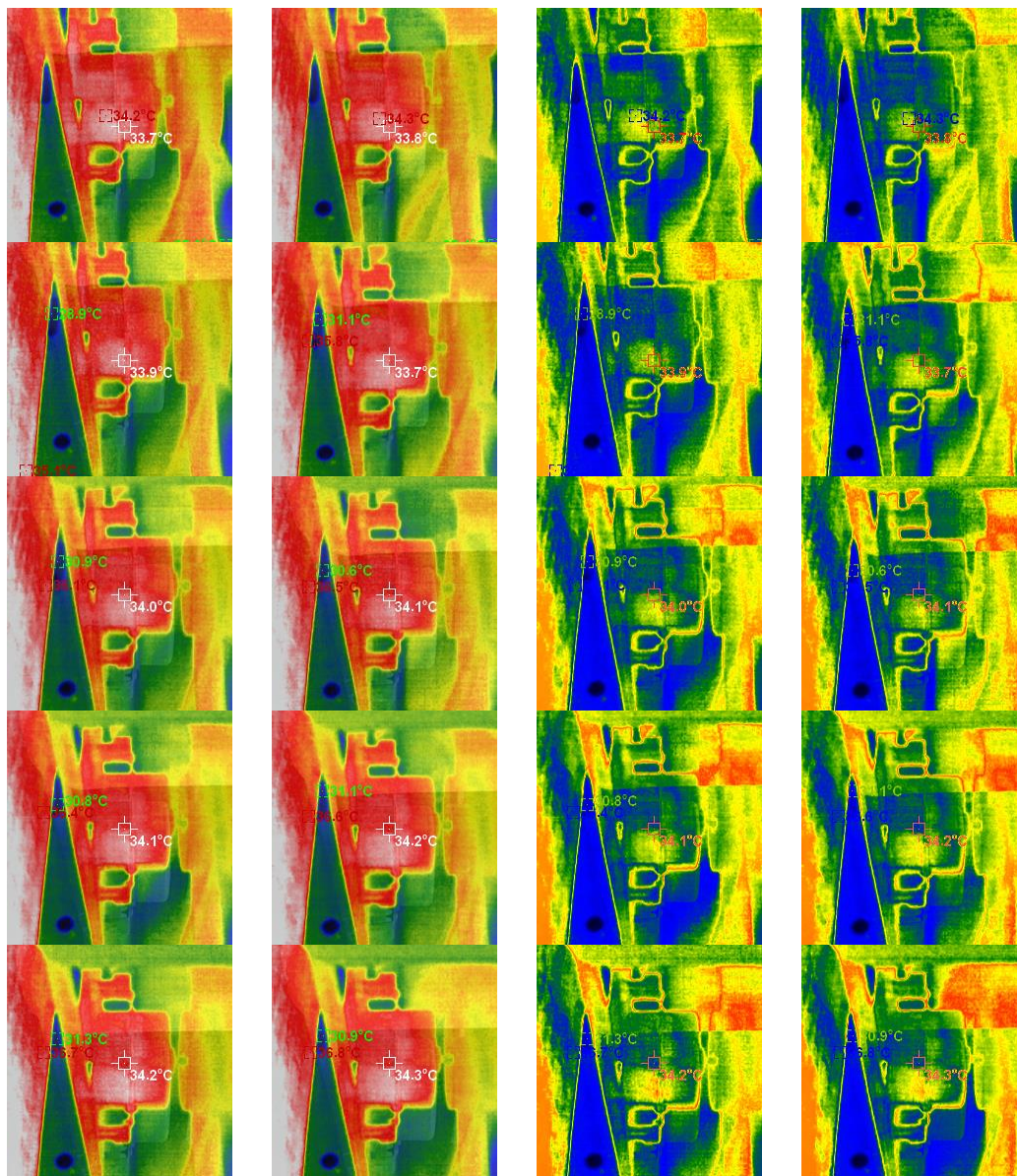


ก

ข

รูปที่ 6 ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าความเก็บประจุของมอเตอร์ระบายความร้อน $C = 1.08\mu F$

ก) ภาพต้นฉบับ และ ข) ภาพที่ถูกรับค่าระดับความร้อน



ก

ข

รูปที่ 7 ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าความเก็บประจุของมอเตอร์ระบายความร้อน $C = 1.50\mu F$

ก) ภาพต้นฉบับ และ ข) ภาพที่ถูกปรับค่าระดับความร้อน

ตารางที่ 1.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 0.80\mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	26.60	41.20	43.2868
2	26.70	41.10	35.9763
3	26.70	41.20	37.6208
4	26.90	41.20	36.5787
5	27.20	41.20	32.9085
6	27.20	41.20	33.4997
7	27.60	41.10	34.9166
8	27.60	41.10	34.0517
9	27.90	41.20	32.2439
10	28.20	41.20	32.1009
ค่าเฉลี่ย	27.26	41.17	35.3184

ตารางที่ 1.2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 0.92\mu F$

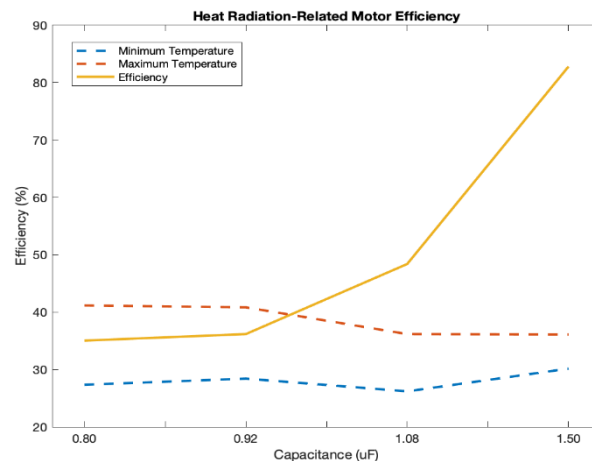
ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	28.10	40.80	40.4368
2	28.20	40.80	41.8593
3	28.10	40.80	38.1486
4	28.30	40.80	40.4133
5	28.60	40.80	35.5739
6	28.50	40.80	35.1261
7	28.60	41.00	34.5194
8	28.50	40.90	32.4184
9	28.50	40.80	34.1942
10	28.50	40.90	32.8201
ค่าเฉลี่ย	28.39	40.84	36.5510

ตารางที่ 1.3 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 1.08\mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	27.20	35.70	48.3328
2	27.00	36.00	49.8443
3	26.20	35.80	52.9805
4	25.90	35.70	48.9782
5	26.40	36.10	45.7273
6	26.10	36.30	47.6469
7	25.90	36.30	49.1647
8	26.00	36.30	48.8566
9	25.80	36.40	47.8504
10	25.90	36.50	48.6990
ค่าเฉลี่ย	26.24	36.11	48.8081

ตารางที่ 1.4 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุมีค่า $C = 1.50\mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อน (ร้อยละ)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	25.60	34.20	85.62
2	25.10	34.30	90.6523
3	28.90	35.10	90.2590
4	31.10	35.80	85.5414
5	30.90	36.10	85.0629
6	30.60	36.50	84.8597
7	30.80	36.40	81.7288
8	31.10	36.60	80.3965
9	31.30	36.70	74.1931
10	30.90	36.80	76.9273
ค่าเฉลี่ย	29.63	35.85	83.5239



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนที่ระดับค่าความเก็บประจุต่างกัน

5. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนด้วยวิธีคำนวณหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนโดยใช้ภาพถ่ายความร้อนเมื่อตัวคาปาซิเตอร์เกิดการเสื่อมค่าในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนจากรูปที่ 8 จะพบว่าเมื่อค่าคาปาซิเตอร์มีค่า 1.5 uf จะทำให้มอเตอร์ทำงานที่ประสิทธิภาพสูงแต่เมื่อเกิดการเสื่อมค่าลงต่ำกว่า 1.5 uf ประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนจะลดลงโดยการจำลองค่าคาปาซิเตอร์ที่ 1.08 uf จะมีค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเฉลี่ยที่ 48.80 % การจำลองค่าคาปาซิเตอร์ที่ 0.92 uf จะมีค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเฉลี่ยที่ 36.55 % การจำลองค่าคาปาซิเตอร์ที่ 0.8 uf จะมีค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ระบายความร้อนเฉลี่ยที่ 35.31 % ซึ่งจะเป็นผลทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานนานขึ้นและจะทำให้เกิดการเสียหายในอุปกรณ์หลักอย่างคอมเพรสเซอร์ต้องทำงานหนักและยังเสียค่าการใช้พลังงานมากขึ้นดังนั้นการตรวจสอบด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนจะเป็นวิธีช่วยการตรวจสอบการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น

6. อ้างอิง

- [1] จักรพงษ์ เฟื่องแจ่มแจ้ง.(2557).การปรับปรุงการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- [2] T. Trongtirakul, A. Oulefki, S. Agaian, and W. Chiracharit, "Enhancement and segmentation of breast thermograms," *Proc. SPIE 11399, Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2020*, vol. 113990F, 21 April 2020.
- [3] T. Trongtirakul, and S. Agaian, "Adaptive inertia weight particle swarm algorithm for optimized Hyperspectral image enhancement", *Proc. SPIE 11734, Multimodal Image Exploitation and Learning 2021*, 1173403, 2 April 2021.

- [4] T. Trongtirakul, and S. Agaian, "Adaptive inertia weight particle swarm algorithm for optimized Hyperspectral image enhancement," *Proc. SPIE 11734 Multimodal Image Exploitation and Learning 2021*, vol. 11734, pp. 14-22
- [5] T. Trongtirakul, and S. Agaian, "Unsupervised and optimized thermal image quality enhancement and visual surveillance applications," *Signal Processing: Image Communication*, pp. 116714, 2022.
- [6] L. Yuan *et al.*, "Deep Colormap Extraction from Visualizations," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, doi: 10.1109/TVCG.2021.3070876.
- [7] L. Zhou and C. D. Hansen, "A Survey of Colormaps in Visualization," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 22, no. 8, pp. 2051-2069, 1 Aug. 2016, doi: 10.1109/TVCG.2015.2489649.

การพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว

DEVELOPMENT OF MYANMAR LANGUAGE APPLICATION FOR TOURISM

ศุภมาส ผกาภาศ

Suphamart Phakakat

อาจารย์โปรแกรมบริหารธุรกิจ วิชาเอกเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด

*Corresponding author, E-mail: suphamart_p@kpru.ac.th

Received: July 6, 2022

Revise: November 20, 2022

Accepted: November 24, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาพม่า จำนวน 2 คน นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาในพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 50 คน ใช้การสุ่มแบบบังเอิญ เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบประเมินสำหรับหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่า และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีลักษณะ 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยวด้วยโปรแกรม Construct 2 ผลการหาประสิทธิภาพที่ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมิน มีค่าเฉลี่ย 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.34 อยู่ในระดับมาก ผลการหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว มีค่าเฉลี่ย 3.96 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน, คำศัพท์ภาษาพม่า, การท่องเที่ยว

Abstract

The objectives of this study were 1) to develop a Myanmar language application for tourism; 2) to evaluate the effectiveness of the Myanmar language application for tourism; 3) to assess the satisfaction of users of the Myanmar language tourism application. The sampling groups were 3 specialists and 50 travelers. Among the experts, one was application expert, while the others were Myanmar language expert. Fifty travelers, who visited Mae Sot District, Tak Province, were randomly selected. The tools used in this study were the evaluation form for the performance of Myanmar language applications and the user satisfaction assessment form with 5 scales, and the means and standard deviation were reported. The researcher developed a Myanmar language application for tourism with Construct 2 program. Based on the specialist evaluation, the average was 4.50, while standard

deviation was 0.34 suggesting at a high level. According to the results of user satisfaction with Myanmar language application for tourism, the average was 3.96, whereas standard deviation was 0.54 indicating at a high level.

Keywords: Application, Myanmar language, tourism

1. บทนำ

สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทกับการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก โดยมีการพัฒนาและนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้ความสามารถในการทำงานสูงขึ้น ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการที่ใช้ด้วย เช่นเดียวกัน (บาลานซ์, 2561) อีกทั้งยังมีแอปพลิเคชันมาช่วยในการสนับสนุนให้การใช้งานระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งยังตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างสะดวกรวดเร็วและเป็นแหล่งเรียนรู้ที่อยู่ติดตัวของผู้ใช้จนมากที่สุด

โดยประเทศไทยเมื่อปี 2560 อำเภอแม่สอดได้รับการสนับสนุนให้เป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษตามหนึ่งในแนวทางของระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก โดยเป็นศูนย์กลางการค้าที่ติดต่อกับเมืองเมียวดีในประเทศพม่า ซึ่งอำเภอแม่สอดได้เป็นสมาชิกของประชาคมอาเซียน เป็นอำเภอที่มีการค้าระหว่างประเทศกับพม่าเนื่องจากเป็นอำเภอที่อยู่ติดชายแดน และเป็นที่ตั้งจุดผ่านแดนถาวร (ปริณดา จับแก้ว, 2557) ซึ่งอำเภอแม่สอด จังหวัดตากนี้มีสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ หรือแม้แต่ร้านอาหารก็มักจะมียุโรปหรือคนงานที่เป็นชาวพม่า ทำให้คนในอำเภอแม่สอดหรือนักท่องเที่ยวจำเป็นต้องมีการเรียนรู้ภาษาพม่าเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร และการค้าขายกับประเทศเพื่อนบ้าน ดังนั้นผู้คนต่างๆ จึงต้องมีการเรียนรู้ภาษาพม่า ซึ่งจากการสอบถามจากนักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวในเขตพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่ามีความต้องการที่จะสื่อสารเป็นภาษาพม่าเบื้องต้น และมองว่าถ้ามีคำศัพท์ที่มีการรวบรวมเกี่ยวกับการสื่อสารภาษาพม่าได้อย่างเบื้องต้น ก็จะทำให้นักท่องเที่ยวสามารถที่จะเรียนรู้และสื่อสารภาษาพม่าได้ด้วยตนเอง โดยจากสถิติของแรงงานชาวมียนมาในพื้นที่อำเภอชายแดนจังหวัด โดยข้อมูลตั้งแต่วันที่ 10 พฤษภาคม -29 กันยายน 2565 พบว่ามีแรงงานชาวมียนมาที่อยู่ในข้อตกลงระหว่างรัฐบาลไทยและเมียนมา เข้ามาทำงานในไทยรวมแล้วอยู่ที่ประมาณ 56,000 คน โดยที่สภาอุตสาหกรรมจังหวัดตากยังเชื่อว่าจะมีแรงงานชาวมียนมาหลั่งไหลเข้ามาอีกมากอนาคต (สมจิต รุ่งจรัสศรี, 2565) ซึ่งทำให้เห็นว่าเมื่อมีแรงงานชาวมียนมาเข้ามาทำงานในพื้นที่ของอำเภอแม่สอดมากเท่าไร การสื่อสารในเรื่องของภาษาพม่า ไม่ว่าจะเป็นคำศัพท์และการสนทนานั้นจะมีความสำคัญมากขึ้น

จากปัญหาและความต้องการดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้มีแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว เพื่อที่จะให้นักท่องเที่ยวสามารถที่จะสื่อสารเป็นภาษาพม่าได้เบื้องต้น โดยแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยวนี้สามารถให้นักท่องเที่ยวเรียนรู้ภาษาพม่าได้ด้วยตนเอง และยังรวมไปถึงนายจ้างที่ต้องมีการสื่อสารภาษาพม่าได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานของแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยว

3. ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวข้อง

ความหมายของ Mobile Application

เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต โดยโปรแกรมจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังสนับสนุนให้ผู้ใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น โดยแอปพลิเคชันได้มีการเขียนหรือพัฒนาลงบนอุปกรณ์เป็นอย่างมาก เช่น แผนที่ เกม โปรแกรมคุยต่างๆ และหลายธุรกิจก็เข้าไปเน้นในการพัฒนา Mobile Application เพื่อเพิ่มช่องทางในการสื่อสารกับผู้คนมากขึ้น และยังเป็น Application ที่สามารถแชร์เรื่องราวต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความรู้สึก สถานที่ รูปภาพ ผ่านทางแอปพลิเคชันได้โดยตรงโดยไม่ต้องเข้าเว็บเบราว์เซอร์ (พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, 2558)

โปรแกรม Construct 2

เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นจากนักพัฒนาโปรแกรมชาวอังกฤษ ที่ร่วมกันพัฒนาช่วงเรียนมหาวิทยาลัย และเผยแพร่โปรแกรมแรกออกมาชื่อว่า Construction Classic ซึ่งใช้ในการพัฒนาเกม และเมื่อถึงการก้าวเข้าสู่ยุคของ HTML 5 จึงได้หันมาพัฒนาโปรแกรมใหม่ภายใต้ชื่อ Construction 2 ที่ช่วยให้ผู้ที่ต้องการสร้างเกมหรือสร้างแอปพลิเคชันสามารถใช้เป็น Tool สร้างสรรค์ในการพัฒนาได้ เนื่องจากโปรแกรมมีรูปแบบเป็นกราฟิก ทำให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างงานได้เพียงแค่การคลิกลาก และวางคำสั่งของโปรแกรม (Command object) ตามลำดับของตรรกะที่ออกแบบไว้ (คุณากร ธนทิ, 2564)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ซึ่งมาจากการเลือกอย่างเจาะจงโดยมีการคัดเลือกดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 1 คน ซึ่งอาจารย์ที่สอนอยู่ในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจและเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของการสร้างแอปพลิเคชัน และ 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาพม่า ซึ่งเป็นอาจารย์ที่มีประสบการณ์สอนภาษาพม่าในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด จำนวน 2 คน

3.1.2 นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในเขตพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 50 คน ตามที่เนลสัน จา คอป (Nielsen, 2000) ได้เสนอว่าหากมีการใช้ผู้ประเมินระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์มากกว่า 15 คน จะสามารถค้นพบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบได้ดีที่ความเชื่อมั่นที่ 95 %

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 การพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่า ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโดยได้ทำการศึกษาปัญหาและความไปได้ในการพัฒนา โดยใช้ขั้นตอนตามวัฏจักรของการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ของสแตร์ ดังนี้ 1) การศึกษาระบบ 2) การวิเคราะห์ระบบ 3) การออกแบบ 4) การนำระบบไปใช้ 5) การดูแลรักษาและตรวจสอบระบบ

3.2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว โดยมีลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ (Likert, 1970 : 275) โดยทำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินจำนวน 3 ท่าน และทำการตรวจหาความตรงเชิงเนื้อหาโดยขอคำถามว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยได้ใช้การหา

<http://jeet.siamtechu.net>

ค่าความสอดคล้อง (Index of item – Objective Congruence : IOC) ซึ่งโดยมีค่าความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 -1.00 ค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 0.88

3.2.3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ออปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว โดยมีลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ (Likert, 1970 : 275) โดยทำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินจำนวน 3 ท่าน และทำการตรวจหาความตรงเชิงเนื้อหาโดยขอคำถามว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยได้ใช้การหาค่าความสอดคล้อง (Index of item – Objective Congruence : IOC)โดยมีค่าความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 -1.00 ค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 0.89

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่า โดยได้ทำการศึกษาปัญหาและความไปได้ในการพัฒนา โดยใช้ขั้นตอนตามวัฏจักรของการพัฒนาระบบ(System Development Life Cycle : SDLC) ของสแตร์ ดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูล 2) การวิเคราะห์และออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การทดสอบ 5) การประเมินผลแอปพลิเคชัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคำศัพท์ และความต้องการจากผู้ใช้งาน โดยแบ่งออกเป็นหมวดคำศัพท์ จำนวน 7 หมวด ได้แก่ หมวดที่พักอาศัย หมวดอาหาร หมวดตัวเลข หมวดวัน-เวลา หมวดข้อปึง หมวดอำนวยความสะดวก หมวดสุขภาพ และหมวดประโยชน์สนทนา จำนวน 7 หมวด ได้แก่ ประโยคที่พัก ประโยคคำถาม ประโยคฉุกเฉิน ประโยคข้อปึง ประโยคท่องเที่ยว ประโยคร้านอาหาร

2) ทำการวิเคราะห์และออกแบบแอปพลิเคชัน โดยทำการวิเคราะห์และออกแบบเนื้อหา และการออกแบบ Flowchart เพื่อให้เห็นถึงกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน

3) เมื่อดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้โปรแกรม Construct 2 เมื่อพัฒนาตามกระบวนการข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำเอาแอปพลิเคชันไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินจำนวน 3 ท่าน โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านภาษาพม่าจำนวน 2 คน โดยทำการประเมินหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันและความเหมาะสมในการใช้งาน และทำการปรับปรุงแก้ไขแอปพลิเคชัน และคำศัพท์ต่างๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4) ผู้วิจัยได้นำเอาแอปพลิเคชันไปทดลองใช้ โดยการให้กลุ่มนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในเขตพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ทำการดาวน์โหลดแอปพลิเคชันและนำเอาข้อมูลจากการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยพบปัญหาข้างต้น เช่น เสียงไม่ออกเมื่อมีการกดปุ่มเพื่อฟังเสียงคำศัพท์ และมีเสียงบทสนทนาไม่ตรงกับภาพที่กำหนดไว้ เป็นต้น

5) ดำเนินการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจริงกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่กลุ่มนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในเขตอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 50 คน และทำการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ออปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ตามหลักวิธีการทางสถิติ และสรุปผลการวิจัยต่อไป

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

วิจัยเรื่องการพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว จากการศึกษาความต้องการและทำการรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัย พบว่า

4.1 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว โดยผู้วิจัยทำการพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Construct 2 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างให้อยู่ในรูปแบบของแอปพลิเคชัน โดยลักษณะของโปรแกรมจะมีเนื้อหาคำศัพท์และประโยคสนทนา ได้แก่ หมวดคำศัพท์ จำนวน 7 หมวด ได้แก่ หมวดทักทาย หมวดอาหาร หมวดตัวเลข หมวดวัน-เวลา หมวดช้อปปิ้ง หมวดอำนวยความสะดวก หมวดสุขภาพ และหมวดประโยคสนทนา จำนวน 7 หมวด ได้แก่ ประโยคที่พัก ประโยคคำถาม ประโยคฉุกเฉิน ประโยคช้อปปิ้ง ประโยคท่องเที่ยว ประโยคร้านอาหาร



รูปที่ 1 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 1 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน ซึ่งจะเป็นหน้าจอหลักที่จะสามารถเข้าสู่เมนูเนื้อหาต่างๆ ของตัวแอปพลิเคชัน ซึ่งจะมีรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน โดยตัวปุ่มจะเป็นลักษณะเมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Start ก็จะมีเอฟเฟกการเคลื่อนไหว ทำให้ผู้ใช้รับรู้ได้ว่าการกระทำเกิดขึ้นของปุ่ม Start



รูปที่ 2 หน้าหมวดคำศัพท์ และหมวดประโยคต่างๆ

จากภาพที่ 2 หน้าหมวดคำศัพท์ และหมวดประโยคต่างๆ โดยจะประกอบไปด้วยหมวดคำศัพท์ จำนวน 7 หมวด ได้แก่ หมวดทักทาย หมวดอาหาร หมวดตัวเลข หมวดวัน-เวลา หมวดช้อปปิ้ง หมวดอำนวยความสะดวก หมวดสุขภาพ และหมวดประโยคสนทนา จำนวน 7 หมวด ได้แก่ ประโยคที่พัก ประโยคคำถาม ประโยคฉุกเฉิน ประโยคช้อปปิ้ง ประโยคท่องเที่ยว ประโยคร้านอาหาร โดยจะมีปุ่มกดที่มีเสียงเอฟเฟ็ค และสามารถเชื่อมโยงไปยังหน้าเนื้อหาตามหมวดหมู่ดังกล่าว



รูปที่ 3 หน้าคำศัพท์ภาษาพม่า หมวดทักทาย

จากภาพที่ 3 หน้าคำศัพท์ภาษาพม่า หมวดที่หก หก ซึ่งประกอบไปด้วยคำศัพท์ภาษาพม่า โดยจะเป็นคำศัพท์ที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับการทักทาย โดยแต่ละคำศัพท์จะมีคำอ่านสะกดคำ และมีปุ่มกดเพื่อฟังเสียงซึ่งเป็นเสียงจากเจ้าของภาษาโดยตรง



รูปที่ 4 หน้าประโยคสนทนาภาษาพม่า หมวดที่หก

จากภาพที่ 4 หน้าประโยคสนทนาภาษาพม่า หมวดที่หก ซึ่งประกอบไปด้วยประโยคสนทนาภาษาพม่า โดยจะเป็นประโยคที่นิยมพูดในการสนทนาเป็นส่วนใหญ่ และสามารถสื่อสารได้ในแต่ละหมวด โดยแต่ละการสนทนาจะมีคำอ่านสะกดคำ และมีปุ่มกดเพื่อฟังเสียงซึ่งเป็นเสียงจากเจ้าของภาษาโดยตรง

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว

การหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่า ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน จำนวน 3 ท่าน โดยแบ่งออกเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านภาษาพม่า จำนวน 2 คน โดยมีผลการประเมินที่แสดงดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
1. ปริมาณของคำศัพท์ภาษาพม่า	5.00	0.00	มากที่สุด

<http://jeet.siamtechu.net>

2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	0.58	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของหมวดคำศัพท์ภาษาพม่า	4.33	0.58	มาก
4. ความเหมาะสมของประโยคสนทนาภาษาพม่า	4.33	0.53	มาก
6. มีภาพประกอบสวยงามและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.00	0.00	มาก
7. ฉากสวยงามและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.00	0.00	มาก
8. ขนาดตัวหนังสือมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
9. แอปพลิเคชันมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อผู้ใช้งาน	4.67	0.58	มากที่สุด
10. ความเหมาะสมในภาพรวมของแอปพลิเคชัน	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.50	0.34	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันภาษาพม่า ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผลภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.34 ซึ่งพบว่าแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยวมีประสิทธิภาพในเรื่องของปริมาณของคำศัพท์ภาษาพม่า อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 และมีประสิทธิภาพในเรื่องของความถูกต้องของเนื้อหา แอปพลิเคชันมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อผู้ใช้งาน และมีความเหมาะสมในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้อแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว

ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้อแอปพลิเคชันคำศัพท์พม่า โดยนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 50 คน โดยแสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้อแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
1.ด้านเนื้อหา	4.09	0.55	มาก
1.1 ตัวอักษรภาษาพม่า	4.00	0.49	มาก
1.2 เสียงภาษาพม่า	4.06	0.53	มาก
1.3 คำศัพท์ภาษาพม่า	4.20	0.64	มาก
2. ด้านกราฟิก	3.99	0.54	มาก
2.1 ขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม สวยงาม	4.08	0.49	มาก
2.2 สีสนของพื้นหลังที่เหมาะสม	3.96	0.67	มาก
2.3 มีภาพ กราฟิกต่างๆ ที่ประกอบเนื้อหาที่มีความน่าสนใจ	4.22	0.47	มาก
2.4 มีเสียงประกอบเนื้อหา	3.69	0.55	มาก
3. ด้านเทคนิคการนำเสนอข้อมูล	3.80	0.52	มาก

<http://jeet.siamtechu.net>

3.1 ภาพประกอบมีเทคนิคทางศิลปะ และสามารถสื่อความหมายโดยใช้ภาพการ์ตูน	3.80	0.55	มาก
3.2 ความรวดเร็วในการแสดงข้อมูลจากการเชื่อมโยงข้อมูล	3.80	0.48	มาก
4. ด้านการใช้งาน	3.95	0.54	มาก
4.1 ความเร็วในการแสดงผลของแอปพลิเคชัน	3.94	0.48	มาก
4.2 การใช้งานโดยรวมของแอปพลิเคชัน	4.02	0.56	มาก
4.3 การใช้งานของเทคโนโลยีที่ทันสมัย	3.90	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	3.96	0.54	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ออปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกราฟิก ด้านเทคนิคการนำเสนอข้อมูล ด้านการใช้งาน โดยสรุปผลพบว่า มีภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย 3.96 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านเนื้อหา มีความพึงพอใจอยู่ในอันดับหนึ่ง โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ในด้านของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.09 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 ซึ่งในเรื่องเนื้อหาของคำศัพท์ มีค่าเฉลี่ย 4.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64

5. สรุปและการอภิปรายผลการวิจัย

การสร้างแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว ผู้วิจัยได้สรุปผลที่ได้จากการดำเนินการวิจัย ดังนี้

5.1 การพัฒนาแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว ผู้วิจัยได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยมีการรวบรวมคำศัพท์ภาษาพม่าที่เน้นเกี่ยวกับท่องเที่ยวรวมไปถึงการรวบรวมประโยคคำสนทนาที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว ซึ่งทำให้สามารถสื่อสารภาษาพม่าได้อย่างเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้โปรแกรม Construct 2 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกานา พิลบุตร และคณะ (2562) โดยได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ เรื่อง “คอมพิวเตอร์กับชีวิตประจำวัน” ที่มีการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้โปรแกรมเดียวกันในการพัฒนา และได้มีการนำเอากระบวนการของการพัฒนาระบบตามขั้นตอนตามวัฏจักรของการพัฒนาระบบ(System Development Life Cycle : SDLC)

5.2 การประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาพม่า จำนวน 2 คน โดยพบว่าแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ในเรื่องของความถูกต้องของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของอุมาภรณ์ เหล็กดี (2557) การพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อเผยแพร่ภูมิปัญญาท้องถิ่นในจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในด้านของความถูกต้องของเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.56 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48

5.3 การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยว จากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน โดยพบว่าภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.96 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 โดยแบ่งตามรายด้าน พบว่าด้านเนื้อหา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.09 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 ซึ่งเหตุผลที่ทำให้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในอันดับหนึ่ง อันเนื่องมาจากในเรื่องของคำศัพท์ภาษาพม่ามีความเข้าใจงาน เป็นคำศัพท์พื้นฐานที่สามารถนำมาใช้ได้กับการท่องเที่ยว และสามารถฟังเสียง และสำเนียงได้จากเจ้าของภาษาจริง โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของธีระพล ทองเปลว และวรุณท์ พลอยสวยงาม (2560) การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน โดยพบว่ามีผลการประเมินความพึงพอใจในด้านของเนื้อหาอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.98 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58

ซึ่งงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้มีการพัฒนาขึ้นมาในครั้งนี้ ทำให้พบว่าแอปพลิเคชันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ให้กับกลุ่มนักท่องเที่ยว หรือผู้ที่สนใจคำศัพท์ภาษาพม่า โดยสามารถเรียนรู้ศัพท์และประโยคสนทนาได้ง่าย พร้อมทั้งยังมีเสียงจากเจ้าของภาษาโดยเฉพาะทำให้ได้ทั้งสำเนียง และการออกเสียงที่ถูกต้อง นอกจากนี้การพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของแอปพลิเคชันก็ยังเป็นการสร้างความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ เพราะสามารถที่จะดาวน์โหลดลงไปยังสมาร์ตโฟนของผู้ใช้ได้อย่างง่ายดาย

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

ในแอปพลิเคชันภาษาพม่าเพื่อการท่องเที่ยวมีลักษณะที่ใช้งานง่ายและไม่ยุ่งยากเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการทราบคำศัพท์ภาษาพม่าและต้องการสื่อสารเบื้องต้น ซึ่งการดาวน์โหลดแอปพลิเคชันมาใช้งานง่าย และไม่เสียค่าใช้จ่าย

6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแอปพลิเคชันครั้งต่อไป

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันครั้งต่อไปหากมีการต่อยอดงานวิจัย ผู้วิจัยมากกว่าควรมีการเพิ่มคำศัพท์ และประโยคในการสื่อสารให้มากขึ้น ควรมีการเพิ่มการค้นหาคำศัพท์เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ควรมีคำอ่านภาษาอังกฤษเพื่อให้ง่ายต่อการออกเสียง และพัฒนาให้สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ iOS เพื่อครอบคลุมผู้ใช้งานมากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ธีระพล ทองเปลว และวรุณท์ พลอยสวยงาม (2560, 7-8 ธันวาคม). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, ประเทศไทย.

[2] บาลานซ์. (2561). คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (ฉบับเตรียมสอบ). กรุงเทพฯ: ที.เค.พรินติ้ง.

[3] ปวีณา จัปแก้ว. (2557). อาเซียน เพื่อนบ้าน...ต้องรู้. กรุงเทพฯ: พีเอ็นเอ็น มีเดีย กรุ๊ป พับลิชชิ่ง.

[4] สมจิต รุ่งจรัสศรีมี. (2565). แรงงานเมียนมาเข้าชายแดน จ.ตาก กว่า 56,000 คน ในรอบ 5 เดือน แหล่งที่มา:

ออนไลน์ <https://www.bbc.com/thai/articles/cv29lyezey0o> (สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565)

[5] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. (2558). คู่มือการเขียนแอป Android ด้วย Android Studio. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น.

[6] คุณากร หนที. (2564). สร้างเกมการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม Construct 2 แหล่งที่มา: ออนไลน์ <https://www.slideshare.net/TomKhunakorn/construct-2-manual-construct-2> (สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2565).

[7] Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. Nielsen Norman Group. online:< <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>>, ISSN, 0737-8939.

[8] ศิริกานา พิลานุกร สุปราณี ทัพมงคล กิตติพงศ์ รัตนวงกต และธีระพงศ์ มลิวัลย์. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ เรื่อง “คอมพิวเตอร์กับชีวิตประจำวัน”. วารสารการจัดการความรู้สู่การปฏิบัติที่เป็นเลิศ วิทยาลัยนครราชสีมา, 1, 48-55.

[9] อุมารณห์ เหล็กดี. (2557). การพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อเผยแพร่ภูมิปัญญาท้องถิ่นในจังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 1(1), 66-72.

[10] Likert, R. N. (1970). A technique for the measurement of attitude. Attitude Measurement. Chicago: Ronal McNally & Company

การพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์

THE DEVELOPMENT OF A CAUSAL MODEL AFFECTING CHANGE MANAGEMENT TOWARD THE ORGANIZATIONAL PERFORMANCE SUSTAINABLE OF THE PLASTIC PACKAGING INDUSTRY

Received: October 28, 2022

Revise: December 10, 2022

Accepted: December 13, 2022

โยธิน ทองชานนา^{1*} ศิริพร สัจจานันท์²

Yothin Thongchawna,^{1*} Siriporn Sakjanan²

¹ หลักสูตรบริหารธุรกิจดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

² หลักสูตรบริหารธุรกิจดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Corresponding author, E-mail: ysteven_8543@yahoo.com

บทคัดย่อ

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของตัวแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของการพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ 2) เพื่อศึกษาอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมของการพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ โดยทำการศึกษาวัยเชิงปริมาณเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้บริหารผู้ผลิตพลาสติกบรรจุภัณฑ์โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีประมาณค่าตัวแปร 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ได้เท่ากับ 400 คน โดยการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นด้วยตามสัดส่วน เครื่องมือการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.943 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอนุมานด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง ผลการวิจัย 1) พบว่าภายหลังการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้าง ปรากฏว่าดัชนีทุกตัวผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ประกอบด้วย $\chi^2 = 98.011$ χ^2 / df ($98.011/84$) = 1.167 P-value = 0.141 GFI = 0.976 AGFI = 0.940 NFI = 0.980 CFI = 0.997 RMR = 0.020 RMSEA = 0.020) และดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้ครั้งนี้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ 2) อิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมของการพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมีอิทธิพลทางตรงในเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ เท่ากับ .791 นอกจากนี้ยังพบว่ามีอิทธิพลทางอ้อมต่อปัจจัยภาพลักษณ์ขององค์กร ปัจจัยผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน และปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน เท่ากับ .611 .589 และ .150 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจพบว่ามีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อปัจจัยภาพลักษณ์ขององค์กร ปัจจัยผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืนและปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน เท่ากับ .772 .321 และ .190 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจยังมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน เท่ากับ .424 สำหรับปัจจัยภาพลักษณ์ขององค์กรและปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานทางธุรกิจอย่างยั่งยืน เท่ากับ .491 และ .237 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และสามารถร่วมกันอธิบายพยากรณ์องค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ ได้ถึงร้อยละ 71.7 ($R^2=0.717$)

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ ภาพลักษณ์องค์กร ผลการดำเนินงานขององค์กร

Abstract

The objective of this research was 1) to examine the consistency of the model with empirical data of the causal model development that affects change management conditions on the sustainable organizational performance of the plastic packaging industry. 2) to study the direct influence indirect influence and combined influence of the development of a causal model on change management conditions on the sustainable organizational performance of the plastic packaging industry. A quantitative research study was conducted to collect data with executives of plastic packaging manufacturers by determining the sample size by estimating the variable 20 times the number of parameters equal to 400 people by random sampling using proportional probability. The research tool was a questionnaire with a reliability of 0.943. Data collection and analysis of statistical data were used for frequency, percentage, mean, and standard deviation and analyzing the data using inferential statistics with analytical techniques. Structural equation Research results 1) It was found that after using the program to check the consistency of the structural equation model It appears that all indices pass the standard, consisting of $\chi^2 = 98.011$ χ^2 / df (98.011/84) = 1.167 p-value = 0.141 GFI = 0.976 AGFI = 0.940 NFI = 0.980 CFI = 0.997 RMR = 0.020 RMSEA = 0.020 and therefore it can be concluded that the results of this analysis are consistent with the empirical data and 2) the direct influence indirect influence and the combined influence of the development of a causal model on change management conditions on the sustainable organizational performance of the plastic packaging industry. It was found that factors related to management had a positive direct influence on business transformation equal to .791. In addition, it was found that there was an indirect influence on the image of the organization. Sustainable Business Performance Factors and the competitiveness factor are equal to .611, .589, and .150 respectively. As for the business change factor, it was found that there was a positive direct influence on the corporate image factor. Sustainable business performance factors and competitiveness factors were .772, .321, and .190 respectively. In addition, it was found that business transformation factors also had a positive indirect influence on sustainable business performance. Equal to .424 for the corporate image factor and the competitiveness factor Has a positive direct influence on sustainable business performance equal to .491 and .237, respectively, at a statistical significance level of .001 and can together explain the sustainable organization forecast of the plastic packaging industry up to 71.7 each (R²=0.717)

Keywords: Business Transformation / Corporate Image / Business Performance

1. บทนำ

กระแสโลกาภิวัตน์ศตวรรษที่ 21 ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมธุรกิจเป็นไปอย่างรวดเร็วทั้งในด้านเทคโนโลยี สภาพเศรษฐกิจ สังคม คู่แข่งขัน การเมืองกฎหมาย การตอบสนองพฤติกรรมผู้บริโภค การมีวิสัยทัศน์ในการปรับตัวของธุรกิจ เพื่อรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและปรับกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับสภาวะที่เปลี่ยนแปลงไป Kesara (2019) [1] การให้ความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ธุรกิจต่างมุ่งเน้นเพื่อตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของผู้บริโภค สร้างความสัมพันธ์อันดีเพื่อยกระดับธุรกิจให้มีความสามารถในการตอบสนองลูกค้าอย่างแท้จริงและเติบโตอย่างยั่งยืน Chiraphong (2019) [2] ในปัจจุบันพลาสติกได้ เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน ของคนไทยเป็นอย่างมากและมีแนวโน้ม ที่จะเพิ่มมากขึ้น และนำมาแทนทรัพยากรธรรมชาติได้หลายอย่าง เช่น ไม้ เหล็ก เนื่องจากพลาสติกมีราคาถูก มีน้ำหนักเบาและมีขอบข่ายการใช้งานได้กว้าง เนื่องจากเราสามารถผลิตพลาสติกให้มีคุณสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการได้ โดยขึ้นกับการเลือกใช้ วัตถุดิบ ปฏิบัติการเคมี กระบวนการผลิต และกระบวนการขึ้นรูปทรงต่างๆ ได้อย่าง

มากมาย ซึ่งอุตสาหกรรมพลาสติกเองเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมรายสาขาที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ กระทรวงอุตสาหกรรม (2555) [3] ภาครัฐมีการส่งเสริมให้มีการจัดการเก็บเศษซากอุตสาหกรรมที่เกิดจากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมให้เป็นระบบมากขึ้น ในขณะที่บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ผ่านการใช้งานแล้วก็สามารถที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในรูปแบบของการรีไซเคิล โดยนักวิทยาศาสตร์ได้วิจัยนำขยะพลาสติกนำมาสกัดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ทั่วไป Charusiri (2012) [4] ปัจจุบันภาครัฐและเอกชนส่งเสริมการพัฒนาพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุหลักของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกโดยพลาสติกจะมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่น ไบโอฟลาสติกหรือพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น ซึ่งเป็นพลาสติกที่ทำจากผลผลิตทางการเกษตรสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานและช่วยลดสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น Veerathaworn (2013) [5] จากคุณสมบัติเด่นของบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์บรรจุภายใน ผสมกับพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น ส่งผลให้อุปสงค์ความต้องการของตลาดภายในประเทศเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของร้านสะดวกซื้อและร้านค้าปลีกที่เพิ่มมากขึ้นและความต้องการสินค้าที่ส่งออกมาขึ้นจากความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต รวมถึงนโยบาย “ครัวไทยสู่ครัวโลก” ของรัฐบาลที่ทำให้อุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งและอาหารพร้อมรับประทานเติบโตขึ้น จึงเป็นไปได้ว่าความต้องการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกยังคงมีอยู่ต่อไป แต่อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะดำเนินธุรกิจอยู่ต่อไปได้จะต้องคำนึงถึงการรักษาสีสิ่งแวดล้อม สังคม พร้อมกับมีการดำเนินกลยุทธ์การตลาดที่สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า Kotler (2016) [6] เพื่อเปลี่ยนแปลงภาพลักษณ์ให้กับสินค้า องค์กรและอุตสาหกรรมพลาสติก ซึ่งจะเป็นการสร้างความภักดีให้กับลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติก แนวทางของธุรกิจอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ซื้อบรรจุภัณฑ์ไปบรรจุสินค้าเพื่อจำหน่ายให้ผู้บริโภคในลำดับสุดท้าย กับผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก หรือที่เรียกว่า ธุรกิจกับธุรกิจ (B2B) ซึ่งการได้รับความภักดีจากลูกค้าถือว่าเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพราะจะทำให้ผู้ประกอบการมีผลกำไรและสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันทางการค้าได้ Auka (2012) [7] การทำให้ลูกค้าเป็นลูกค้าตลอดไประยะยาว (Customer Lifetime Value) เป็นตัวชี้วัดคุณค่าของลูกค้าที่มีแนวโน้มที่จะเป็นลูกค้ากับผู้นำสินค้าในอนาคต จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น กลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีการพัฒนาศักยภาพการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ ศิริวรรณ (2551) [8] ดำเนินการปรับตัวทำให้องค์กรมีผลการดำเนินงานขององค์กรอัตรการเติบโตทางธุรกิจที่สูงขึ้นและสร้างโอกาส ส่งเสริมภาพลักษณ์ องค์กรให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติก ดำเนินกลยุทธ์การตลาดที่สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าพร้อมกับความห่วงใยต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การศึกษาการพัฒนารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ย่อมนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงทางการตลาดที่มีการแข่งขันสูงขึ้นในอนาคตและความรับผิดชอบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมและสังคมที่บรรจุภัณฑ์พลาสติกมีภาพลักษณ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาโดยตลอดต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของตัวแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของการพัฒนารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมของการพัฒนารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์

สมมติฐานการวิจัย

- สมมติฐานข้อที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ
- สมมติฐานข้อที่ 2 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อความสามารถในการแข่งขัน
- สมมติฐานข้อที่ 3 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ขององค์กร
- สมมติฐานข้อที่ 4 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่ออัตราการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน

สมมติฐานข้อที่ 5 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อความสามารถในการแข่งขันส่งผ่านต่อผลการดำเนินงานธุรกิจ

สมมติฐานข้อที่ 6 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ขององค์กรส่งผ่านต่อผลการดำเนินงานธุรกิจ

ทบทวนวรรณกรรมการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการได้แก่ ทรัพยากรพื้นฐาน ระบบการทำงาน บทบาทภาครัฐ ความเสี่ยง Kotler (2016) [6], ศิริวรรณ (2551) [8] จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจได้แก่ กลยุทธ์ โครงสร้าง เทคโนโลยี บุคคลและวัฒนธรรม Kotler (2016) [6], ศิริวรรณ (2551) [8], ทิพวรรณ (2548) [9], Schermerhorn (2005) [10], Daft (2008) [11] จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความสามารถในการแข่งขัน ได้แก่งกลยุทธ์การสร้างแตกต่าง กลยุทธ์การเป็นผู้นำด้านต้นทุนต่ำ กลยุทธ์การมุ่งตลาดเฉพาะส่วน กลยุทธ์การตอบสนองอย่างรวดเร็ว Kotler (2016) [6], ศิริวรรณ (2551) [8] จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับภาพลักษณ์ขององค์กร Kotler (2016) [6], ศิริวรรณ (2551) [8] จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการวัดของผลการดำเนินงานขององค์กรตามแนวคิด Kaplan, & Norton (2006) [12], สาคร (2553) [13] ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ด้านการเงิน ด้านลูกค้า ด้านกระบวนการภายใน ด้านการเรียนรู้และพัฒนา พัฒนาเป็นกรอบแนวความคิดการพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้วิธีการสำรวจ (Survey Research) เก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้บริหารผู้ผลิตพลาสติกบรรจุภัณฑ์โดยกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีประมาณค่าตัวแปรสังเกตได้ของ Kline (2010) [14] กำหนดขนาดตัวอย่าง 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์การวิจัยครั้งนี้มี 400 คน ตัวแปรที่ใช้ศึกษาวิจัยได้แก่ ตัวแปรแฝงภายนอก ประกอบด้วย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัว ได้แก่ ทรัพยากรพื้นฐาน ระบบการทำงาน บทบาทภาครัฐ ความเสี่ยง ตัวแปรส่งผ่าน 3 ตัวแปรประกอบด้วย (1) การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ กลยุทธ์ โครงสร้าง เทคโนโลยี บุคคลและวัฒนธรรม (2) ความสามารถในการแข่งขัน ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ กลยุทธ์การสร้างแตกต่าง กลยุทธ์การเป็นผู้นำด้านต้นทุนต่ำ กลยุทธ์การมุ่งตลาดเฉพาะส่วน กลยุทธ์การตอบสนองอย่างรวดเร็ว (3) ภาพลักษณ์ขององค์กร ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ และ (4) ผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืนประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ ด้านการเงิน ด้านลูกค้า ด้านกระบวนการภายใน ด้านการเรียนรู้และพัฒนา เครื่องมือการวิจัยเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) กัลยา (2550) [15], ธาณินทร์ (2548) [16] สำหรับแนวทางสร้างแบบสอบถามได้มาจากนำข้อมูลได้ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรในกรอบแนวคิดการวิจัยดำเนินการสร้างตารางโครงสร้างเนื้อหาของงานวิจัยที่ต้องการวัดและจำนวนข้อคำถาม (Table of Specification) นำข้อคำถามที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาขอคำแนะนำ ตรวจสอบความถูกต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความถูกต้องชัดเจนของภาษาเพื่อหาความสัมพันธ์ความสอดคล้องของวัตถุประสงค (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาค่า IOC มากกว่า 0.6 จึงนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้ จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มงานวิจัยจำนวน 30 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามในด้านอำนาจจำแนกรายข้อ (Discrimination Power) ความเชื่อมั่น (Reliability) ความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นนั้นมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.943 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ข้างต้น ค่าสัมประสิทธิ์ได้อยู่ในเกณฑ์ที่มีค่าความสัมพันธ์สูงเกิน 0.6 กัลยา (2550) [15], ธาณินทร์ (2548) [16] ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นด้วยตามสัดส่วนและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิง

อนุมาน(Inference Statistics) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง Hair et al. (2010)[17], Kline (2010) [14] ประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ 2 ชั้น ตอน Hair et al. (2010) [17], Kline (2010) [14] ได้แก่ 1 การวิเคราะห์โมเดลการวัด (Measurement model) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรสังเกตได้(Observed variable) กับ ปัจจัยแฝง (Latent variable) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงเส้นยืนยัน (CFA) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้และปัจจัยแฝงว่าตัวแปรในโมเดลมีความเหมาะสมหรือไม่ พร้อมกับจัดกลุ่มตัวแปรที่มีคุณลักษณะเหมือนกัน เข้าเป็นปัจจัยแฝงเดียวกัน 2 การวิเคราะห์โมเดลโครงสร้าง (Structural model) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ สมมติฐานระหว่างปัจจัยแฝงหลาย ๆ ปัจจัยพร้อมกัน การทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติคือโปรแกรม SPSS AMOS โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้ 1) การกำหนดข้อมูลจำเพาะโมเดล (Specification of the model) ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาว่า ตัวแปรสาเหตุตัวใดบ้างที่ส่งผลโดยตรงและโดยอ้อม โดยผู้ศึกษาใช้โมเดลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น ประกอบด้วย ตัวแปรแฝง และตัวแปรสังเกตได้โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลว่าความสัมพันธ์ทั้งหมดเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นเป็นความสัมพันธ์ทางบวกและเป็นความสัมพันธ์ทางเดียวระหว่างตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) และตัวแปรภายใน (Endogenous variable) 2) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (Parameter estimation from the model) ผู้วิจัยใช้การประมาณค่าโดยใช้วิธี ML (Maximum likelihood) ซึ่ง เป็นวิธีที่แพร่หลายที่สุด เนื่องจากมีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากมาตรวัด Byrne (2010) [18] ผลที่ได้จะแสดงให้เห็นว่า (1) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ (2) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอก (phi) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรนอกกับตัวแปรแฝงภายใน (gamma) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แฝงภายใน และ (3) ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R²) ของโมเดลโครงสร้างและโมเดลการวัด Kline (2010) [14] 3) การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล (Goodness of fit measures) เพื่อศึกษาภาพรวมของโมเดลว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพียงใด ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติที่จะตรวจสอบ (1) ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-square statistics) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความสอดคล้องมีค่าเป็นศูนย์ถ้าค่าไค-สแควร์ มีค่าต่ำยิ่งดีแสดงว่าข้อมูล โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Schumacker and Lomax (2010) [19] ทั้งนี้ Hair et al. (2010) [17] ได้ระบุว่าค่าสถิติไค-สแควร์มักจะมีค่าที่สูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ (Significant) หากมีจำนวนตัวอย่างขนาดใหญ่และโมเดลมีความซับซ้อน ดังนั้น งานวิจัยทางการวิเคราะห์สมการ โครงสร้างส่วนใหญ่จะใช้ค่า χ^2/df เข้ามาประกอบในการพิจารณาความสอดคล้องของโมเดล (2) ค่าสัดส่วน χ^2/df ควรจะมีค่าไม่เกิน 3.00 หรือในกรณีที่โมเดลมีความซับซ้อนค่า χ^2/df ไม่ควรเกิน 5.00แสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Schumacker and Lomax (2010) [19] (3) ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness-of-fit index: GFI) ค่า GFI มีลักษณะคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Squared multiple correlation: R²) ซึ่งเป็นค่าที่ แสดงสัดส่วนของค่าความแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ (Observed covariance) ที่สามารถอธิบายได้โดยค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) ของโมเดล Kline (2010) [14] หรือเป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความสอดคล้องจากโมเดลก่อนและหลังปรับตัวแบบกับฟังก์ชันความสอดคล้องก่อนปรับโมเดล ซึ่งค่า GFI ควรอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่า 1 หมายถึงค่าชี้วัดที่แสดงว่า โมเดลนั้น ๆ เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นหากค่า GFI มีค่ามากกว่า 0.95 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและหากค่า GFI มีค่ามากกว่า 0.90 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ซึ่งแสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Byrne (2010) [18] (4) ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (Comparative fit index: CFI) ใช้เปรียบเทียบโมเดลเชิงสมมติฐานว่า มีความสอดคล้องสูงกว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มากน้อยเพียงใด ดังนั้น หากค่า CFI หากมีค่ามากกว่า 0.95 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและหากค่า CFI มีค่า มากกว่า 0.90 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีซึ่งแสดงว่า โมเดลทางทฤษฎีมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Kline (2010) [14] (5) ค่ารากของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root mean square error of approximation: RMSEA) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความไม่สอดคล้องของ โมเดลที่สร้างขึ้นกับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากร หากค่า RMSEA ควรอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.08 จึงจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและหากค่า RMSEA ที่มีค่าน้อยกว่า 0.08 ก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีซึ่งแสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับ

ข้อมูลเชิงประจักษ์ Kline (2010) [14] (6) ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standardized root mean squared residual: SRMR) เป็นค่าบอกความคลาดเคลื่อนของโมเดล หากค่า SRMR มีค่าน้อยกว่า 0.05 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและหากค่า SRMR มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05- 0.08 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีซึ่งแสดงว่าโมเดลทางทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Byrne (2010) [18] ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงใช้เกณฑ์ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์สรุปได้ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการทดสอบสมมติฐาน ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุโดยวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารจัดการธุรกิจของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ เกณฑ์การพิจารณาว่าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมีความสัมพันธ์กันในระดับใด พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งมีเกณฑ์กว้างๆ 2) ค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity และค่า KMO (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมโดยเทคนิค Factor Analysis โดยที่ $r =$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งทำให้ค่า $0 \leq KMO \leq 1$ ถ้าค่า KMO มีค่าน้อย (เข้าสู่ศูนย์) แสดงว่าเทคนิค Factor Analysis ไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าค่า KMO มีค่ามาก (เข้าสู่หนึ่ง) แสดงว่าเทคนิค Factor Analysis เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ โดยทั่วไปถ้าค่า $KMO < .5$ จะถือว่าข้อมูลที่มีอยู่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิค Factor Analysis 3) การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีผลต่อการบริหารจัดการธุรกิจของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบข้อมูลสารสนเทศใช้วิธีการสกัดองค์ประกอบหลัก (Principal Component) หมุนแกนองค์ประกอบแบบอโรทอนอล ด้วยวิธีวาริแมกซ์ (Varimax) หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) และใช้โปรแกรมปรับแบบจำลอง และทำการทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมมุติฐานการวิจัย กับข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง จนผลการทดสอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการพัฒนาารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้ ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงของตัวแปรแฝง (Construct Reliability: CR) และค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้ (Average Variance Extracted: AVE)

ตารางที่ 1 ค่าสถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่หนึ่ง

ตัวแปรแฝง	$\rho_c > .60$	$\rho_v > .50$	ตัวแปรสังเกตได้	น้ำหนักองค์ประกอบ	S.E.	C.R. (t)	p-value
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ (SUMAA)	0.95	0.83	SUMA1	0.847	.042	23.406	***
			SUMA 2	0.857	-	-	-
			SUMA 3	0.930	.052	19.313	***
			SUMA 4	0.709	.048	16.319	***
การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ (SUMCHH)	0.95	0.84	SUMCH1	0.915	-	-	-
			SUMCH2	0.795	.034	17.348	***
			SUMCH3	0.678	.041	15.789	***
			SUMCH4	0.751	.043	18.724	***
ความสามารถในการแข่งขัน (SUMCOM)	0.70	0.39	SUMCOM1	0.306	.193	3.469	***
			SUMCOM2	0.224	.079	9.074	***
			SUMCOM3	0.174	.069	7.937	.014*
			SUMCOM4	0.501	-	-	-

ตารางที่ 1 ค่าสถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่หนึ่ง

ตัวแปรแฝง	$\rho_c > .60$	$\rho_v > .50$	ตัวแปรสังเกตได้	น้ำหนักองค์ประกอบ	S.E.	C.R. (t)	p-value
ภาพลักษณ์ขององค์กร (SUMIMM)	0.76	0.51	SUMIM1	0.7460	-	-	-
			SUMIM2	0.3650	.117	4.341	***
			SUMIM3	0.1330	.066	2.478	.013*
			SUMIM4	0.3580	.100	4.907	***
ผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน (SUMPFF)	0.78	.054	SUMPFF1	0.4770	.088	7.316	***
			SUMPFF2	0.1830	.078	3.059	*002.*
			SUMPFF3	0.7800	-	-	-
			SUMPFF4	0.2000	.094	3.027	*002.*

หมายเหตุ : *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001), ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (p-value < 0.01), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value < 0.05)

จากตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Regression Weight) ตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้วัดตัวแปรแฝงทั้ง 5 ตัวแปรแฝง รายละเอียด ดังนี้ 1. ด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ (SUMAA) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้ ทรัพยากรพื้นฐาน (SUMA1) ระบบการทำงาน (SUMA2) บทบาทภาครัฐ (SUMA3) ความเสี่ยง (SUMA4) พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Regression Weight) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.709 – 0.930 นอกจากนี้ยังมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่า C.R.(Critical Ratio) > 1.96 จึงสรุปได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีน้ำหนักองค์ประกอบไม่เท่ากับศูนย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของตัวแปรแฝงและทั้งนี้เมื่อพิจารณาความเชื่อมั่น (Composite Reliability: ρ_c) ของตัวแปรแฝงปัจจัยในการดำเนินธุรกิจอยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 0.95 มีค่าดีกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 0.60 และมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (Average Variance Extracted: ρ_v) เป็นค่าที่สะท้อนถึงความแปรปรวนรวมทั้งหมดของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝงปัจจัยในการดำเนินธุรกิจผลที่ได้ตัวแปรสังเกตได้มีความเป็นตัวแทนที่ดีมีค่าเท่ากับ 0.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.50 2. ด้านการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ (SUMCHH) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้ ด้านกลยุทธ์ (SUMCH1) ด้านโครงสร้าง (SUMCH2) ด้านเทคโนโลยี (SUMCH3) ด้านบุคคลและวัฒนธรรม (SUMCH4) พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Regression Weight) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.678 – 0.915 นอกจากนี้ยังมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่า C.R.(Critical Ratio) > 1.96 จึงสรุปได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีน้ำหนักองค์ประกอบไม่เท่ากับศูนย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของตัวแปรแฝงและทั้งนี้เมื่อพิจารณาความเชื่อมั่น (Composite Reliability: ρ_c) ของตัวแปรแฝงการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจอยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 0.95 มีค่าดีกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 0.60 และมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (Average Variance Extracted: ρ_v) เป็นค่าที่สะท้อนถึงความแปรปรวนรวมทั้งหมดของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝงการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ ผลที่ได้ตัวแปรสังเกตได้มีความเป็นตัวแทนที่ดีมีค่าเท่ากับ 0.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.50 3. ด้านความสามารถในการแข่งขัน (SUMCOM) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้ กลยุทธ์การสร้างความแตกต่าง (SUMCOM1) กลยุทธ์การเป็นผู้นำด้านต้นทุนต่ำ (SUMCOM2) กลยุทธ์การมุ่งตลาดเฉพาะส่วน (SUMCOM3) กลยุทธ์การตอบสนองอย่างรวดเร็ว (SUMCOM4) พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Regression Weight) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.174 – 0.501 นอกจากนี้ยังมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่า C.R.(Critical Ratio) > 1.96 จึงสรุปได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีน้ำหนักองค์ประกอบไม่เท่ากับศูนย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของตัวแปรแฝงและทั้งนี้เมื่อพิจารณาความเชื่อมั่น (Composite Reliability: ρ_c) ของตัวแปรแฝงความสามารถในการแข่งขัน อยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 0.70 มีค่าดีกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 0.60 และมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วย

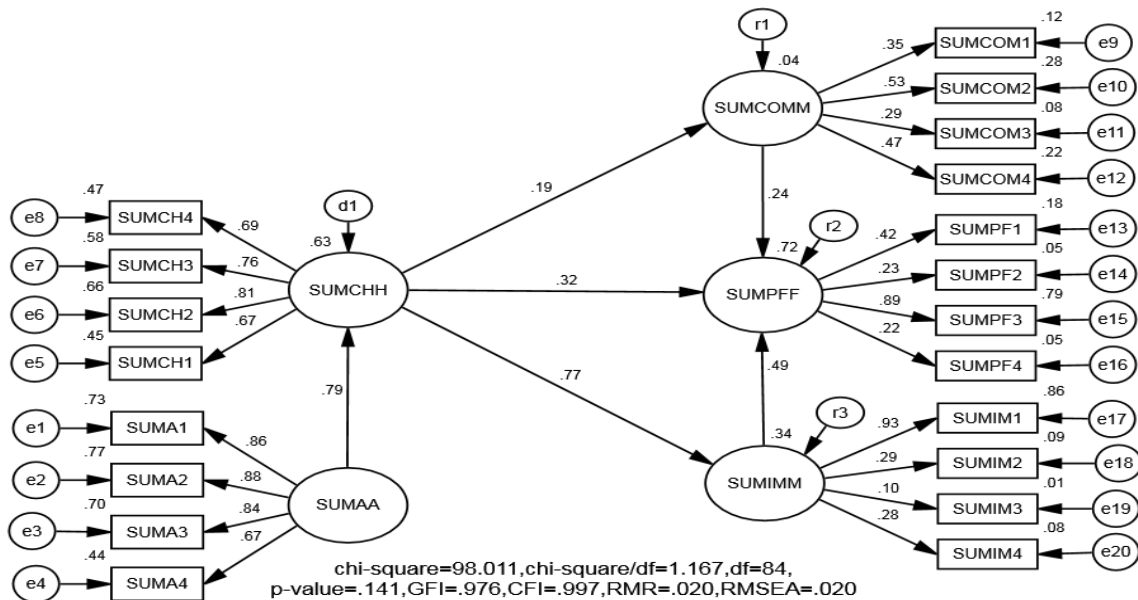
องค์ประกอบ (Average Variance Extracted: ρ_v) เป็นค่าที่สะท้อนถึงความแปรปรวนรวมทั้งหมดของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝงความสามารถในการแข่งขัน ผลที่ได้ตัวแปรสังเกตได้มีความเป็นตัวแทนที่ดีมีค่าเท่ากับ 0.39 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.50 4. ด้านภาพลักษณ์ขององค์กร (SUMIMM) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้ (SUMIM1) (SUMIM2) (SUMIM3) (SUMIM4) พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Regression Weight) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1330 – 0.7460 นอกจากนี้ยังมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่า C.R.(Critical Ratio) > 1.96 จึงสรุปได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีน้ำหนักองค์ประกอบไม่เท่ากับศูนย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001(p-value < 0.001) แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของตัวแปรแฝงและทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเชื่อมั่น (Composite Reliability: ρ_c) ของตัวแปรแฝงภาพลักษณ์ขององค์กร อยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 0.76 มีค่าดีกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 0.60 และมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (Average Variance Extracted: ρ_v) เป็นค่าที่สะท้อนถึงความแปรปรวนรวมทั้งหมดของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝงภาพลักษณ์ขององค์กร ผลที่ได้ตัวแปรสังเกตได้มีความเป็นตัวแทนที่ดีมีค่าเท่ากับ 0.51 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.50 5. ด้านผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน (SUMPF) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้ ด้านการเงิน (Financial Perspective: SUMPF1) ด้านลูกค้า (Customer Perspective: SUMPF2) ด้านกระบวนการภายใน (Internal Process Perspective: SUMPF3) ด้านการเรียนรู้และพัฒนา (Learning and Growth Perspective: SUMPF4) พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Regression Weight) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1830 – 0.7800 นอกจากนี้ยังมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่า C.R.(Critical Ratio) > 1.96 จึงสรุปได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีน้ำหนักองค์ประกอบไม่เท่ากับศูนย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001(p-value < 0.001) แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของตัวแปรแฝงและทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความเชื่อมั่น (Composite Reliability: ρ_c) ของตัวแปรแฝงวัดผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืนอยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 0.78 มีค่าดีกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 0.60 และมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (Average Variance Extracted: ρ_v) เป็นค่าที่สะท้อนถึงความแปรปรวนรวมทั้งหมดของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝงวัดผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน ผลที่ได้ตัวแปรสังเกตได้มีความเป็นตัวแทนที่ดีมีค่าเท่ากับ 0.54 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.50

ตารางที่ 2 ค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ก่อนและหลังปรับโมเดลการวิจัย

ดัชนีความสอดคล้อง	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา	ก่อนปรับโมเดล	หลังปรับโมเดล	ผลการพิจารณาปรับโมเดล
Relative Chi-square χ^2 / df	< 2.00	11.705	1.167	ผ่านเกณฑ์
p-value	> 0.05	0.000	0.141	ผ่านเกณฑ์
GFI	> 0.90	0.657	0.976	ผ่านเกณฑ์
AGFI	> 0.90	0.564	0.940	ผ่านเกณฑ์
NFI	> 0.90	0.607	0.980	ผ่านเกณฑ์
CFI	> 0.90	0.626	0.997	ผ่านเกณฑ์
RMR	< 0.05	0.072	0.020	ผ่านเกณฑ์
RMSEA	< 0.05	0.164	0.020	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์หลังปรับโมเดลการวิจัย เมื่อพิจารณาค่าสถิติ พบว่า ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ หลังปรับโมเดล ได้โมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของการพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการ

การเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดพิจารณาได้จากดัชนีวัดความสอดคล้อง ได้แก่ ค่า $CMIN/df = 1.167$, $GFI = 0.976$, $AGFI = 0.940$, $NFI = 0.980$, $CFI = 0.997$, $RMR = 0.020$, $RMSEA = 0.020$ และค่า p -value of Chi-square (χ^2) = 0.141 โดยรายละเอียดตามภาพที่ 1 และตารางที่ 3



ภาพที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์หลังปรับโมเดล

ผลการวิเคราะห์อิทธิพล “การพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์” ได้ทำการทดสอบอิทธิพลทางตรง (Direct Effects: DE) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effects: IE) และอิทธิพลรวม (Total Effects: TE) ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 3 ค่าอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อมและอิทธิพลรวม ระหว่างตัวแปรสาเหตุและตัวแปรผล

ตัวแปรผล	การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ (SUMCHH)			ความสามารถในการแข่งขัน (SUMCOM)			ภาพลักษณ์ขององค์กร (SUMIMM)			ผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน (SUMPF)		
	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ	.791	.791	0.00	.150	0.00	.150	.611	0.00	.611	.589	0.00	.589
การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ	-	-	-	.190	.190	-	.772	.772	-	.745	.321	.424
ความสามารถในการแข่งขัน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.237	.237	-
ภาพลักษณ์ขององค์กร	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.491	.491	-
ผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R^2	0.626			0.036			0.344			0.717		

$\chi^2 = 98.011$ χ^2/df (98.011/84) = 1.167 p -value = 0.141 $GFI = 0.976$ $AGFI = 0.940$ $NFI = 0.980$ $CFI = 0.997$ $RMR = 0.020$ $RMSEA = 0.020$

หมายเหตุ : TE = อิทธิพลรวม DE = อิทธิพลทางตรง IE = อิทธิพลทางอ้อม

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p -value < 0.001), ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (p -value < 0.01), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p -value < 0.05)

จากตารางที่ 3 อิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมของการพัฒนาารูปแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมีอิทธิพลทางตรงในเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ เท่ากับ .791 นอกจากนี้ยังพบว่าอิทธิพลทางอ้อมต่อปัจจัยภาพลักษณ์ขององค์กร ปัจจัยผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน และปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน เท่ากับ .611 .589 และ .150 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางด้านธุรกิจพบว่าอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อปัจจัยภาพลักษณ์ขององค์กร ปัจจัยผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืนและปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน เท่ากับ .772 .321 และ .190 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจยังมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน เท่ากับ .424 สำหรับปัจจัยภาพลักษณ์ขององค์กรและปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลการดำเนินงานทางธุรกิจอย่างยั่งยืน เท่ากับ .491 และ .237 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และสามารถร่วมกันอธิบายพยากรณ์องค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ได้ถึงร้อยละ 71.7 ($R^2=0.717$)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยและความสอดคล้องของสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐาน	เส้นทาง (Path Analysis)	สัมประสิทธิ์ เส้นทาง	S.E.	C.R. (t-Value)	p-Value	ผลการ ทดสอบ
H1	SUMAA --> SUMCHH	.791	.031	16.542	***	ยอมรับ
H2	SUMCHH-->SUMCOM	.190	.051	2.660	.008**	ยอมรับ
H3	SUMCHH--> SUMIMM	.772	-	-	-	ยอมรับ
H4	SUMCHH--> SUMPFF	.321	.098	3.474	***	ยอมรับ
H5	SUMCHH-->SUMCOM --> SUMPFF	0.046	-	-	*	ยอมรับ
H6	SUMCHH--> SUMIMM --> SUMPFF	0.377	-	-	*	ยอมรับ

หมายเหตุ : *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001), ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (p-value < 0.01), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value < 0.05)

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยและความสอดคล้องของสมมติฐานการวิจัยแต่ละข้อ ดังนี้ สมมติฐานที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ H1 สำหรับสมมติฐานที่ H 2 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อความสามารถในการแข่งขัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อความสามารถในการแข่งขัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ H2 ในส่วนของสมมติฐานที่ H3 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ขององค์กร พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ขององค์กร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ H3 สำหรับสมมติฐานที่ H4 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อวัดผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อวัดผลการดำเนินงานธุรกิจอย่างยั่งยืน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ H4 ในส่วนสมมติฐานที่ H5 การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อความสามารถในการแข่งขันส่งผลต่อผลการดำเนินงานธุรกิจ พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อความสามารถในการแข่งขันส่งผลต่อผลการดำเนินงานธุรกิจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p-value < 0.001) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ H5 นอกจากนี้ สมมติฐานที่ H6

การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ขององค์กรส่งผ่านต่อผลการดำเนินงานธุรกิจ พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ขององค์กรส่งผ่านต่อผลการดำเนินงานธุรกิจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ($p\text{-value} < 0.001$) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ H6

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานการวิจัย พบว่า การพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทั้งนี้การวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยการนำตัวแปรมาทำการวิเคราะห์เพื่อแสดงความตรงเชิงโครงสร้าง โดยการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่า χ^2 เท่ากับ 98.011 ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p) เท่ากับ 0.141 และค่าค่าสถิติไค-สแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-square) เท่ากับ 1.167 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 2.00 ดังนั้นค่า χ^2 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า โมเดลมีความเหมาะสมพอดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหมาะสมพอดีอื่นๆ ได้แก่ ค่าดัชนีระดับความเหมาะสมพอดี (GFI) เท่ากับ 0.976 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.94 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีเปรียบเทียบ (CFI) มีค่าเท่ากับ 0.997 ยิ่งเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่า โมเดลมีความเหมาะสมพอดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ประกอบกับค่าดัชนีรากกำลังที่สองเฉลี่ยของเศษ (RMR) มีค่าเท่ากับ 0.020 และค่าดัชนีรากกำลังที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.020 ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลมีความเหมาะสมพอดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poranee (2016) [23] พบว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาได้จากค่าดัชนี Chi-square/df, GFI, AGFI, CFI, RMR, RMSEA ที่ผ่านเกณฑ์ทุกค่า, ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่า ตัวแปรบ่งชี้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของการพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อภาวะการจัดการการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อประสิทธิภาพองค์กรที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้ ผลการดำเนินงานขององค์กร ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านการเงิน ด้านลูกค้า ด้านกระบวนการภายใน ด้านการเรียนรู้และพัฒนา สามารถอธิบายได้ดังนี้ (1) ด้านการเงิน (Financial Perspective) ประกอบด้วย กระแสเงินสด การเพิ่มขึ้นของกำไรจากการดำเนินงาน การเติบโตของยอดขาย การเพิ่มขึ้นของรายได้จากการปรับโครงสร้างราคาและต้นทุน อัตราผลตอบแทนต่อยอดขาย การลดลงของต้นทุนในการดำเนินงาน การลดลงต้นทุนรวม การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) ส่งผลให้ต้นทุนรวมลดลง สอดคล้องงานวิจัยของ Ferreira, Coelho, & Moutinho, (2020) [20], นอกจากนี้สอดคล้องงานวิจัยของ Kanchanarote, & Teerathanachaiyakun, (2020) [21], สอดคล้องงานวิจัย Sijabat, Nimran, Utami, & Prasetya, 2020 [22], (2) ด้านลูกค้า (Customer Perspective) ประกอบด้วย ความพึงพอใจของลูกค้า การเติบโตในส่วนครองการตลาด ความสามารถในการรักษาลูกค้าเก่าได้ ลูกค้ากลับมาใช้ซ้ำ การเพิ่มขึ้นของลูกค้าใหม่ ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น ความสามารถในการทำกำไรของลูกค้าเพิ่มขึ้น การให้บริการส่งมอบสินค้ารวดเร็ว ถูกต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferreira, Coelho, & Moutinho, (2020) [20], นอกจากนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanchanarote, & Teerathanachaiyakun, (2020) [21], สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sijabat, Nimran, Utami, & Prasetya, 2020 [22] (3) ด้านกระบวนการภายใน (Internal Process Perspective) ประกอบด้วย ความสามารถในการจัดส่งสินค้าตรงเวลา กระบวนการดำเนินงานด้านธุรการ ความรวดเร็วในขั้นตอนการดำเนินงาน การสื่อสารแลกเปลี่ยนระหว่างแผนงาน พัฒนาระบบการนวัตกรรมการบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า การผลิตตามแผนงานที่กำหนดและการควบคุมไม่ให้เกิดของเสีย และกระบวนการบริการหลังการขายแก่ลูกค้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferreira, Coelho, & Moutinho, (2020) [20], นอกจากนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanchanarote, & Teerathanachaiyakun, (2020) [21], สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sijabat, Nimran, Utami, & Prasetya, 2020 [22] และ (4) ด้านการเรียนรู้ และการเติบโต (Learning and Growth Perspective) ประกอบด้วย ด้านทรัพยากรบุคคลภายในองค์กร ได้แก่ ความพึงพอใจของพนักงาน และการเรียนรู้ขององค์กร พนักงานได้รับข้อมูลที่ถูกต้องรวดเร็ว

พนักงานมีทักษะและความสามารถเพิ่มขึ้น พนักงานมีความมุ่งมั่นกระตือรือร้นเพิ่มขึ้น และพนักงานมีขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น ด้านระบบข้อมูลสารสนเทศ ด้านวัฒนธรรมองค์กร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferreira, Coelho, & Moutinho, (2020) [20], นอกจากนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanchanarote, & Teerathanachaiyakun, (2020) [21], สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sijabat, Nimran, Utami, & Prasetya, 2020 [22]

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรปรับเปลี่ยนแปลงในด้านเทคโนโลยี ด้านผลิตภัณฑ์ สร้างความแตกต่างในการแข่งขัน สร้างภาพลักษณ์องค์กร ทักษะศักยภาพของบุคลากรในการรองรับการทำงานที่สัมพันธ์ของอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ในอนาคต
2. ควรเน้นสร้างองค์กรแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงานให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาการจัดการการเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์แบบหมุนเวียนเพื่อสร้างเครือข่ายเสริมสร้างศักยภาพและความสามารถทางการแข่งขัน
2. ศึกษานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานสากลสามารถใช้ได้กับพลาสติกบรรจุภัณฑ์เพื่อความยั่งยืน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kesara Sakmaneeewongsa. (2021 August 25). Business adaptation to meet changing consumer demand. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/645723>
- [2] Chiraphong Photaphan. (2021 August 25). Technology change. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.krui3.com/content/change-of-technology/>
- [3] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2021 August 9). แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ. 2555-2574. กรุงเทพฯ, 2555.
- [4] Charusiri, W. (2021 August 9). "Municipal waste disposal management to become alternative energyresources by converting waste plastic into liquid fuel". Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology, 4(7), 2012, 125-144.
- [5] Veerathaworn, P. (2021 August 9). "Forecast of Bioplastics Industry". Plastics Foresight, 8(2), 2013, 12-16.
- [6] Kotler, P. and Keller, K.L. (2016). "Marketing Management". 15th Global edition. Edinburgh: Pearson Education.
- [7] Auka, O. D. (2021 August 4). "Service quality, satisfaction, perceived value and loyalty among customers in commercial banking in Nakuru Municipality, Kenya". African Journal of Marketing Management, 4(5), 2012, 185-203.
- [8] ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และวุฒิสักดิ์ พิศสุวรรณ. "การบริหารการตลาดยุคใหม่". บริษัท วีระฟิล์มและโซเท็กซ์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 2551.
- [9] ทิพวรรณ หล่อสุวรรณรัตน์. "องค์กรแห่งความรู้: จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ". พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : แชนพอร์พรินติ้ง. 2548.
- [10] Schermerhorn, J., R. "Management". 8th ed. New York: John Wiley & Sons. 2005.
- [11] Daft R. L. "New Era of Management". 2nd ed. China: China Translation and Printing Services. 2008.

- [12] Kaplan, R. S., & Norton, D. P. "Alignment: Using the balanced scorecard to create corporate synergies". Harvard Business Press. 2006. [ระบบออนไลน์]. Available from: [https://books.google.co.th/books?hl=th&lr=&id=blliUrbN77sC&oi=fnd&pg=PP7&dq=Kaplan+%26+Norton,+ \(2006\)&ots=v4hS_zGPbu&sig=sYZqBI0hBLdQpanl5NI_WqAaaEA&redir_esc=y#v=onepage&q=Kaplan%20%26%20Norton%2C%20\(2006\)&f=false](https://books.google.co.th/books?hl=th&lr=&id=blliUrbN77sC&oi=fnd&pg=PP7&dq=Kaplan+%26+Norton,+ (2006)&ots=v4hS_zGPbu&sig=sYZqBI0hBLdQpanl5NI_WqAaaEA&redir_esc=y#v=onepage&q=Kaplan%20%26%20Norton%2C%20(2006)&f=false)
- [13] สาคร สุขศรีวงศ์. "การจัดการ: จากมุมมองนักบริหาร". พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จี.พี. ไชเบอร์พริ้นท์. 2553.
- [14] Kline, R. B. "Principles and Practice of Structural Equation Modeling". 3ed. New York: Guilford Press. 2010.
- [15] กัลยา วาณิชบัญชา. "การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล". กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.
- [16] ชานินทร์ ศิลป์จารุ. "การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS". กรุงเทพมหานคร: บริษัท วี อินเทอร์เน็ต. 2548.
- [17] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. "Multivariate data analysis: A global perspective". (7th ed.). Upper Saddle River, NJ Pearson: Prentice Hall. 2010.
- [18] Byrne, B. M. "Structural Equation Modeling with AMOS: Basic concepts, Applications, and Programming". 2nd Edition. New York: Routledge Taylor & Francis Group. 2010.
- [19] Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. "A Beginners Guide to Structural Equation Modeling". 3 ed. New York: Routledge. 2010.
- [20] Ferreira, J., Coelho, A., & Moutinho, L. (2021 August 4). "Dynamic capabilities, creativity and innovation capability and their impact on competitive advantage and firm performance: The moderating role of entrepreneurial orientation". *Technovation*, 2020, 92, 1-18.
- [21] Kanchanarote, R., & Teerathanachaiyakun, K. (2021 August 4). "The Causal and Effect Factors Influencing Business Transformation and Business Performance of Small and Transformation and Business Performance of Small and Medium Enterprises under the Production Sector in Thailand". *Journal of Research and Development Institute Rajabhat Maha Sarakham University*, 7(2), 2020, 275-290.
- [22] Sijabat, E. A. S., Nimran, U., Utami, H. N., & Prasetya, A. (2021 August 4). "Ambidextrous innovation in mediating entrepreneurial creativity on firm performance and competitive advantage". *The Journal of Asian Finance, Economics, and Business*, 7(11), 2020. 737-746.
- [23] Poranee Loatong. (2021 August 8). "The Competitiveness Enhancement Development Models of Small and Micro-Community Enterprise: Sme of Fabric and Clothes in Thailand. (การจัดการชุมชนวิสาหกิจ มหาวิทยาลัยศรีปทุม).

กำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก

MECHANICAL POWER AND PERFORMANCE OF MAGNETIC POWER ENGINE

วสันต์ ธีรสุวรรณ¹ อภินันท์ ภูเก้าล้วน¹ และปฐมศก วิลเลียม²

Wasan Theansuwan^{1,*}, Aphinan Phukaoluan¹ and Patomsok Wilaipol²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

* Corresponding author E-mail: wasan.t@mail.rmutk.ac.th

Received: October 25, 2022

Revise: December 10, 2022

Accepted: December 13, 2022

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก หัวไปมักออกแบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น ไป-มาของลูกสูบ โดยใช้แรงผลักของแม่เหล็กเป็นพลังงานผลักดันบริเวณหัวลูกสูบส่งผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ส่งกำลังไปยังเพลาช้อเหวี่ยงทำให้เกิดการหมุน งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก เพื่อศึกษากำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก โดยออกแบบร่องของโรเตอร์มีขนาด 52 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 mm และเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ในชุดทดสอบลูกสูบ 1 ลูก จะมีอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กจำนวน 4 ชิ้น เกรด N52 ติดรอบโรเตอร์ ในเครื่องยนต์นี้มีลูกสูบจำนวน 2 ลูก ทดสอบแรงบิดเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กด้วยไดนาโมมิเตอร์แบบสายพาน ค่าแรงบิด 0.084 N·m 0.089 N·m 0.084 N·m และ 0.074 N·m และกำลังทางกลสูงสุดอยู่ที่ 1.718 W 2.198 W 2.382 W และ 2.469 W ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ เครื่องยนต์พลังแม่เหล็กสามารถทำงานได้เสมือนเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งเป็นอีกทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคต

คำสำคัญ: เครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก, แรงบิด, กำลังทางกล, แม่เหล็กนีโอไดเมียม

Abstract

Designing and fabricating a magnetic power engine. Usually designed as a linear motion of the piston. Using magnetic repulsion as energy to push the piston head, effecting to the piston moving to power transmission to the crankshaft causing rotation. This research aim designed and fabricated a magnetic power engine and study the mechanical power and performance of a magnetic power engine. The rotor groove is 52 mm in diameter, 130 mm in diameter, and the shaft is 25 mm in diameter. One piston there are 4 magnetic attachments, grade N52, mounted around the rotor. This engine there are 2 pistons. The torque was tested with a brake dynamometer, torque values of 0.084 N·m, 0.089 N·m, 0.084 N·m and 0.074 N·m, and maximum mechanical power was 1.718 W, 2.198 W, 2.382 W and 2.469 W at 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm and 350 rpm respectively. Magnet power engine can function as internal combustion engine, providing an alternative for the automotive industry of the future.

Keywords: Magnetic Power Engine, Torque, Mechanical Power, Neodymium Magnet

1. บทนำ

ในปัจจุบันถือว่ายานยนต์เป็นปัจจัยที่ 5 สำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ยานยนต์แต่ละประเภทจะเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีต้นกำเนิดกำลัง คือ เครื่องยนต์ ซึ่งมีวิวัฒนาการมาไม่น้อยกว่า 150 ปี มาแล้ว [1] เครื่องยนต์ส่วนใหญ่มักใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คือ น้ำมัน ซึ่งมีปริมาณการใช้ประมาณ 20% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด จากสถิติแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันทั่วโลกในแต่ละวันอยู่ที่ประมาณ 40 ล้านบาร์เรล ซึ่งประมาณ 96% ถูกใช้สำหรับยานยนต์ [2] ผลกระทบจากการเผาไหม้ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั่วโลก การเพิ่มขึ้นของ CO₂ ในชั้นบรรยากาศ ทำให้ภาวะโลกร้อนเกิดขึ้น และมีการศึกษามากมายที่คาดการณ์ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันในอนาคต [3-5] เพื่อต้องการลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและลดมลพิษทางอากาศ จึงเกิดความสนใจในการพัฒนาเครื่องยนต์ที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เครื่องยนต์ไฮโดรเจน เครื่องยนต์ไฟฟ้า เครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก เป็นต้น [2,6-7]

การออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กทั่วไปมักออกแบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น ไป-มาของลูกสูบ โดยใช้แรงผลักของแม่เหล็กเป็นพลังงานหลักบริเวณหัวลูกสูบส่งผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ส่งกำลังไปยังเพลาช้อเหวี่ยงทำให้เกิดการหมุน [8] สำหรับแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติที่ดีและถูกนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมมากที่สุดจะมีด้วยกัน 5 ชนิด ได้แก่ แม่เหล็ก AlNiCo แม่เหล็กแผ่น แม่เหล็กซามาเรียมโคบอลต์ แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ และแม่เหล็กนีโอไดเมียม ซึ่งแม่เหล็กนีโอไดเมียมมีคุณสมบัติโดดเด่นกว่าแม่เหล็กชนิดอื่นคือสามารถดูดโลหะประเภทเหล็กกล้าไร้สนิมได้ [9] สำหรับแม่เหล็กนีโอไดเมียมยังแบ่งเกรดได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกรดของแม่เหล็กนีโอไดเมียม [10]

Grade	Residual Induction	Max. Energy Product	Max. Working Temperature
	kgs	kJ/m ³	°C
N35	11.7-12.2	263-287	≤ 80°C
N38	12.2-12.5	287-310	≤ 80°C
N40	12.5-12.9	302-326	≤ 80°C
N42	12.8-13.2	318-342	≤ 80°C
N45	13.2-13.8	342-366	≤ 80°C
N48	13.8-14.2	366-390	≤ 80°C
N50	14.0-14.5	382-406	≤ 80°C
N52	14.3-14.8	398-422	≤ 80°C

หลักการสำคัญของการทำงานของเครื่องยนต์นี้ คือ สนามแม่เหล็ก ซึ่งสนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสขนาดเล็กมากที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ในวงจรของอะตอม ถูกกำหนดในแง่ของแรงในการเคลื่อนที่ของประจุตามกฎแรงลอเรนซ์ ปฏิสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กกับประจุนำไปสู่การใช้งานจริงได้หลากหลาย แม่เหล็กมีสองขั้ว คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ สนามแม่เหล็กเป็นปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้น เมื่อแม่เหล็กสองตัวหรือมากกว่าถูกนำเข้ามาใกล้สนามแม่เหล็กจะเกิดการดึงดูดหรือการผลักกัน การทำงานของแม่เหล็กถูกควบคุมโดยหลักการ “ขั้วดึงดูดและขั้วผลัก” กล่าวคือ ขั้วที่คล้ายกันมักจะเคลื่อนออกจากกัน ในขณะที่ขั้วต่างกันมักจะดึงดูดมาใกล้กัน ดังนั้นลูกสูบจึงต้องออกแบบให้สามารถสร้างแรงจากสนามแม่เหล็กได้ จากพื้นฐานการทำงานของเครื่องยนต์นี้คล้ายกับเครื่องยนต์สองจังหวะอย่างมาก โดยจะมีจังหวะกำลังหนึ่งครั้งสำหรับทุก ๆ สองจังหวะ/ลูกสูบ หรือการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยงหนึ่งครั้ง การเคลื่อนที่ของลูกสูบเกิดจากแรงผลักระหว่างแม่เหล็กนีโอไดเมียม กำลังจะเกิดขึ้นในช่วงจังหวะแรกเมื่อลูกสูบถูกผลักด้วยแรงแม่เหล็ก กระบวนการนี้จะ

เกิดขึ้นช้าแล้วช้าเล่า พลังงานที่ผลิตได้จะถูกถ่ายโอนไปเพลาช้อเหวี่ยงเพื่อการใช้งานต่อไป [11] จากการเลือกใช้แม่เหล็กเพื่อออกแบบและสร้างกำลังให้กับเครื่องยนต์ อาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันในอนาคตได้

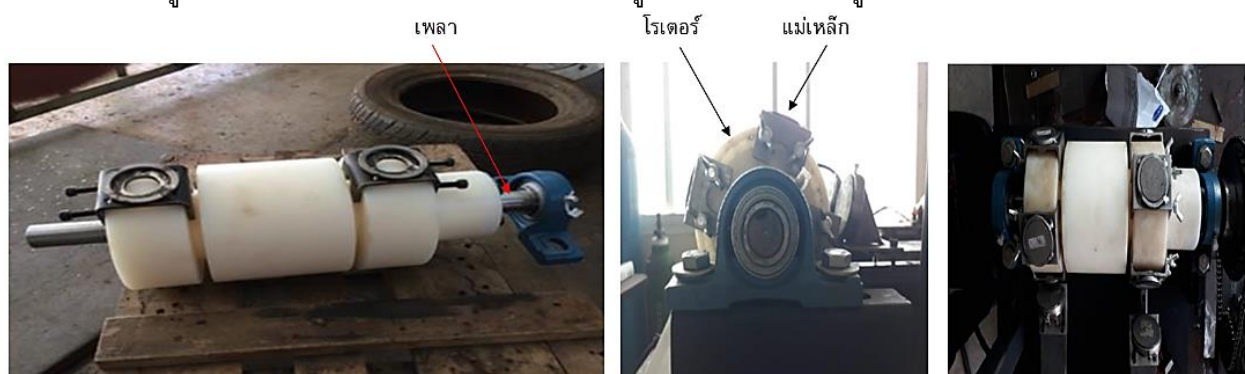
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก
- 2.2 ศึกษากำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบ

ในการออกแบบโรเตอร์เพื่อเป็นอุปกรณ์ควบคุมจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งโรเตอร์มีแม่เหล็กยึดติดอยู่บนพื้นผิวโดยกำหนดระยะห่างระหว่างแม่เหล็กบนโรเตอร์ จึงคำนวณและออกแบบระยะห่างระหว่างแม่เหล็กเพื่อให้สามารถส่งถ่ายกำลังได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เครื่องยนต์ทำงานเป็นวัฏจักร การประกอบอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กบนโรเตอร์ คือ การนำอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้มายึดติดกับร่องโรเตอร์ ร่องของโรเตอร์มีขนาด 52 mm ในชุดทดสอบลูกสูบ 1 ลูก จะมีอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กจำนวน 4 ชิ้น เกรด N52 ดังตารางที่ 1 ติดรอบโรเตอร์ ในชุดกลไกนี้มีลูกสูบจำนวน 2 ลูก โรเตอร์ทำจากพลาสติกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 mm และเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ดังรูปที่ 1

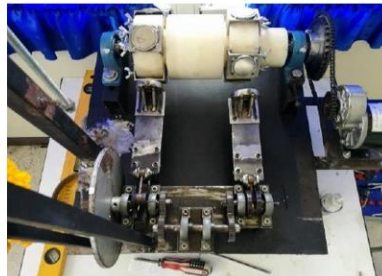
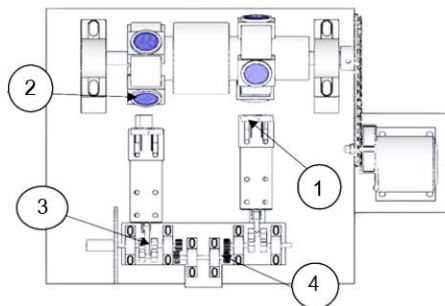


รูปที่ 1 การประกอบอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กบนโรเตอร์

ขนาดของเพลาช้อเหวี่ยงที่ใช้เป็นชุดเพลาช้อเหวี่ยงของเครื่องตัดหญ้าซึ่งมีขนาดพอดีกับเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กที่ออกแบบเอาไว้ เหตุผลที่เลือกใช้เพลาช้อเหวี่ยงของเครื่องตัดหญ้าเพราะว่ามีระยะชักที่สั้น จึงไม่เกิดการสูญเสียกำลังงานแม่เหล็ก และทำจากวัสดุที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนสูงจึงมีความแข็งแรง เนื่องจากเพลาช้อเหวี่ยงเครื่องตัดหญ้าแบบ 2 ลูกไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด จึงต้องส่งกำลังผ่านชุดเฟืองอัตราทด 1:1

ตัวแปรที่นำมาคำนวณมีดังนี้ คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 28 mm ความยาวก้านสูบ 50 mm เพลาช้อเหวี่ยง 14 mm เมื่อได้ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบแล้ว จะกำหนดให้แม่เหล็กบนโรเตอร์ 1 ตัว เท่ากับการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 28 mm หมายความว่าเมื่อแม่เหล็กบนโรเตอร์ 1 ตัว วิ่งผ่านหัวลูกสูบ จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไป 28 mm ลูกสูบได้ออกแบบให้หัวเป็นแม่เหล็กโดยที่มีบล็อกใส่แม่เหล็กนีโอไดเมียม เกรด N52 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm หนา 10 mm ออกแบบให้ขนาดแม่เหล็กของลูกสูบมีขนาดใหญ่กว่าโรเตอร์เพื่อต้องการกำลังผลักที่มากให้กับลูกสูบ รางสไลด์ของลูกสูบเพื่อปรับระยะให้หน้าสัมผัสรับแรงระหว่างลูกสูบและโรเตอร์เกิดการผลักดันให้กับลูกสูบมีประสิทธิภาพสูงสุด รางสไลด์เลือกใช้ลิเนียร์ไกด์ (Linear guide) เพื่อลดแรงเสียดทานในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ สำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตและชุดกันของลูกสูบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กนี้ ได้กำหนดกลไกให้แม่เหล็กผลักกันเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก

แบบ 2 สลับ แสดงดังรูปที่ 2 หมายเลข 1 คือ ลูกสูบ หมายเลข 2 คือ แม่เหล็กด้านผลึกยึดบนโรเตอร์ หมายเลข 3 คือ เฟลาข้อเหวี่ยง หมายเลข 4 คือ ชุดเฟืองส่งกำลัง ช่วยให้เมื่อสูบใดสูบหนึ่งผลึกย้อนหลังจะส่งกำลังผ่านชุดเฟืองมายังอีกสูบหนึ่ง ทำให้เกิดการหมุนของเฟลาข้อเหวี่ยงอย่างอัตโนมัติ



รูปที่ 2 กลไกกระบวนการผลึกและชุดของลูกสูบ

มอเตอร์ที่ใช้ยี่ห้อ UNITE รุ่น MY1016 เป็น DC 24V 250W ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ DC 24V 1200W 20A ได้รับไฟจากแบตเตอรี่ยี่ห้อ GS NS40Z ขนาด 12V 35Ah โดยมอเตอร์ต่อเข้ากับโรเตอร์เพื่อให้โรเตอร์หมุนและเกิดแรงผลึกกันระหว่างแม่เหล็กที่โรเตอร์และแม่เหล็กที่ลูกสูบเพื่อให้ลูกสูบสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอด

3.2 วิธีการทดสอบ

ทดสอบแรงบิดเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กด้วยไดนาโมมิเตอร์แบบสายพาน [12] โดยการปรับน้ำหนักถ่วงจาก 0 N เพิ่มขึ้นทีละ 0.5 N เมื่อความเร็วรอบปรับอินเวอร์เตอร์ให้คงที่ที่ 200, 250, 300 และ 350 rpm แล้วบันทึกค่าที่ตราข้างสปริงวัดได้ แรงบิดที่เครื่องยนต์พลังแม่เหล็กผลิตได้จากการทดลองสามารถคำนวณแรงบิดได้โดยใช้สมการ (1) กำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (2) กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า (3) และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (4)

$$T = F \times r \quad (1)$$

เมื่อ T คือ แรงบิด หน่วยเป็น N · m

F คือ แรง หน่วยเป็น N

r คือ รัศมี หน่วยเป็น m

$$P = T \times \frac{2\pi N}{60} \quad (2)$$

เมื่อ P คือ กำลัง หน่วยเป็น W

T คือ แรงบิด หน่วยเป็น N · m

N คือ ความเร็วรอบ หน่วยเป็น rpm

$$P_1 = IV \quad (3)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น A

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น V

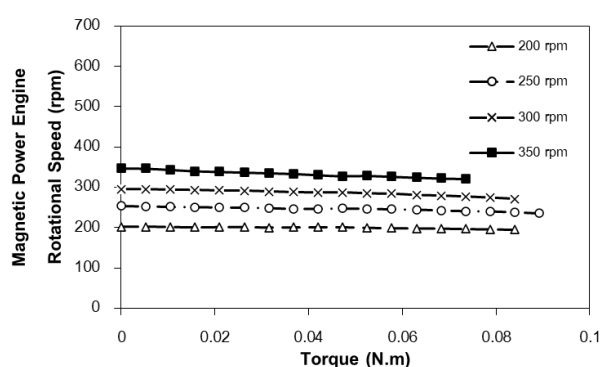
$$\eta = P/P_1 \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ P คือ กำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก หน่วยเป็น W

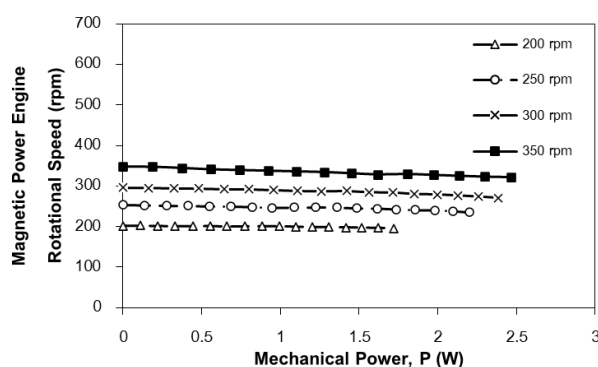
P_1 คือ กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยเป็น W

4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์

พิจารณารูปที่ 3 (a) จากการทดสอบเบรกไดนาโมมิเตอร์สามารถหาแรงบิดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (1) โดยเริ่มต้นตราซึ่งสปริงอยู่ที่ตำแหน่ง 0 N จากการเก็บข้อมูลผลการทดลองแรงบิดเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กที่ได้จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ และหยุดลงที่ค่าแรงบิด 0.084 N·m 0.089 N·m 0.084 N·m และ 0.074 N·m ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ จากการทดสอบเบรกไดนาโมมิเตอร์สามารถหาแรงบิดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการหมุนและแรงบิดมีสอดคล้องกันในทุก ๆ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก พบว่าความเร็วในการหมุนเมื่อไม่มีโหลด นั่นคือแรงบิดเป็นศูนย์ และในทางกลับกันเมื่อเพิ่มโหลดแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้กำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กสามารถหาได้จากสมการที่ (2) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 (b) กำลังทางกลเป็นการคูณระหว่างแรงบิดและความเร็วในการหมุนที่สอดคล้องกัน เนื่องจากไม่มีกำลังที่แรงบิดเป็นศูนย์ ในทำนองเดียวกันกับแรงบิด กำลังสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มโหลดในการเบรก โดยกำลังสูงสุดอยู่ที่ 1.718 W 2.198 W 2.382 W และ 2.469 W ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ

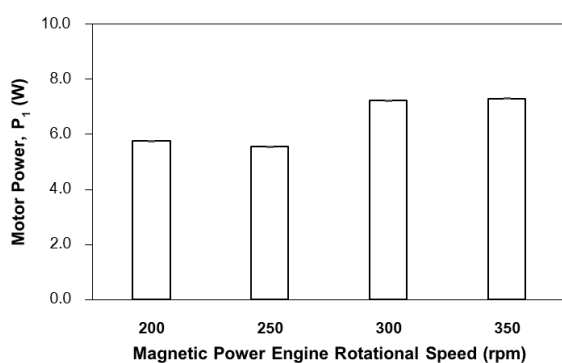


(a)

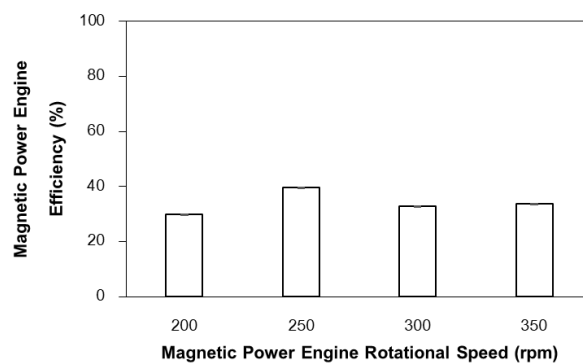


(b)

รูปที่ 3 (a) การเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบกับแรงบิดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก (b) การเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบกับกำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก



(a)



(b)

รูปที่ 4 (a) การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้ามอเตอร์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก (b) การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก

พิจารณาจากรูปที่ 4 (a) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก พบว่ากระแสไฟที่จ่ายให้มอเตอร์จะลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลง โดยกระแสไฟเฉลี่ยสูงสุดที่จ่ายให้แก่มอเตอร์มีค่า 5.751 W 5.551 W 7.228 W และ 7.301 W ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ พิจารณาจากรูปที่ 4 (b) ประสิทธิภาพทั้งหมดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กพบว่ามีความแตกต่างกัน ที่ความเร็ว

รอบ 200 rpm มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ 29.879% ที่ความเร็วรอบ 250 rpm จะมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 39.609% ที่ความเร็วรอบ 300 rpm และ 350 rpm มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันคือ 32.963% และ 33.822%

5. สรุปผลงานวิจัย

จากการออกแบบ รูปร่าง และขนาดทำให้เครื่องยนต์พลังแม่เหล็กสามารถทำงานได้เสมือนเครื่องยนต์สันดาปภายใน แต่ไม่ต้องมีอุปกรณ์มากมายเหมือนกับเครื่องยนต์สันดาปภายในจึงทำให้มีน้ำหนักเบา อีกทั้งยังไม่ได้สร้างความร้อนให้กับกระบวนการสร้างกำลังจะทำให้ไม่จำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนซึ่งเป็นอีกทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคต แต่อาจมีข้อเสียด้านแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนซึ่งอาจลดต่ำลง จึงจำเป็นต้องมีการชาร์จบ่อยครั้ง หรืออาจจะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งเพื่อพัฒนาใช้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายณรงค์ศักดิ์ ไวยภาพ นายประวีร์ ไต่บวรพิทักษ์ นายศุภกิตต์ ฤทธิ์ประเสริฐ และนางสาวสุนิศา เล็กกลาง ที่สนับสนุนข้อมูลและทดลอง และขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาบดี ลีจากภัย. (2565, สิงหาคม. 28). รถยนต์กับการเดินทางที่เพิ่งเริ่มต้น, แหล่งที่มา: https://www2.mtec.or.th/the-magazine/admin/upload/226_8-13-edit.pdf
- [2] M. Sudheer, K. Vasu and K. S. Vamsi, "Magnetic Piston Engine", *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics*, 3 (1), 2014, pp. 59-66.
- [3] T. Ahmad and D. Zhang, "A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far", *Energy Reports*, 6, 2020, pp. 1973-1991.
- [4] P. A. Owusu and S. Asumadu-Sarkodie, "A Review of Renewable Energy Sources, Sustainability Issues and Climate Change Mitigation", *Cogent Engineering*, 3, 2016, pp. 1-14.
- [5] World Energy Resources, World Energy Council, 2016, pp. 6-46.
- [6] V. Bhaskar, R. H. Prakash and B. D. Prasad, "Hydrogen Fuelled IC Engine – An Overview", *International Journal of Innovative Technology and Research*, 1 (1), 2013, pp. 46-53.
- [7] J. A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martinez and J. M. Marquez-Barja, "A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges", *Smart Cities*, 4, 2021, pp. 372-404.
- [8] H. Palacios. (2022, July. 20). Magnetic Repulsion Piston Engine (MRPE). [Online] Available: <https://contest.techbriefs.com/2011/entries/sustainable-technologies/1378>
- [9] ICELANDIC CO., LTD. (2022, August. 9). Permanent Magnet. [Online] Available: http://www.iclmagnet.com/products_list.php?type=Permanent%20Magnet
- [10] Ningbo Risheng Magnets Co., Ltd. (2022, August. 9). Grades of Neodymium Magnets. [Online] Available: https://www.rishengmagnets.com/products/neodymium-magnets?gclid=EAlalQobChMIsZjmxriq-gIVypNmAh3OJAyZEAAYAiAAEgL78fD_BwE
- [11] P. Ganesh Bairavan and T. Anojan. "Design and Fabrication of Magnetic Engine", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 6 (4), 2017, pp. 17-21
- [12] K. Srirussamee, B. Hok and A. Phukaoluan. "Thermomechanical Performance of the Offset Crankshaft Heat Engine Driven by TiNiCu Shape Memory Alloys", *Engineering Journal*, 25(2), 2021, pp. 85-93.

วารสารวิชาการเทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม Journal of Energy and Environment Technology

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ: บทความควรมีความยาวไม่เกิน 9 หน้า กระดาษ A4 การตั้งค่าหน้ากระดาษ ขอบด้านบน 3 ซม. และด้านล่าง 1.5 ซม. ขอบด้านขวาและซ้าย 2.25 ซม. พิมพ์ด้วย ตัวอักษร "Browallia New" ขนาด 14 โดยหัวข้อต่างๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา ส่วนเนื้อหาใช้ตัวธรรมดาและพิมพ์ชิดขอบ ทั้งสองด้าน การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่อง ให้ใช้เลขกำกับ บทนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีหัวข้อย่อยให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 2.1 ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา

คำแนะนำในการเรียงลำดับเนื้อหา: ให้เรียงลำดับตามหัวข้อต่อไปนี้

ชื่อเรื่อง (Title): ควรกระชับ ชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา ตำแหน่งชิดซ้ายของหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียน: ระบุชื่อเต็ม-นามสกุลเต็ม ของชื่อผู้เขียนให้ครบทุกคน และลงเครื่องหมายดอกจันกำกับท้ายรายชื่อสำหรับผู้ประสานงาน ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดซ้ายของหน้ากระดาษ

ที่อยู่หรือหน่วยงาน: ระบุชื่อหน่วยงานหรือสถาบันใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวเอียง และ E-mail address ที่ติดต่อ ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้าย

บทคัดย่อ (Abstract): ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยให้นำบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นก่อนภาษาอังกฤษ ซึ่งต้องมีเนื้อหาตรงกัน ให้พิมพ์คอลัมน์เดียว บรรทัดแรกเว้น 1 Tab เนื้อหาในบทคัดย่อควรระบุวัตถุประสงค์โดยย่อ ผลการวิจัย และบทสรุปโดยย่อ หัวข้อบทคัดย่อใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา ส่วนเนื้อหาใช้ตัวอักษรขนาด 14 และพิมพ์ชิดขอบทั้งสองด้าน

คำสำคัญ (Keyword): ให้มีคำสำคัญเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่คนละหน้า ใต้บทคัดย่อ (Abstract) หัวข้อคำสำคัญใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา ส่วนเนื้อหาใช้ตัวธรรมดา

เนื้อหา (Text): บทความวิจัยประกอบด้วย

บทนำ (Introduction): บอกความสำคัญ หรือที่มาของปัญหาที่นำไปสู่การศึกษาวัตถุประสงค์ และอาวรวมการทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Methods): กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์ และการทดลองที่กระชับและชัดเจน

ผลการทดลอง (Results): บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน อาจมีรูปภาพหรือตารางที่ชัดเจนประกอบคำอธิบายได้

อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion): อาจเขียนรวมกับผลการทดลองได้ เป็นการประเมินการตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ควรมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี): ระบุสั้น ๆ ว่าได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและความช่วยเหลือจากแหล่งใดบ้าง

ตารางและรูป ต้องมีความคมชัดและให้แทรกไว้ในบทความ มีคำอธิบายสั้นๆ แต่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วนและเข้าใจ กรณีที่เป็นตาราง ให้ระบุลำดับที่ของตาราง ใช้คำว่า "ตารางที่..." และมีคำอธิบายไว้เหนือตาราง กรณีที่เป็นรูป ให้ระบุลำดับที่ของรูปใช้คำว่า "รูปที่..."

ภาคผนวก (ถ้ามี)

เอกสารอ้างอิง (References): บทความทุกฉบับจะต้องมีการอ้างอิงเอกสารในบทความโดยเอกสารอ้างอิงระบบ Vancouver ดังตัวอย่างต่อไปนี้

[หนังสือ] ชื่อผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. ชื่อเมืองที่พิมพ์. ชื่อสำนักพิมพ์; ปีพิมพ์.

[วารสาร] ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อย่อของวารสาร. ปีพิมพ์; เล่มที่ (ฉบับที่); เลขหน้า.

[วิทยานิพนธ์และการศึกษาค้นคว้าอิสระ] ชื่อผู้เขียน. ชื่อเรื่อง [ประเภทหรือระดับปริญญา]. เมืองที่พิมพ์: ชื่อมหาวิทยาลัย; ปีพิมพ์.

[หนังสือรวมเรื่อง] ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อบรรณาธิการ (บรรณาธิการ), ชื่อหนังสือ (ครั้งที่พิมพ์ตั้งแต่พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป, หน้า). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

[หนังสือพิมพ์] ชื่อผู้แต่ง. (วันที่ เดือน ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์. เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

[สื่ออิเล็กทรอนิกส์] ชื่อโฮมเพจ/เว็บไซต์ [อินเทอร์เน็ต]. ชื่อเมืองที่พิมพ์: ชื่อสำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์ [ปรับปรุงเมื่อปี เดือน วันที่; เข้าถึงเมื่อปี เดือน วันที่]. เข้าถึงได้จาก: URL.

เกณฑ์การพิจารณา: บทความจะต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชานั้น 2-3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการ อาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และทรงไว้ซึ่งสิทธิในการตัดสินใจตีพิมพ์หรือไม่ก็ได้

**"บทความที่ลงพิมพ์ เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนต้องรับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากบทความนั้น"**

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม Siam Technology College



DIFFERENTLY...I-LEARN
WWW.SIAMTECHU.NET