



วารสารวิชาการ  
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2562  
Vol. 4 No. 2 May - August 2019



Industrial Technology Journal  
Surindra Rajabhat University

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
ISSN 2586-9353



industrial-journal.sru.ac.th

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2561

ISSN 2586 – 9353

เจ้าของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์  
ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

รองคณบดีฝ่ายบริหาร

รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกกานต์ ลายสนธิ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.สุพิมพา วัฒนสังข์โสภณ

อาจารย์ธาริณี มีเจริญ

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กรินทร์ กาญจนานนท์

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์  
ในพระราชูปถัมภ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วรัทยา ธรรมกิตติภาพ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพฏ พงษ์ศักดิ์ศรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วงกต ศรีอุไร

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจริยะ พิมพ์มูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ยุพดี สีนมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์ วิศวกรรมศาสตร์ และนวัตกรรมสาขาวิชาเทคโนโลยี และสหวิทยาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน

ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม

ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน – ธันวาคม

โดยทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรง ไม่น้อยกว่า 2 ท่านต่อหนึ่งบทความ

## บทบรรณาธิการ

เพื่อให้สอดคล้องกับการขยายขอบเขตภารกิจการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ในการผลิตบัณฑิตให้ครอบคลุมด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งจะเพิ่มเติมความเป็นมหาวิทยาลัยที่สมบูรณ์ และเพื่อเป็นการยกระดับวงการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมให้ก้าวหน้าสู่การมีบทบาทในระดับชาติอย่างต่อเนื่อง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์จึงได้จัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2562) เพื่อการเผยแพร่งานวิจัย บทความวิชาการ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม ของนักวิจัย ภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี

ในนามผู้บริหารของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ขอขอบพระคุณบุคลากรของคณะฯ ทุกคนและบุคลากรภายนอกที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริม และพัฒนาผลงานวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมให้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าพวกเราจะร่วมมือกันสร้างผลงานให้เป็นที่ยอมรับของสังคมต่อไปในอนาคต

กองบรรณาธิการ

## สารบัญ

### บทความวิจัย

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| การพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน<br>.....สนทยา สุนทรารักษ์ สันติ ศรีงมี.....                                                                                             | 1  |
| การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบขี้เถ้าพืช<br>.....ไสยเพ็ญ เจริญจิเม จันทิมา ปกครอง ประภาพร จ้อยพอง.....                                                  | 9  |
| การพัฒนาระบบการให้ความร้อนในตู้อบเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามคลุก<br>.....ธนภัทร มะณีแสง นพดล อำดี.....                                                                                    | 18 |
| การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์ อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับ<br>นักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ<br>.....มณฑล วชิรโกเมน มารุติศ วชิรโกเมน..... | 31 |
| การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย กัมพูชา<br>จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง<br>.....ชูชาติ พยอม ศุภชัย แก้วจันทร์ เอกราช นาคนวล.....         | 46 |
| เครื่องสกรีนปูนซีเมนต์กระเบื้องเซรามิกชนิดติดผนัง<br>.....วัลลภ โคตรพันธ์ อิศรภาพ เอ็นดู กิตติ พิลาศรี.....                                                                                 | 59 |
| แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างเมืองกรณีศึกษา รถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพ –<br>พิษณุโลก<br>.....วชิระ วิจิตรพงษา, เจษฎา โพธิจันทร์ ปรีดา พิทยาพันธ์.....                          | 69 |
| ระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ<br>.....วันทนา สุขมณี สันติ สาแก้ว บุญยัง สิงห์เจริญ.....                                                                                       | 72 |
| Vertical Axis Small Wind Turbine For Electric Generation at Thung – Thalaykaew in<br>Phitsanulok, Thailand<br>.....Chitnarong Phengtaeng, Thaweesak Tanaram, Nuttee Thungsuk.....           | 83 |

### บทความวิชาการ

| เรื่อง                                                                                                                          | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| เทคโนโลยีการส่งวิดีโอและเสียงผ่านเครือข่ายท้องถิ่นในการศึกษา<br>.....สมคิด แซ่หลี่ .....                                        | 97   |
| ภูมิปัญญาการย้อมเส้นด้ายและเส้นไหมจากสีธรรมชาติของอำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์<br>.....สุภาคกาญจน์ จิวาลักษณ์ สีนวล หมวกทอง..... | 106  |

## การพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน

สนทยา สุนทรารักษ์<sup>1\*</sup> สันติ คริ่งมี<sup>2</sup>  
แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์<sup>1\*,2</sup>  
อีเมล : taya.555@hotmail.com<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 15 สิงหาคม 2562  
วันแก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2562  
วันตอบรับบทความ 26 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน และเพื่อทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการเก็บเกี่ยวผลผลิต สร้างและพัฒนาขั้นตอนวิธีแบบ ผลการศึกษาพบว่า 1. การสร้างและพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุนต้นแบบ โดยใช้ตะแกรงกลมที่ทำจากท่อ PVC มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น 2. การทดสอบผลความลาดเอียงของตะแกรงคัดข้าวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคัดแยก ที่ระดับความเอียง 3, 4 และ 5 องศา ดำเนินการทดสอบโดยใช้ข้าวสารรวม 10 กิโลกรัม (ข้าวสารชั้นที่ 1 จำนวน 7 กิโลกรัม ชั้นที่ 2 จำนวน 1 กิโลกรัมและชั้นที่ 3 จำนวน 2 กิโลกรัม) ทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน 3 รอบ พบว่าเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุนที่ความลาดเอียงของตะแกรง 3 องศา มีประสิทธิภาพ 98.33 % ใช้เวลาในการคัดแยกข้าวสาร 6.19 นาที (96.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ที่ความลาดเอียงของตะแกรง 5 องศา มีประสิทธิภาพ 98.00 % ใช้เวลาในการคัดแยกข้าวสาร 5.39 นาที (111.32 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และ ที่ความลาดเอียงของตะแกรง 7 องศา มีประสิทธิภาพ 94.67 % ใช้เวลาในการคัดแยกข้าวสาร 5.13 นาที (116.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ซึ่งสรุปว่า ประสิทธิภาพด้านการคัดแยกดีที่สุดเมื่อตะแกรงมีความลาดเอียงที่ 5 องศา โดยประสิทธิภาพเท่ากับ 98.00 % คัดข้าวสารได้ 111.32 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ 3 องศา แต่มีกำลังการผลิตสูงกว่า)

**คำสำคัญ :** เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสาร มือหมุน ตะแกรงคัดข้าว



## The Development of a Mini Rice Sorting Machine with a Hand Winch

Sontaya Soontrarak<sup>1\*</sup> Santi Kreungmee<sup>2</sup>

Department of Power Electric, Surin Technical College<sup>1\*,2</sup>

E - mail : taya.555@hotmail.com<sup>1\*</sup>

Received 15 August 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

The objectives of this research were to create and develop a mini rice sorting machine with a hand winch and test the efficiency of a mini rice sorting machine by collecting data of harvesting and then creating and developing a prototype. The results showed that 1) The prototype of a mini manual rice sorting machine was created and developed by using PVC circular grate to increase the efficiency. 2) Test of grate's slopes (at 3°, 5°, and 7°) which affect the separation efficiency was operated by using 10 kg of rice (7 kg of rice grade no. 1, 1 kg of rice grade no. 2, and 2 kg of rice grade no. 3). A hand winch of a mini rice sorting machine was spun 3 rounds. The testing results revealed that testing a mini manual rice sorting machine with grate's slope at 3°, the efficiency was 98.33% and rice separation time was 6.19 minutes (96.9 kg/hr.). Testing with grate's slope at 5°, the efficiency was 98.00% and rice separation time was 5.39 minutes (111.32 kg/hr.). Testing with grate's slope at 7°, the efficiency was 94.67% and rice separation time was 5.13 minutes (116.69 kg/hr.). In conclusion, the maximum efficiency was 98.00% by setting grate's slope at 5° and the machine could separate rice 111.32 kg/hr. (The efficiency at grate's slope at 5° was almost the same as the efficiency of grate's slope at 3° however its capacity was higher).

**Keywords :** Rice Sorting Machine, Hand Winch, Rice Sorting Grate

## 1. บทนำ

จังหวัดสุรินทร์ เป็นจังหวัดนำร่องในเรื่องเกษตรอินทรีย์ ปลอดภัยและสารพิษในการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด คือ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งข้าวหอมมะลิจังหวัดสุรินทร์มีชื่อเสียงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในจังหวัดสุรินทร์ คือ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ กข15 ซึ่งถือว่าเป็นสุดยอดข้าวหอมมะลิไทยจนได้รับการกล่าวขานว่าเมื่อหุงเป็นข้าวสุกมีลักษณะ “หอม ยาว ขาว นุ่ม” ข้าวทั้งสองพันธุ์เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง เกือบทั้งหมดปลูกข้าวโดยอาศัยน้ำฝนอย่างเดียว และกระจายอยู่ตามพื้นที่ที่มีความเหมาะสมหรือหน่วยพื้นที่ดินต่างกัน มีการจัดการเพาะปลูกและการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสม สามารถให้ผลผลิตสูงสุด 740 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมการข้าว, 2561) ในการควบคุมวัชพืช ได้มีการรณรงค์ให้หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ ใช้วิถีกลแทน การเตรียมดิน การใช้ระดับน้ำควบคุมวัชพืช สำหรับการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ใช้แบบผสมผสาน เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน การรักษามลธรรมชาติ ใช้ศัตรูทางธรรมชาติกำจัด เช่น ตัวห้ำ ตัวเบียน หรือการใช้สารสกัดจากพืช เช่น สะเดา ข่า ตะไคร้หอม ในการจัดการก่อนและหลังเก็บเกี่ยว ระบายน้ำออกจากนา ก่อนข้าวสุกประมาณ 10 ถึง 15 วัน เพื่อให้ข้าวสุกแก่สม่ำเสมอ (ข้าวหอมมะลิจังหวัดสุรินทร์, 2561) จากอดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่าเกษตรกรประสบกับปัญหาในเรื่องของข้าวเปลือกมีราคาตกต่ำมาก ไม่คุ้มกับการลงทุน ทั้งเมล็ดพันธุ์ อาหารเร่งโต ค่าแรงไถ และเก็บเกี่ยว หน่วยงานภาครัฐจึงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาผลิตและจำหน่ายข้าวสารเอง เพื่อแก้ปัญหาราคาข้าวเปลือกไม่ได้อาตามที่ต้องการ แต่จากการสำรวจพบว่าข้าวสารที่เกษตรกรนำมาบริโภค และจำหน่ายประสบกับปัญหามีสิ่งปลอมปนจำนวนมาก โดยเฉพาะดอกหญ้า เม็ดหินจากการสีข้าว รวมทั้งเกรดของข้าวที่ยังเป็นข้าวรวม ไม่มีการคัดแยกคุณภาพ ทำให้จำหน่ายยากและจำหน่ายไม่ได้อาตามที่ต้องการ จึงทำให้เกษตรกรที่ต้องการให้สามารถจำหน่ายข้าวสารได้ในราคาที่สูงขึ้น ต้องนำข้าวมาคัดแยกคุณภาพโดยใช้เครื่องมือที่มี คือ กระด้งพัดข้าว ตะแกรงร่อนหรือการคัดแยกโดยการเก็บแยก

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้คิดค้นสิ่งประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน (Mini Rice Sorting Machine with Hand Winch) ขึ้นมา เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสาร โดยเน้นให้ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก ประหยัดพลังงาน มีความปลอดภัยในการใช้งาน ใช้งานง่าย เด็กและผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้ ไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญก็สามารถใช้งานได้ ไม่ใช่ไฟฟ้า เป็นแบบมือหมุนส่งกำลังให้เครื่องทำงาน ต้นทุนการประดิษฐ์เครื่องไม่สูง และใช้วัสดุที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป เคลื่อนย้ายสะดวก การบำรุงรักษาง่าย สามารถใช้ได้ทุกครัวเรือน

## 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน
- 2.2 เพื่อทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน

## 3. วิธีการวิจัย

การพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมและการเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งเป็นการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ปัญหาการทำนาข้าวของเกษตรกร การเก็บเกี่ยวผลผลิต สรุปผลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ
- 3.3 สร้างนวัตกรรมต้นแบบและพัฒนานวัตกรรม
- 3.4 ทดลองหาประสิทธิภาพ ทดสอบ ทำการปรับปรุงเครื่อง ตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ

#### 4. ผลการวิจัย

##### 4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

พบว่า การคัดแยกข้าวสารของเกษตรกร โดยใช้เครื่องมือภูมิปัญญาชาวบ้าน คือ กระด้งฟัดข้าว ซึ่งมีปัญหาเรื่องต้องใช้แรงในการฟัดข้าวจากกระด้ง การฟัดข้าวแต่ละครั้งคัดแยกข้าวสารได้ปริมาณน้อย ต้องใช้เวลานานจึงจะได้ปริมาณข้าวสารตามที่ต้องการ



รูปที่ 1 การคัดแยกข้าวสารของเกษตรกร โดยใช้เครื่องมือภูมิปัญญาชาวบ้าน คือ กระด้งฟัดข้าว

##### 4.2 สร้างนวัตกรรมต้นแบบและพัฒนาวัตกรรม

ดำเนินการสร้างชิ้นส่วนต้นแบบของเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน

##### 4.2.1 สร้างชิ้นส่วนต้นแบบของเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน



รูปที่ 2 สร้างชิ้นส่วนต้นแบบของเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน



#### 4.2.2 ออกแบบท่อน้ำ PVC ขนาด $\varnothing$ 12 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร สร้างเป็นตะแกรงกลม



รูปที่ 3 ออกแบบท่อน้ำ PVC ขนาด  $\varnothing$  12 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร สร้างเป็นตะแกรงกลม

#### 4.2.3 สร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน



รูปที่ 4 สร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน



รูปที่ 5 เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุนต้นแบบ

#### 4.3 หาประสิทธิภาพ ทดสอบและทำการปรับปรุงเครื่อง

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน ดำเนินการทดสอบเพื่อศึกษาคุณลักษณะ 2 ด้าน ประกอบด้วย การทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดของเมล็ดข้าวสารด้วยความเอียงของตระแกรงกลที่มีความเอียงที่ระดับ 3 4 และ 5 องศา และเวลาที่ใช้ในการคัดแยก เมื่อความเร็วรอบของตระแกรงกลเท่ากับ 18 รอบ/นาที ดำเนินการทดสอบโดยใช้ข้าวสารชั้นที่ 1 จำนวน 7 กิโลกรัม ชั้นที่ 2 จำนวน 1 กิโลกรัม และชั้นที่ 3 จำนวน 2 กิโลกรัม นำมาผสมกันได้ข้าวสารรวม 10 กิโลกรัม ทดสอบให้เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน 3 รอบ ตามระดับความเอียงของตระแกรงที่ 3 4 และ 5 องศา ตามลำดับ โดยผลการทดสอบการคัดแยกขนาดข้าวสาร 10 กิโลกรัม เมื่อตระแกรงเอียง 3 องศา ปรากฏดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบการคัดแยกขนาดข้าวสาร 10 กิโลกรัม ตะแกรงเอียง 3 องศา

| รอบที่          | ข้าวสารน้ำหนัก (กก.) |           |           |           |                | เวลาที่ใช้ (นาที) |
|-----------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------------------|
|                 | น้ำหนักทดสอบ         | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | รวมชั้นที่ 1-3 |                   |
| 1               | 10                   | 6.9       | 1.0       | 1.9       | 9.8            | 6.25              |
| 2               | 10                   | 7.0       | 0.9       | 1.9       | 9.8            | 6.20              |
| 3               | 10                   | 7.0       | 1.0       | 1.9       | 9.9            | 6.12              |
| เฉลี่ย          | 10                   | 6.97      | 0.97      | 1.90      | 9.83           | 6.19              |
| ประสิทธิภาพ (%) |                      | 99.52     | 96.67     | 95.00     | 98.33          |                   |

จากตารางที่ 1 การคัดแยกเมล็ดข้าวสาร ออกเป็น 3 ชั้น โดยปรับตระแกรงกลมีความลาดเอียง 3 องศา พบว่า เครื่องสามารถคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสารออกเป็นข้าวชั้นที่ 1 2 และ 3 มีประสิทธิภาพ 98.33 % มีการสูญเสียระหว่างการทดสอบคิดเป็น 1.67 % (รวมข้าวชั้นที่ 1-3 เฉลี่ย 9.83 กก.) และ เวลาที่ใช้ในการคัดแยก 6.19 นาที หรือ 96.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบการคัดแยกขนาดข้าวสาร 10 กิโลกรัม ตะแกรงเอียง 5 องศา

| รอบที่          | ข้าวสารน้ำหนัก (กก.) |           |           |           |                | เวลาที่ใช้ (นาที) |
|-----------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------------------|
|                 | น้ำหนักทดสอบ         | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | รวมชั้นที่ 1-3 |                   |
| 1               | 10                   | 7.0       | 0.8       | 1.9       | 9.7            | 5.40              |
| 2               | 10                   | 7.0       | 0.9       | 2.0       | 9.9            | 5.42              |
| 3               | 10                   | 6.9       | 0.9       | 2.0       | 9.8            | 5.35              |
| เฉลี่ย          | 10                   | 6.97      | 0.87      | 1.97      | 9.80           | 5.39              |
| ประสิทธิภาพ (%) |                      | 99.52     | 86.67     | 98.33     | 98.00          |                   |

จากตารางที่ 2 การคัดแยกเมล็ดข้าวสาร ออกเป็น 3 ชั้น โดยปรับตระแกรงกลมีความลาดเอียง 5 องศา พบว่า เครื่องสามารถคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสารออกเป็นข้าวชั้นที่ 1 2 และ 3 มีประสิทธิภาพ 98.00 % มีการ

สูญเสียระหว่างการทดสอบคิดเป็น 2 % (รวมข้าวชั้นที่ 1-3 เฉลี่ย 9.80 กก.) และเวลาที่ใช้ในการคัดแยก 5.39 นาที หรือ 111.32 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบการคัดแยกขนาดข้าวสาร 10 กิโลกรัม ตะแกรงเอียง 7 องศา

| รอบที่          | ข้าวสารน้ำหนัก (กก.) |           |           |           |                | เวลาที่ใช้ (นาที) |
|-----------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------------------|
|                 | น้ำหนักทดสอบ         | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | รวมชั้นที่ 1-3 |                   |
| 1               | 10                   | 6.7       | 0.8       | 2.0       | 9.5            | 5.10              |
| 2               | 10                   | 6.8       | 0.7       | 1.9       | 9.4            | 5.15              |
| 3               | 10                   | 6.8       | 0.8       | 1.9       | 9.5            | 5.13              |
| เฉลี่ย          | 10                   | 6.77      | 0.77      | 1.93      | 9.47           | 5.13              |
| ประสิทธิภาพ (%) |                      | 96.67     | 76.67     | 96.67     | 94.67          |                   |

จากตารางที่ 3 การคัดแยกเมล็ดข้าวสาร ออกเป็น 3 ชั้น โดยปรับตะแกรงกลมมีความลาดเอียง 7 องศา พบว่า เครื่องสามารถคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสารออกเป็นข้าวชั้นที่ 1 2 และ 3 มีประสิทธิภาพ 94.67 % มีการสูญเสียระหว่างการทดสอบคิดเป็น 5.3 % (รวมข้าวชั้นที่ 1-3 เฉลี่ย 9.47 กก.) และเวลาที่ใช้ในการคัดแยก 5.13 นาที หรือ 116.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

**ตารางที่ 4** สรุปผลทดสอบการคัดแยกขนาดข้าวสาร 10 กิโลกรัม ตะแกรงเอียง 3, 5 และ 7 องศา

| ตะแกรงเอียง | ข้าวสารน้ำหนักเฉลี่ย (กก.) |           |           |           |                | เวลาที่ใช้ (นาที) | ประสิทธิภาพ (%) |
|-------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------------------|-----------------|
|             | น้ำหนักทดสอบ               | ชั้นที่ 1 | ชั้นที่ 2 | ชั้นที่ 3 | รวมชั้นที่ 1-3 |                   |                 |
| 3 องศา      | 10                         | 6.97      | 0.97      | 1.90      | 9.83           | 6.19              | 98.33           |
| 5 องศา      | 10                         | 6.97      | 0.87      | 1.97      | 9.80           | 5.39              | 98.00           |
| 7 องศา      | 10                         | 6.80      | 0.80      | 1.90      | 9.50           | 5.13              | 94.67           |

จากตารางที่ 4 การคัดแยกเมล็ดข้าวสาร ออกเป็น 3 ชั้น โดยปรับตะแกรงกลมมีความลาดเอียง 3, 5 และ 7 องศา พบว่า เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน ที่ความลาดเอียงของตะแกรง 3 องศา มีประสิทธิภาพ 98.33 % ใช้เวลาในการคัดแยกข้าวสาร 6.19 นาที (96.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ที่ความลาดเอียงของตะแกรง 5 องศา มีประสิทธิภาพ 98.00 % ใช้เวลาในการคัดแยกข้าวสาร 5.39 นาที (111.32 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และที่ความลาดเอียงของตะแกรง 7 องศา มีประสิทธิภาพ 94.67 % ใช้เวลาในการคัดแยกข้าวสาร 5.13 นาที (116.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) คณะผู้วิจัยเลือกความเอียงตะแกรง 5 องศา เพราะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ 3 องศา แต่มีกำลังการผลิตสูงกว่า (ใช้เวลาน้อยกว่า)



## 5. อภิปรายผลและสรุปผล

เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุนต้นแบบตะแกรงกลมที่ทำจากท่อ PVC ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยได้ศึกษาผลความลาดเอียงของตะแกรงคัดข้าวว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการคัดแยกอย่างไร ผลการศึกษาพบว่า เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน แบบตะแกรงกลมท่อ PVC มีประสิทธิภาพด้านการคัดแยกดีที่สุดเมื่อตะแกรงมีความลาดเอียงที่ 5 องศา โดยประสิทธิภาพเท่ากับ 98.00 % คัดข้าวสารได้ 111.32 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับ สมพร ประยงค์ทรัพย์ (2558) ซึ่งได้พัฒนาเทคโนโลยีเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชน ด้านการออกแบบ ใช้หลักการคัดแยกขนาดวัตถุโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง โดยใช้ท่อ PVC ขนาด 12 นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร วางเอียง 5 องศา หมุนด้วยความเร็ว 18 รอบต่อนาที ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 1/2 แรงม้า ด้านขนาดของเครื่อง มีความยาว 155 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร และความกว้าง 95 เซนติเมตร ซึ่งมีความเหมาะสม โดยให้สามารถวางบรรทุกได้ด้วยรถกระบะหรือรถขนส่งทางไกล การวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลการคัดแยกของเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสาร ซึ่งผลการทดสอบด้วยสถิติพื้นฐานเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ นั่นคือ มีผลการทดสอบหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสาร เท่ากับ 96.77 เปอร์เซ็นต์และ 86.974 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ที่มีต่อเทคโนโลยีเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสาร โดยภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.60$ , S.D. = 0.499)

## 6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการใช้งานเครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน ผู้ใช้งานควรศึกษาวิธีการใช้งานให้ละเอียด เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานเต็มประสิทธิภาพ

6.2 เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน ควรเพิ่มเครื่องวัดรอบเพื่อให้ผู้ใช้ทราบความเร็วที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ 18 รอบ/นาที

6.3 เครื่องคัดแยกเมล็ดข้าวสารขนาดเล็กแบบมือหมุน หากขยายขนาดของเครื่อง จะส่งผลให้กำลังการผลิตในการคัดแยกเมล็ดข้าวสารเพิ่มสูงขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. (2561). “องค์ความรู้เรื่องข้าว.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

[http://www.ricethailand.go.th/Rkb/management/index.php-file=data\\_004-rice\\_xx2-04\\_manage\\_002-6\\_srn.html](http://www.ricethailand.go.th/Rkb/management/index.php-file=data_004-rice_xx2-04_manage_002-6_srn.html). สืบค้น 25 พฤษภาคม 2561.

ข้าวหอมมะลิจังหวัดสุรินทร์. (2561). “กระบวนการผลิต.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://pattarasiricom.wordpress.com/%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%A7%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3/>. สืบค้น 25 พฤษภาคม 2561.

สมพร ประยงค์ทรัพย์. (2558, สิงหาคม-ธันวาคม). “การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดข้าวสารสำหรับชุมชน.” วารสารวิทยาศาสตร์ คสสส. 37(2) : 73 - 88.

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบซีเถ้าพีซ

ไสยเพ็ญ เฉิดเจิม<sup>1\*</sup> จันทิมา ปกครอง<sup>2</sup> ประภาพร จ้อยพอง<sup>3</sup>

หลักสูตรสาขาวิชาศิลปกรรม คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์<sup>1\*,2,3</sup>

E-mail : saipen5005@gmail.com<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 19 สิงหาคม 2562

วันแก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2562

วันที่รับบทความ 26 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบซีเถ้าพีซ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยนำวัตถุดิบระหว่าง ซีเถ้าพีซ ดินเหนียวบึงมาย และหินฟันม้า คำนวณหาอัตราส่วนผสมจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram) จำนวน 36 จุด และเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และคัดเลือกจุดที่เหมาะสม เพื่อนำไปทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ ผลจากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมได้แก่ จุดที่ 10 15 16 17 18 21 22 และ 28 คัดเลือกจุดที่ 16 และ 17 เพื่อทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ รูปแบบผลิตภัณฑ์ประเภทจานโชว์ ตกแต่งโดยการเขียนสีได้เคลือบ ลายสัญลักษณ์จังหวัดอุดรดิตถ์ ลายหลวงพ่อเพชร ลายพระยาพิชัยดาบหัก และลาย ชุมประตุมืองลับแล และชุบเคลือบซีเถ้าพีซ นำไปเผาอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส พบว่าผลงานที่ได้มีสีเขียว เคลือบมีความสมบูรณ์ และมีลักษณะใกล้เคียงกับเคลือบสังคโลกจังหวัดสุโขทัย สามารถนำมาผลิตเป็นของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ได้

**คำสำคัญ :** ผลิตภัณฑ์เซรามิก ของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ เคลือบซีเถ้าพีซ



## The Development of Uttaradit's Ceramic Souvenirs Glazed by Plant-Derived Ash

Saipen Cherdjerm<sup>1\*</sup>, Juntima Pokkrong<sup>2</sup>, Prapaphon Joyphong<sup>3</sup>

Faculty of Humanities and Social Science, Uttaradit Rajabhat University<sup>1\*,2,3</sup>

E – mail : saipen5005@gmail.com<sup>1\*</sup>

Received 19 August 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

This study aimed to develop Uttaradit's ceramic souvenirs by glazing with plant-derived ash. The materials of the ceramics were plant-derived ash, clay from Bungmai Pond, and feldspar; and the material ratios of the mixtures were calculated by using 36-point triaxial diagram. The products were fired at 1,250 degrees Celsius, then analyzed physical property and selected apposite points for experimental production of Uttaradit's souvenir. The appropriate ratios found from the analysis were points at 10, 15, 16, 17, 18, 21, 22, and 28. The points at 16 and 17 were chosen to be used in the experimental production of Uttaradit's souvenirs in the form of decorative plates with underglaze paintings of Uttaradit's provincial symbol, Luangpho Phet Buddha image, Praya Pichai Dabhak, and Lablae's Town Gate. After being fired at 1,250 degrees Celsius, plates were green and glazes were perfect. The plates' characteristics were similar to Sukhothai's Sangkhalok China wares and could be Uttaradit's souvenirs.

**Keywords:** Ceramic product, Uttaradit's souvenir, plant-derived ash glaze

## 1. บทนำ

อุตรดิตถ์เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย เป็นประตูสู่ทางเหนือของประเทศไทย ในอดีตชื่อเมืองพิชัย เนื่องจากมีศูนย์กลางอยู่ที่เมืองพิชัย ต่อมาในเมืองบางโพธิ์ท่าอิฐมีความเจริญมากกว่าเนื่องจากมียุทธศาสตร์สำคัญทางการค้า นั่นคือ ท่าน้ำสำหรับขนส่งสินค้าไปยังทางภาคเหนือ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว จึงได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ตั้งให้เป็นเมือง เรียกว่า “เมืองอุตรดิตถ์” ซึ่งหมายถึง เมือง “ท่าเหนือ” นั่นเอง ต่อมาพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เปลี่ยนคำว่า “เมือง” เป็น “จังหวัด” เมืองอุตรดิตถ์จึงเปลี่ยนสถานะเป็นจังหวัดอุตรดิตถ์ ตั้งแต่บัดนั้นเป็นต้นมา จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นเมืองผสมผสานวัฒนธรรมระหว่างวัฒนธรรมไทยกลาง วัฒนธรรมล้านนา และวัฒนธรรมล้านช้าง จึงทำให้จังหวัดอุตรดิตถ์ได้ชื่อว่าเป็นเมือง “สามวัฒนธรรม” สิ่งศักดิ์สิทธิ์คู่บ้านเมืองและสิ่งยึดเหนี่ยวจิตใจของคนจังหวัดอุตรดิตถ์ได้แก่ หลวงพ่อเพชร พระแท่นศิลาอาสน์ และพระยาพิชัยดาบหัก สถานที่ท่องเที่ยว ได้แก่ บ้านท่านพ่อพระยาพิชัยดาบหัก พิพิธภัณฑ์ท้องถิ่นเมืองลับแล เชื่อนสิริกิติ์ อุทยานแห่งชาติต้นสักใหญ่ และบ่อเหล็กน้ำพี้ เป็นต้น พืชเศรษฐกิจสำคัญได้แก่ ลำไย สับปะรดห้วยมุ่น หอมแดง กระเทียม ข้าว และทุเรียนพันธุ์พื้นเมืองที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของคนทั่วประเทศ นั่นก็คือ ทุเรียนหลงลับแล และทุเรียนหลินลับแล คำขวัญของจังหวัด คือ “เหล็กน้ำพี้ลือเลื่อง เมืองลำไยหวาน บ้านพระยาพิชัยดาบหัก ถิ่นสักใหญ่ของโลก” จากความสำคัญข้างต้น ข้าพเจ้าจึงเกิดแรงบันดาลใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกโดยได้หยิบยกเอาเรื่องราว สัญลักษณ์เด่น และสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจของจังหวัด มาเป็นต้นแบบในการออกแบบและทดลองทำผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกประเภทเซรามิก เพื่อให้จังหวัดอุตรดิตถ์มีของที่ระลึกที่มีความหลากหลาย โดดเด่น และมีอัตลักษณ์เฉพาะตน ทั้งนี้เพื่อสร้างความสนใจดึงดูดใจ และความประทับใจให้กับนักท่องเที่ยวและประชาชนที่สนใจทั่วไป

คำว่า “ที่ระลึก” หมายถึง สินค้า สิ่งที่ทำให้เกิดความระลึกนึกถึงหรือคิดถึง สินค้าที่ระลึกหรือของที่ระลึกเป็นคำที่ใช้ในความหมายเดียวกัน เมื่อกล่าวถึงสินค้าประเภทหนึ่ง (ราชบัณฑิตยสถาน. 2530) หรือสิ่งของต่าง ๆ ที่นำมาใช้เป็นตัวจุดใจให้เกิดความคิดถึงหรือนึกถึงเรื่องราวในอดีตได้กลับกระจำงัดขึ้นในปัจจุบัน หรืออีกนัยหนึ่งอาจหมายถึง สัญลักษณ์แทนบุคคล เหตุการณ์ เรื่องราวที่ได้รับการออกแบบสร้างสรรค์ขึ้นเพื่อกระตุ้นเตือน ย้ำความทรงจำให้คิดถึงหรือนึกถึง (ประเสริฐ ศิลรัตน์. 2531) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก จึงน่าจะหมายถึงสินค้าที่ทำขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของการสื่อสารเพื่อระลึกถึงกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งระหว่างบุคคลหรือกลุ่มคน ที่แสดงออกต่อกันในวาระและโอกาสพิเศษต่าง ๆ เพื่อให้ผู้รับเกิดความซาบซึ้ง ประทับใจ และจดจำกิจกรรม เรื่องราว สถานที่ หรือวาระโอกาสหรือเหตุการณ์นั้น ๆ ได้เป็นอย่างดีและมีรูปลักษณ์เอง ผลิตภัณฑ์เซรามิก เป็นสินค้าอีกประเภทหนึ่งที่ผู้คนนิยมซื้อหาเป็นของฝาก ของใช้ ของตกแต่งบ้าน รวมถึงเครื่องประดับร่างกาย เช่น เข็มกลัด ดุมหูและกำไลข้อมือ เป็นต้น ซึ่งจากการสอบถามอย่างไม่เป็นทางการของผู้ซื้อสินค้าประเภทเซรามิก ส่วนใหญ่จะตัดสินใจเลือกซื้อตามความต้องการใช้งานเป็นอันดับแรก และพิจารณาด้านของสีสัน ผิวเคลือบ รูปทรง และคำหึงถัดตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเคลือบมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกอยู่ไม่น้อย เคลือบ คือชั้นแก้วบาง ๆ ที่ห่อหุ้มเคลือบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอย่างต่อเนื่อง เกิดจากส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกต (Silicate) ผสมกับสารประกอบชนิดอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) และออกไซด์ของโลหะช่วยให้เกิดสีและทึบในเคลือบ เมื่อเผาถึงจุดสุกตัว น้ำเคลือบจะรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นตัวลงจะมีลักษณะเหมือนแก้วบาง ๆ ติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งเคลือบจะมีบทบาทสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกในด้านความแข็งแรงทนต่อการขีดข่วน ล้างทำความสะอาด และการกัดกร่อนของกรดและด่างได้ดี นอกจากนี้เคลือบยังช่วยเพิ่มความสวยงามโดดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี ดังที่สาธิต ชลชาติภิญโญ (2547) ได้กล่าวไว้ว่า ถ้าเปรียบเนื้อดินที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานเสมือนร่างกาย เคลือบก็คงเปรียบได้กับเสื้อผ้าอาภรณ์ที่ใช้ในการห่อหุ้มร่างกาย ลักษณะของเคลือบและลักษณะผิวเคลือบมีความงามที่หลากหลาย ถ้าได้นำมาตกแต่งชิ้นงานอย่างเหมาะสมก็ยิ่งจะสร้างความโดดเด่น และความน่าสนใจให้กับชิ้นงานได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกมีเคลือบให้สามารถเลือกซื้อหาและเลือกใช้ได้หลากหลายชนิดมากขึ้น เช่น เคลือบตะกั่ว (Lead Glaze) เคลือบผลึก (Crystal Glaze) เคลือบร้าว (Crackle Glaze) และเคลือบขี้เถ้า (Ash Glaze) เป็นต้น ซึ่งเคลือบขี้เถ้านี้เป็นเคลือบที่ช่างชาวจีนรู้จักการนำขี้เถ้าพิชมาใช้ในการทำเคลือบมานานกว่า 2,000 ปีมาแล้ว สำหรับในประเทศไทยเคลือบที่นิยมทำกันมานานและเป็นที่รู้จักกันทั่วโลก นั่นก็คือ สังกโลก (Celadon) ผลิตภัณฑ์จำพวกถ้วย จาน ชาม ตุ๊กตา ฯลฯ ที่ทำขึ้นตั้งแต่สมัยสุโขทัยมีลักษณะแตกหรือร้าวตัวคล้ายร่างแห มีสีเขียวชงกา สีเขียวมะกอก หรือสีเขียวคล้ายหยก เคลือบที่มีลักษณะดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของขี้เถ้าไม้หรือจากพืช ซึ่งเสริมศักดิ์ นาคบัว (2535) และ สุรศักดิ์ โกสยพันธ์ (2534) ได้ให้ความเห็นคล้ายกันว่า พืชทุกชนิดสามารถใช้ทำน้ำเคลือบได้ แต่จะให้ผลของสีและพื้นผิวตลอดจนความโปร่งแสงหรือทึบแสงแตกต่างกันออกไปเคลือบที่ได้จะมีสีสันสวยงามและมีลักษณะพื้นผิวที่หลากหลาย สามารถนำมาใช้ในงานประเภทต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี อาทิ งานสร้างสรรค์ทางศิลปะ งานหัตถกรรมและอุตสาหกรรมบางประเภท ลักษณะเด่นของเคลือบขี้เถ้าพิชนี้จะให้ความรู้สึกสงบเยือก สุขุม ลุ่มลึก สง่างาม ช่อนความขลังไว้ภายใน และบ่งบอกถึงควมมีชีวิตชีวา ซึ่งเคลือบขี้เถ้าเป็นเคลือบที่มีราคาถูก ทำจากเศษวัสดุเหลือใช้ เช่น ขี้เถ้ากลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากเตาหุงต้มอาหาร ขี้เถ้าจากโรงเลื่อยหรือโรงงานเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น รวมถึงขี้เถ้าที่ได้จากเศษวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ใบไม้ กลบ ฟางข้าว หนุ่ยคา เปลือกถั่วลิสง ใบหูกวาง และผักตบชวา เป็นต้น ซึ่งเศษวัสดุเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเคลือบทางเครื่องปั้นดินเผาได้เป็นอย่างดี (ไสยเพ็ญ เฉิดเจิม. 2558)

จากความสำคัญข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาหาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบจากขี้เถ้าพิชที่เหลือทิ้งจากครัวเรือนและร้านอาหารพื้นเมืองในอำเภอลับแล นำมาผ่านกระบวนการเตรียมน้ำเคลือบ ออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ขุดเคลือบ และเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยากาครีตักชัน (Reduction Firing) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เซรามิกสัประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ จะทำให้เกิดประโยชน์ทางด้านเครื่องปั้นดินเผา นอกจากนี้ยังถือเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับนักท่องเที่ยว และผู้สนใจทั่วไปที่ต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับเป็นของฝากหรือที่ระลึกในวาระโอกาสต่าง ๆ ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบขี้เถ้าพิช

## 3. วิธีการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบขี้เถ้าพิช เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการดำเนินไว้ ดังนี้

3.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยเลือกใช้ขี้เถ้าพิชที่เหลือทิ้งจากครัวเรือนในอำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์ สำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทดลองเคลือบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากแผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 36 จุด ซึ่งแต่ละจุดห่างกัน 10 หน่วย และเมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 100

3.3 ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

3.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ได้จากการอ่านค่าแผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งวัตถุดิบประกอบด้วย ขี้เถ้าพิช ดินเหนียวบึงมาย และหินฟันม้า

3.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ สมบัติทางกายภาพของน้ำเคลือบหลังเผา ซึ่งประกอบด้วย สี (Colour) ความมัน (Glossy) และการร้าวตัว (Small Cracks)



### 3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย มีดังนี้

3.4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำเคลือบซีเถ้าพิชหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส

3.4.2 ออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในรูปแบบของที่ระลึกจังหวัดอุดรธานีโดยนำสัญลักษณ์และคำขวัญจังหวัดอุดรธานีมาเป็นต้นแบบ

### 3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

3.5.1 เครื่องบดผสมเคลือบ

3.5.2 เตาแก๊ส อุปกรณ์ในเตาเผา และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

3.5.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

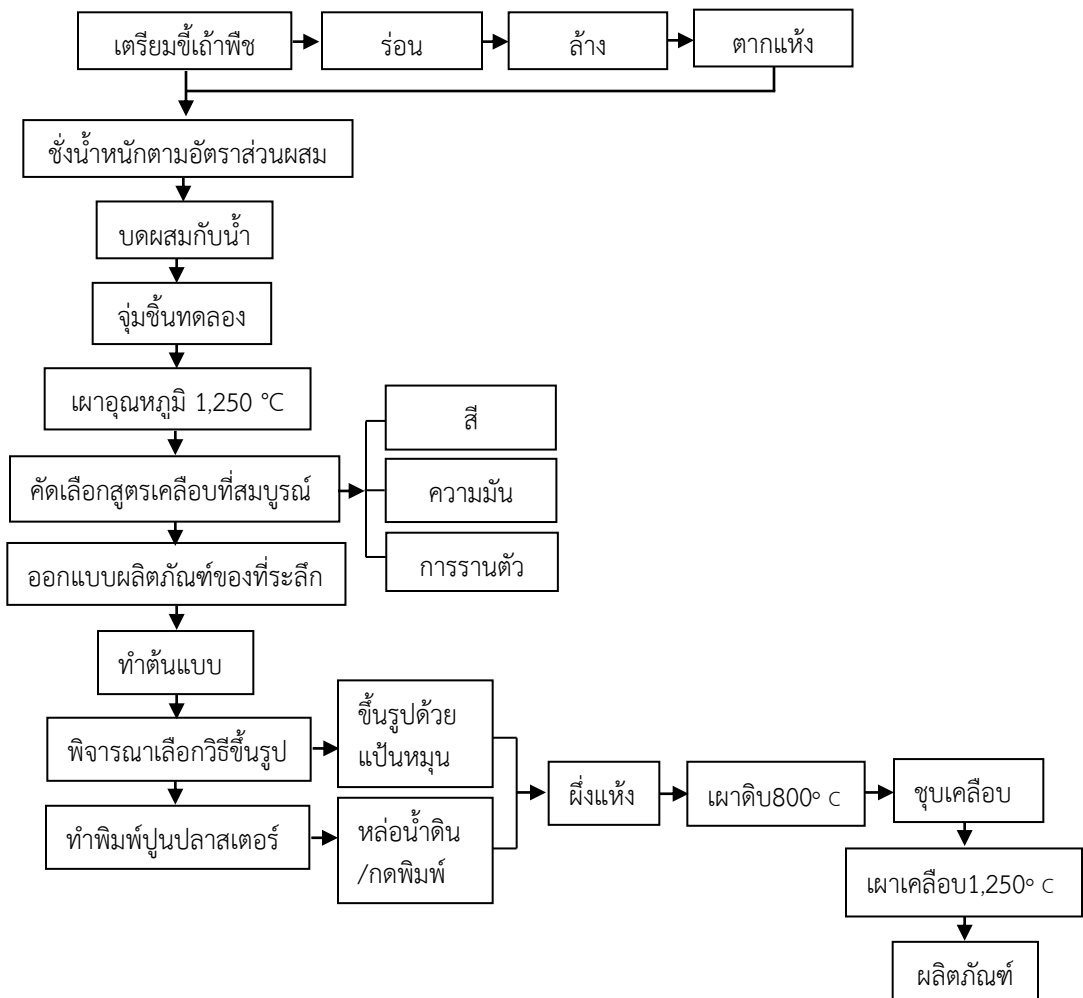
3.5.5 ตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 60 เมช และ 100 เมช

3.5.6 แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

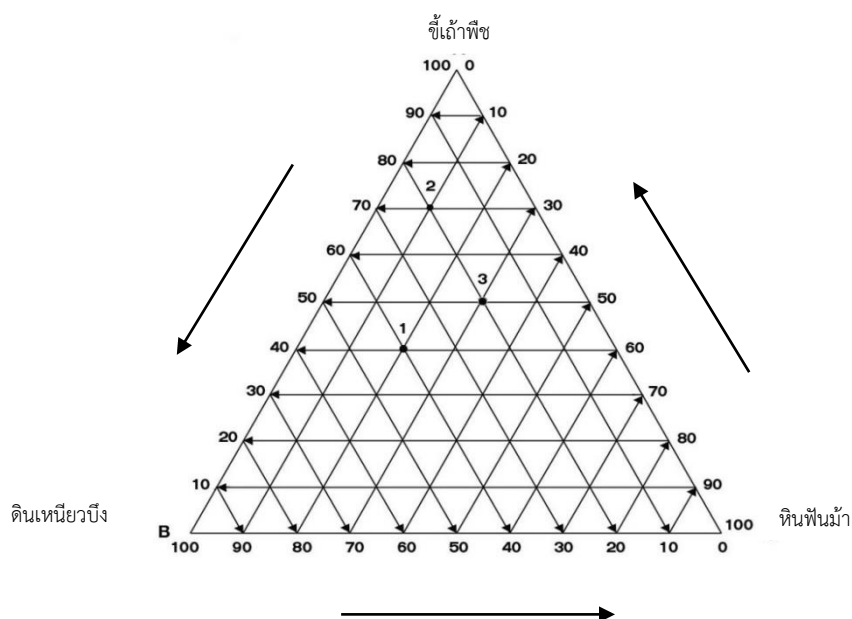
3.5.7 โกร่งบด

### 3.6 ขั้นตอนการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการทดลองไว้ดังนี้



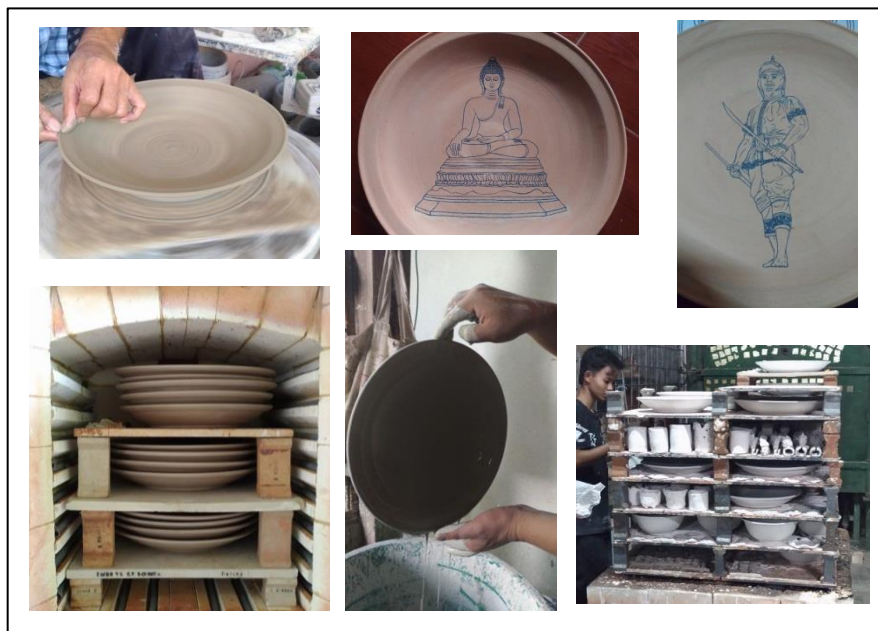
รูปที่ 1 ภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 2 แผนภาพตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลองน้ำเคลือบ



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ที่ได้จากการวิจัย

#### 4. ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบซีเถ้าพิช จากการศึกษาพบว่า 1) ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำเคลือบซีเถ้าพิช หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส พบว่า เคลือบที่เหมาะสมได้แก่ จุดที่ 10 15 16 17 18 21 22 และ 22 เคลือบมีความมัน ส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลอมเขียว ในครั้งนี้ผู้วิจัยคัดเลือกสูตรที่ 16 และ 17 มาใช้ในการทดลองทำผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยในจุดที่ 16 มีส่วนผสมของซีเถ้าไม้พีชร้อยละ 30 ดินเหนียวบึงมายร้อยละ 10 และหินฟันม้าร้อยละ 60 และอัตราส่วนผสมในจุดที่ 17 มีส่วนผสมของซีเถ้าไม้พีชร้อยละ 30 ดินเหนียวบึงมายร้อยละ 20 และหินฟันม้าร้อยละ 50 ส่วนด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ผู้วิจัยได้นำเอาคำขวัญประจำจังหวัดอุดรดิตถ์มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบลวดลาย ประกอบด้วย ลายสัญลักษณ์จังหวัด ลายหลวงพ่อเพ็ชร ลายพระยาพิชัยดาบหัก และลายซุ้มประตูเมืองลับแล โดยตกแต่งบนภาชนะจานโขวด้วยวิธีการเขียนสีใต้เคลือบ และชุบเคลือบ นำไปเผาอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสมบูรณ์ เคลือบเป็นสีเขียวเป็นมันและรานตัวเล็กน้อย

#### 5. อภิปรายผลและสรุปผล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์จากเคลือบซีเถ้าพิช จากการศึกษาพบว่า 1) ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำเคลือบซีเถ้าพิช หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส พบว่า เคลือบที่เหมาะสมได้แก่ จุดที่ 10 15 16 17 18 21 22 และ 22 เคลือบมีความมัน ส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลอมเขียว สอดคล้องกับซึ่งสอดคล้องกับเสริมศักดิ์ นาคบัว (2535) ซึ่งได้ดำเนินการทดลองการทำเคลือบซีเถ้าพิชหลายชนิด เช่น 1) เคลือบซีเถ้าต้นกระถิน จากการศึกษาพบว่า มีความน่าสนใจหลายสูตร เช่น สูตร AP 22 มีส่วนผสมของโปแตสเฟลด์สปาร์ 34% ซีเถ้าต้นกระถิน 33% และดินแดงปากเกร็ด 33% หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศรีดักชัน เคลือบห่อลมตัวสมบูรณ์ ผิวมัน มีสีเขียวมะกอกอ่อน มีจุดสีน้ำตาลห่าง ๆ โปร่งใส (Transparent) ผิวเคลือบรานเป็นเส้นเล็ก ตาละเอียดและเคลือบไม่ไหล เคลือบมีลักษณะสวยงาม และเคลือบซีเถ้าจามจุรี พบว่า สูตร AP 27 มีส่วนผสมของโปแตสเฟลด์สปาร์ 34% ซีเถ้าจามจุรี 33% และดินเหนียวสุราษฎร์ 33% หลังเผาที่อุณหภูมิ 1260 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน เคลือบห่อลมตัวสมบูรณ์ ผิวด้าน มีสีเขียวอมฟ้า โปร่งแสงเล็กน้อย ผิวเคลือบรานเป็นเส้นเล็ก และเคลือบไม่ไหล เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีประธาน นันทะเสน (2550) ได้พัฒนาส่วนผสมเคลือบสีลาตจากซีเถ้าเปลือกมะพร้าว เเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศรีดักชัน ผลการศึกษาพบว่า เคลือบที่มีส่วนผสมของหินฟันม้าตั้งแต่ 60-80% จะมีลักษณะการรานตัวมากสำหรับเคลือบที่มีส่วนผสมของหินฟันม้า 10-30% มีการรานตัวน้อย ลักษณะของเคลือบที่มีความมันวาว คือ เคลือบที่มีหินฟันม้าเป็นส่วนผสม 70-80% เคลือบที่มีส่วนผสมของซีเถ้าเปลือกมะพร้าว 50-70% จะได้สีเขียว เคลือบที่มีส่วนผสมของหินฟันม้า 50-60% และซีเถ้าเปลือกมะพร้าว 30% จะมีลักษณะการสากตัวและมีความมันวาวมากกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของหินฟันม้าและซีเถ้าต่ำ

ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ผู้วิจัยได้นำเอาคำขวัญประจำจังหวัดอุดรดิตถ์มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบลวดลาย ประกอบด้วย ลายสัญลักษณ์จังหวัด ลายหลวงพ่อเพ็ชร ลายพระยาพิชัยดาบหัก และลายซุ้มประตูเมืองลับแล ตกแต่งบนภาชนะจานโขวด้วยวิธีการเขียนสีใต้เคลือบ และชุบเคลือบ นำไปเผาอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสมบูรณ์ เคลือบเป็นสีเขียวเป็นมันและรานตัวเล็กน้อยคล้ายผลิตภัณฑ์สังคโลกสุโขทัย สามารถผลิตเป็นของที่ระลึกจังหวัดอุดรดิตถ์ได้ ทั้งนี้การนำเอาคำขวัญประจำจังหวัดอุดรดิตถ์มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบลวดลายของที่ระลึก พบว่า ผลิตภัณฑ์มีลักษณะโดดเด่นและมีเอกลักษณ์เฉพาะสามารถดึงดูดใจผู้พบเห็นได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถแสดงออกถึงสัญลักษณ์ของจังหวัดได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับประเสริฐ ศีลรัตน (2531) และชยาภรณ์ ชื่นรุ่งโรจน์ (2537) ที่กล่าวถึงลักษณะสำคัญของที่ระลึกที่จะต้องเป็นสินค้าที่มีเอกลักษณ์ของท้องถิ่น เป็นสินค้าหายาก มีความดึงดูดใจจากการออกแบบ

ลดตาย ความประณีต สีสัน ความน่าสนใจ ความมีประโยชน์ใช้สอย ขนาด รูปร่าง และน้ำหนักที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการขนส่ง เป็นต้น

## 6. ข้อเสนอแนะ

- 6.1 ควรมีการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาด้านการตลาดต่อไป
- 6.2 ควรมีการศึกษาน้ำเคลือบซีเมนต์จากพืชหรือไม้ชนิดอื่น ๆ ที่มีในจังหวัดอุดรดิตถ์เพิ่มเติม
- 6.3 ควรนำสูตรเคลือบที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น เช่น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารและของตกแต่งบ้าน
- 6.4 ผู้ที่สนใจสามารถนำสูตรเคลือบที่ได้ไปใช้หรือพัฒนาสูตรน้ำเคลือบต่อไป

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาศิลปกรรม คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ที่สนับสนุนวัสดุ ครุภัณฑ์และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

## 8. เอกสารอ้างอิง

- ประสาน นันทะเสน. (2550, กันยายน-ธันวาคม). “การพัฒนาส่วนผสมเคลือบสีลาดจากซีเมนต์ เปลือกมะพร้าว.” วารสารเชรามิกส์. 11(26) : 70-75.
- ประเสริฐ ศีลรัตน์. (2531). **ของที่ระลึก**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2537). **รวมสูตรเคลือบเชรามิกส์**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สุขุมล เล็กสวัสดิ์. (2548). **เครื่องปั้นดินเผา : พื้นฐานการออกแบบและปฏิบัติงาน**. กรุงเทพฯ : แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. (2534). **น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- เสริมศักดิ์ นาคบัว. (2535). **เคลือบซีเมนต์**. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร

## 9. คุณค่าทางวิชาการ

- 9.1 ประโยชน์ต่อการศึกษาทางด้านเชรามิก โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งจากครัวเรือนมาใช้ให้เกิดประโยชน์และถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม
- 9.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่มีแนวทางการออกแบบจากคำขวัญของจังหวัด เพื่อแสดงออกถึงสัญลักษณ์ของจังหวัดผ่านผลิตภัณฑ์เชรามิกที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของจังหวัดอุดรดิตถ์

## การพัฒนาระบบการให้ความร้อนในตู้อบเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะขามคลุก

ธนภัทร มะณีแสง<sup>1\*</sup> นพดล อ่ำดี<sup>2</sup>

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์<sup>1\*</sup>

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง<sup>2</sup>

อีเมล : idul\_nazgul@hotmail.com<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 21 สิงหาคม 2562

วันแก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2562

วันตอบรับบทความ 26 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนเฉลี่ยและกระจายความร้อนภายในตู้อบลมร้อนขนาดเล็ก เพื่อเป็นการยืดอายุระยะเวลาเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และไม่ให้ความชื้นกลับมาอีก มะขามทุกฝักจึงจำเป็นต้องได้รับความร้อนเท่าๆ กัน ในการดำเนินงานวิจัยจะประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง เพื่อหาปัจจัยของการปรับเปลี่ยนมุมของแผ่นสเตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อน ที่ส่งผลต่อค่าความร้อนเฉลี่ย และการกระจายความร้อนภายในตู้อบลมร้อนขนาดเล็ก เพื่อหาการตั้งค่าที่ทำให้ตู้อบลมร้อนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผลการศึกษา พบว่า การตั้งค่าพารามิเตอร์ในตำแหน่งที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 14.21 องศาเซลเซียสภายใน 10 นาที และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ระหว่างช่วง 11.13-17.31 องศาเซลเซียส ส่วนค่าการกระจายความร้อนหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะอยู่ที่ 2.63 และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ระหว่างช่วง 1.81-3.45 แต่ถ้าหากพิจารณาการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนที่เร็วที่สุดเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์จากการตั้งค่าที่ดีที่สุด จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 15 องศาเซลเซียสภายใน 10 นาที และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ระหว่างช่วง 11.95-18.13 องศาเซลเซียส

**คำสำคัญ :** การออกแบบการทดลอง มะขามคลุก

## Development of the Oven Heating System for Extending the Storage Life of the Sugar Topped with Tamarind

Thanapat Maneesaeng<sup>1\*</sup>, Noppadol Amdee<sup>2</sup>

Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University<sup>1\*</sup>

Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University<sup>2</sup>

E-mail : idul\_nazgul@hotmail.com<sup>1\*</sup>

Receive 21 August 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

The purposes of this study were to design and find out the factors that affected the change in the average heat dissipation and heat inside a small hot air oven. In order to prolong a product's shelf life and prevent moisture absorption, all tamarind pods used in this study were heated up evenly. The design of experiment (DOE) method, in addition, was applied in this study to investigate the change of a stainless steel plate's angle in the heat direction control panel and to find out the factors that affect the average heating value and heat distribution inside a small hot air oven. These findings were used as the optimal settings of a hot air oven for the most effective performance. The results revealed that the parameter settings that provided the best result caused the increase in the temperature to the maximum value of 14.21 degrees Celsius in 10 minutes and the 95% confidence interval of the temperature was 11.13 - 17.31 degrees Celsius. The heat distribution value or standard deviation was 2.63 and the 95% confidence interval of temperature was 1.81 - 3.45 degrees Celsius. Considering the fastest increase in the heat only, the temperature would increase to a maximum level of 15 degrees Celsius in 10 minutes and the 95% confidence interval of temperature was 11.95 - 18.13 degrees Celsius.

**Keywords :** Design of Experiment, Sugar Topped with Tamarind

## 1. บทนำ

มะขามหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้แก่ผู้ปลูกอย่างมาก จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อปี 2558 ที่ผ่านมา พบว่ามีพื้นที่ปลูกมะขามหวานทั้งหมด 46,529 ไร่ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึง 38 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 1,262 ล้านบาท (สมพงษ์ สุขเขตต์. 2558) แต่ถึงมะขามจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคก็ยังมีปัญหาในเรื่องของแมลงและการเกิดเชื้อราในมะขาม มะขาม 1 กิโลกรัมอาจรับประทานได้เพียงไม่กี่ฝัก เพราะมีเชื้อราและแมลงอยู่ในเนื้อมะขามจึงต้องนำไปทิ้ง แต่ในปัจจุบันผู้ประกอบการได้พัฒนากระบวนการป้องกันเชื้อราและแมลงที่อาจเกิดขึ้นในมะขาม หนึ่งในนั้นคือวิธีการการอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในหมู่ผู้ประกอบการ การอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใน อุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ยา ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (ไชยณรงค์ จักรธรรณท์. 2557) ในอดีตได้มีการศึกษาในเรื่องของการกระจายความร้อนภายในอุปกรณ์และสถานสำหรับอบไล่ความชื้น ตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของมงคลเทพและคณะ (2559) ได้ศึกษาการกระจายความร้อนในตู้อบผ้า และทำการเปรียบเทียบกับแบบจำลองด้วยโปรแกรม Fluent 6.0 โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิในการติดตั้ง ณ ความสูงในตำแหน่งที่แตกต่างกัน พบว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงและอุณหภูมิจากแบบจำลองมีความแตกต่างกันเฉลี่ยร้อยละ 7.48 ในงานวิจัยของ สมจินต์ พวงเจริญชัย (2554) ได้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีวิจัยไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองการถ่ายโอนความร้อนภายในแผงท่อให้ความร้อน โดยวางรูระบายลักษณะวงกลม เหลื่อมกันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 มิลลิเมตร และกำหนดอุณหภูมิเข้าที่มีความแตกต่างกัน ผลจากการทดลองพบว่าที่ยังอุณหภูมิสูงเท่าไร การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอและมีลักษณะเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวอย่างรวดเร็วมากขึ้น ต่อมาซุลกิฟลีและคณะ (2555) ได้ศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความเร็วของกระแสความร้อนในแบบจำลองสามมิติ สามมิติของโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์กับชีวมวล โดยผู้วิจัยได้ใช้สมการทางพลศาสตร์ของไหล เพื่อจำลองการกระจายความร้อนและเปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดในโรงอบยางทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจำนวน 18 ตำแหน่ง ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิจากการแบบจำลองและการตรวจวัดมีความใกล้เคียงกัน จากงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ใช้วิธีการจำลองการกระจายความร้อนในคอมพิวเตอร์เพื่อเทียบกับการสุ่มตรวจวัดอุณหภูมิในบางจุดเท่านั้น ตัวแทนค่าความร้อนที่ได้จึงไม่ใช่ตัวแทนของค่าความร้อนเฉลี่ยทั่วทั้งตู้อบ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในจุดอบที่อุณหภูมิเข้าไม่ถึงในบางบริเวณจึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ยังคงมีความชื้นหลงเหลืออยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เชื้อแบคทีเรียหรือแมลงในเนื้อมะขามยังสามารถเจริญเติบโตได้

สถานประกอบการมะขามหวานน่องม้ายด์ ผู้ผลิตมะขามคลุกบ๊วยและมะขามคลุกน้ำตาลทั้งแบบที่นำเมล็ดออกและแบบไม่ได้นำเมล็ดออก สำหรับส่งจำหน่ายภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งในแต่ละต่อสัปดาห์ มียอดสั่งซื้อกว่า 3,000 กิโลกรัม แต่บ่อยครั้งที่มะขามที่ส่งต้องใช้เวลานานกว่า 1 เดือนกว่าจะถึงจุดหมายมะขามมักจะเกิดความชื้น ทำให้คุณภาพ สี และรสชาติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ซึ่งมักเกิดขึ้นกับมะขามคลุกน้ำตาลแบบไม่ได้นำเมล็ดออก ส่งผลให้ระยะเวลาการเก็บรักษาและเวลาขายสินค้าสั้นลง บางครั้งสินค้าถูกปฏิเสธและตีกลับสร้างความเสียหายให้แก่ผู้ประกอบการ สาเหตุของความชื้นมักเกิดจากมะขามฝักที่อยู่ในบริเวณที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอทำให้มีความชื้นหลงเหลืออยู่ และเป็นสาเหตุทำให้มะขามฝักอื่น ๆ ที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์เดียวกันเสียหายไปด้วย เพื่อเป็นการยืดอายุระยะเวลาเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ มะขามทุกฝักจึงจำเป็นต้องได้รับความร้อนเท่า ๆ กัน ดังนั้นความร้อนทั่วทั้งตู้อบควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากที่สุด

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความร้อนเฉลี่ยและกระจายความร้อนภายในตู้อบลมร้อนขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการอบแห้งมะขามหวาน โดยมุ่งเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์มะขามคลุกพันธุ์ศรีชมภูแบบไม่ได้นำเมล็ดออก ซึ่งเป็นที่นิยมมากในตลาดต่างประเทศ ในการดำเนินงานวิจัยจะประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) เพื่อหาปัจจัยของการปรับเปลี่ยนมุมของแผ่นสแตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อน ที่ส่งผลต่อค่าความร้อนเฉลี่ย และการกระจายความร้อนภายในตู้อบลมร้อนขนาดเล็ก เพื่อหาการตั้งค่าที่ทำให้ตู้อบลมร้อนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด



## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยและการตั้งค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ตู้อบลมร้อนขนาดเล็กทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

## 3. วิธีการวิจัย

การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการวางแผนการดำเนินการทดลองเพื่อวิเคราะห์และตีความผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง รวมถึงใช้ในการปรับรูปแบบของกระบวนการและการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด (Weissman, S.A. and Anderson, N.G. 2014) ถ้าหากพิจารณาจากจำนวนงานวิจัยได้พบว่า สายงานที่นำการออกแบบการทดลองไปประยุกต์ใช้มากที่สุดคือสายงานด้านอุตสาหกรรมยา รองลงมาคือสายงานด้านวิศวกรรม (Durakovic, B. 2017) การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลหมายถึงการออกแบบการทดลองรูปแบบหนึ่งเพื่อหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ ที่มีระดับ (Level) ที่แตกต่างกัน ซึ่งแผนการทดลองที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ  $2^k$  แฟกทอเรียล ( $2^k$  Factorial design) ซึ่งใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยทั้งหมดเพียง 2 ปัจจัยเท่านั้น (Montgomery, D.C.. 2001) ในงานวิจัยชิ้นนี้การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยและการตั้งค่าที่เหมาะสม ผู้วิจัยใช้ตู้อบลมร้อนขนาดเล็กที่ถูกออกแบบให้เตามีแหล่งกำเนิดความร้อนเพียงจุดเดียวจากขดลวดความร้อนขนาด 1,200 วัตต์ แต่สามารถกระจายความร้อนได้ทั่วทั้งเตา โดยอาศัยการควบคุมความร้อนอาศัยแรงลมจากพัดลมสแตนเลสแบบ 3 ใบพัด และแผงควบคุมทิศทางความร้อนที่สามารถให้ความร้อนสามารถไปในทิศทางที่ต้องการ



รูปที่ 1 ตู้อบลมร้อนต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ

ในกระบวนการทดลอง ผู้วิจัยใช้ตู้อบลมร้อนขนาดเล็กที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยใช้เทคนิคการนำพาความร้อนโดยใช้ขดลวดไฟฟ้าและพัดลมขนาดเล็ก ส่วนการควบคุมทิศทางความร้อนใช้การปรับมุมจากแผ่นสแตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อนที่มีแผ่น ควบคุมทิศทางความร้อน 5 แผ่น โดยแผ่นที่ 5 จะถูกกำหนดมุมไว้ที่  $90^\circ$  ส่วนอีก 4 แผ่นสามารถ สามารถปรับมุมได้ 6 มุม ประกอบด้วยมุม  $45^\circ$   $60^\circ$   $90^\circ$   $315^\circ$   $330^\circ$  และ  $270^\circ$  ดังนั้นจึงต้องใช้แผนการทดลอง  $3^k$  แฟกทอเรียล ( $2^k$  Factorial design) ส่วนการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและการกระจายความร้อนในตู้อบลมร้อน ผู้วิจัยใช้กล้องอินฟราเรด FLIR รุ่น T620 และใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 18 ในการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อค้นหาปัจจัยและการตั้งค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ตู้อบลมร้อนขนาดเล็กทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทดลอง 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 ในการทดลองกำหนดให้ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล  $3^k$  โดยใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 กำหนดให้มีปัจจัยที่พิจารณาทั้งหมด 4 ปัจจัยหรือ  $k = 4$  การกำหนดพารามิเตอร์ในแต่ละระดับใช้การเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อนตำแหน่งที่ 1 2 4 และ 5 ซึ่งแผ่นที่ 1 และ 2 จะกำหนดมีการปรับพารามิเตอร์จำนวน 3 ค่าประกอบด้วยมุม  $45^\circ$   $60^\circ$  และ  $90^\circ$  ส่วนแผ่นที่ 4 และ 5 ใช้การปรับพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าเช่นเดียวกัน แต่ใช้มุม  $315^\circ$   $330^\circ$  และ  $270^\circ$  ส่วนแผ่นที่ 3 จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ  $90^\circ$  เนื่องจากอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของแผงควบคุม ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นพบว่า แผ่นที่ 3 ไม่มีอิทธิพลในการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความร้อน ซึ่งพบว่าผู้วิจัยต้องทำการทดลองทั้งหมด 81 การทดลองดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยแบ่งระยะเวลาการตรวจวัดค่าทั้งหมด 3 ช่วงเวลาประกอบด้วย 5 10 และ 15 นาทีตามลำดับ

3.2 ในการทดลองผู้ปฏิบัติงานต้องวางมะขามศรีชมพูที่แกะเปลือกและรอกอกแล้วให้เต็มตะแกรงในแต่ละชั้น แต่ต้องไม่วางมะขามซ้อนกัน จากนั้นเปิดการทำงานของตู้อบลมร้อนและปล่อยอุณหภูมิไปเรื่อย ๆ และตรวจวัดทุก ๆ ความร้อนในทุก ๆ 5 นาที 3 ช่วงเวลาประกอบด้วย 5 10 และ 15 นาที ตามลำดับ ในการทดลองหาค่าความร้อนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และการกระจายความร้อนในตู้อบลมร้อน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน : Standard Deviation) ผู้วิจัยใช้กล้องอินฟราเรด FLIR รุ่น T620 แล้วทำการบันทึกผล ดังตารางที่ 2 ซึ่งค่าที่ได้รับจะเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละบริเวณ โดยมีเงื่อนไขว่าถ้าหากในบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันเกินกว่า 3 องศาเซลเซียสจะถือว่าเป็นบริเวณที่แตกต่างกัน และสุ่มตรวจวัดในแต่ละบริเวณจำนวน 5 จุด เพื่อนำมาหาค่าความร้อนเฉลี่ยทั่วทั้งตู้อบลมร้อนดังตัวอย่างในภาพที่ 2

**ตารางที่ 1** ตารางบันทึกพารามิเตอร์ของแผ่นสแตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อน

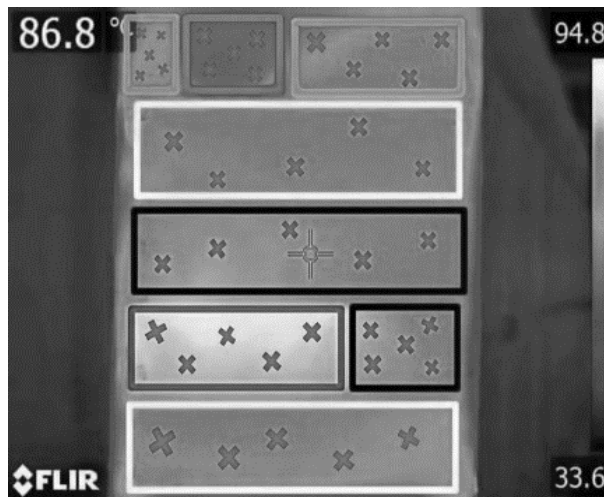
| $x_i / f_j$ | $f_1$    | $f_2$    | $f_3$    | $f_4$    | $f_5$    |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $x_1$       | $r_{11}$ | $r_{12}$ | $r_{13}$ | $r_{14}$ | $r_{15}$ |
| $x_2$       | $r_{21}$ | $r_{22}$ | $r_{23}$ | $r_{24}$ | $r_{25}$ |
| $x_3$       | $r_{31}$ | $r_{32}$ | $r_{33}$ | $r_{34}$ | $r_{35}$ |
| <hr/>       |          |          |          |          |          |
| $x_n$       | $r_{n1}$ | $r_{n2}$ | $r_{n3}$ | $r_{n4}$ | $r_{n5}$ |

กำหนดให้

$x_i$  คือ การทดลองที่  $i$  โดยกำหนดให้  $i = 1, 2, 3, \dots, 81$

$f_j$  คือ แผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนแผ่นที่  $j$  โดยกำหนดให้  $j = 1, 2, 3, \dots, 5$

$r_{ij}$  คือ ค่าพารามิเตอร์ของการคุมทิศทางความร้อนในการทดลองที่  $i$  ของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนที่  $j$



รูปที่ 2 ตัวอย่างการหาตรวจวัดค่าความร้อน จากกล้องกล้องอินฟราเรด FLIR รุ่น T620

3.3 เปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของแผ่นสแตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อนดังที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ดังตารางที่ 1 และตรวจวัดค่าความร้อนและการหาการกระจายความร้อนโดยใช้วิธีการในขั้นตอนที่ 2 เพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง ค่าความร้อนเฉลี่ยภายในตู้อบและรูปแบบการกระจายความร้อนในแต่ละการตั้งค่า จากนั้นบันทึกค่าความร้อนในแต่ละบริเวณลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างตารางบันทึกการตรวจวัดค่าความร้อนในแต่ละการทดลอง

| $A_i / R_j$         | ตำแหน่งในการสุ่มวัดอุณหภูมิแต่ละพื้นที่ |           |          |          |          |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                     | $R_1$                                   | $R_2$     | $R_3$    | $R_4$    | $R_5$    |
| $A_1$               | $t_{11}$                                | $t_{21}$  | $t_{31}$ | $t_{41}$ | $t_{51}$ |
| $A_2$               | $t_{21}$                                | $t_{22}$  | $t_{32}$ | $t_{42}$ | $t_{52}$ |
| $A_3$               | $t_{31}$                                | $t_{32}$  | $t_{33}$ | $t_{34}$ | $t_{35}$ |
| .....               |                                         |           |          |          |          |
| $A_n$               | $t_{n1}$                                | $t_{n2}$  | $t_{n3}$ | $t_{n4}$ | $t_{n5}$ |
| ความร้อนเฉลี่ย      |                                         | $\bar{X}$ |          |          |          |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                         | S.D.      |          |          |          |

กำหนดให้

$A_i$  คือ บริเวณในการตรวจอุณหภูมิภายในตู้อบที่  $i$  โดยกำหนดให้  $i = 1, 2, 3 \dots n$

$R_j$  คือ จุดสุ่มตรวจสอบอุณหภูมิจุดที่  $j$  โดยกำหนดให้  $j = 1, 2, 3 \dots 5$

$t_{ij}$  คือ อุณหภูมิความร้อนในบริเวณที่  $i$  ในจุดสุ่มตรวจสอบที่  $j$

3.4 นำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความร้อนทุกจุดภายในเตามาตรวจสอบว่ามีอุณหภูมิใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งหากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าทั่วทั้งตู้อบมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน และตรวจวัดค่าความร้อนเฉลี่ยของทั้ง 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย 5 10 และ 15 นาที เพื่อสังเกตความแตกต่างของค่าความร้อนเฉลี่ยในแต่ละการตั้งค่าและการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนระหว่างช่วงเวลา จากนั้นประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในการหาและการตั้งค่าพารามิเตอร์แบบใดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบลมร้อนมากที่สุด

#### 4. ผลการวิจัย

การหาค่าความร้อนเฉลี่ยภายในตู้อบ ผู้วิจัยต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อหาความร้อนเฉลี่ยทั่วทั้งตู้ โดยแต่ละชุดการตั้งค่าพารามิเตอร์จะได้ค่าความร้อนเฉลี่ยทั้งหมด 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย 5 10 และ 15 นาที ตามลำดับ ซึ่งได้ตัวอย่างผลลัพธ์ ดังตารางที่ 3 และในการหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อการกระจายความร้อนและอุณหภูมิ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อค้นหปัจจัยและพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่น 95 % หรือมีค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05

**ตารางที่ 3** ตัวอย่างผลลัพธ์การทดลองการเปรียบเทียบความร้อนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอุณหภูมิของตู้อบมะขามหวาน

| ลำดับการทดลอง | 5 นาที    |      | 10 นาที   |      | 15 นาที   |      |
|---------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|               | $\bar{X}$ | S.D. | $\bar{X}$ | S.D. | $\bar{X}$ | S.D. |
| 1             | 32.98     | 1.34 | 41.23     | 2.23 | 42.97     | 2.82 |
| 2             | 33.03     | 1.44 | 36.97     | 2.92 | 37.78     | 2.11 |
| 3             | 32.65     | 1.26 | 37.06     | 1.74 | 40.13     | 2.06 |
| -----         |           |      |           |      |           |      |
| 79            | 33.40     | 1.43 | 40.14     | 3.00 | 44.38     | 2.95 |
| 80            | 34.41     | 1.86 | 36.50     | 3.88 | 38.78     | 2.92 |
| 81            | 32.58     | 2.11 | 37.03     | 2.01 | 40.98     | 2.90 |

**ตารางที่ 4** ปัจจัยและพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนและการกระจายความร้อนของตู้อบ

| เวลา (นาที) | ผลลัพธ์           | อันดับ | การปฏิสัมพันธ์ (Interaction 1-3 way) |   |   | ปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุด (แผ่นที่) | P-Value |
|-------------|-------------------|--------|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|---------|
|             |                   |        | 1                                    | 2 | 3 |                                   |         |
| 5           | ค่าความร้อนเฉลี่ย | 1      | ✓                                    |   |   | 1                                 | 0.108   |
|             |                   | 2      |                                      |   | ✓ | 1 3 และ 4                         | 0.190   |
|             | การกระจายความร้อน | 1      |                                      | ✓ |   | 1 และ 3                           | 0.065   |
|             |                   | 2      |                                      | ✓ |   | 2 และ 3                           | 0.145   |
| 10          | ค่าความร้อนเฉลี่ย | 1      |                                      |   | ✓ | 1 3 และ 4                         | 0.059   |
|             |                   | 2      | ✓                                    |   |   | 3                                 | 0.071   |
|             | การกระจายความร้อน | 1      |                                      | ✓ |   | 2 และ 3                           | 0.148   |
|             |                   | 2      | ✓                                    |   |   | 3                                 | 0.191   |
| 15          | ค่าความร้อนเฉลี่ย | 1      | ✓                                    |   |   | 3                                 | 0.053   |
|             |                   | 2      |                                      |   | ✓ | 1 3 และ 4                         | 0.156   |
|             | การกระจายความร้อน | 1      |                                      | ✓ |   | 3 และ 4                           | 0.060   |
|             |                   | 2      |                                      |   | ✓ | 1 2 และ 3                         | 0.121   |

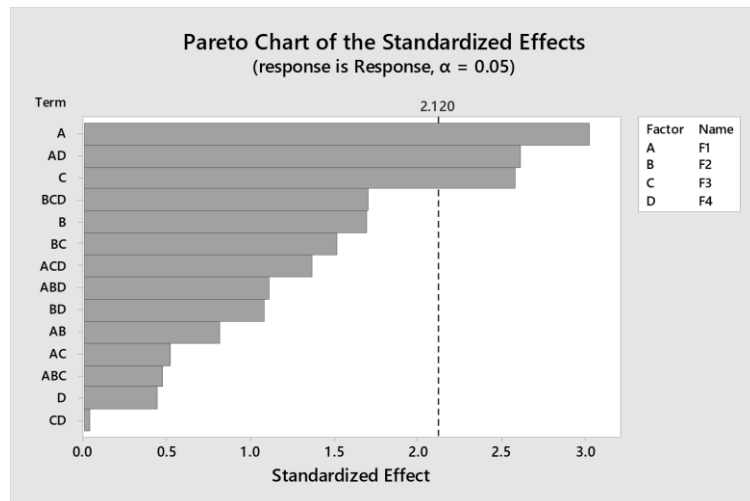
จากตารางที่ 4 สามารถวิเคราะห์ปัจจัยและการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนเฉลี่ยและการกระจายความร้อน ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยและการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในตู้อบทั้ง 3 ช่วงเวลา มีผลลัพธ์ ดังต่อไปนี้

เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาทีแรก ผู้วิจัยได้ตรวจวัดอุณหภูมิและวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าไม่มีปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมใดที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % แต่ตัวแปรที่มีแนวโน้มต่อ ผลการเปลี่ยนแปลงที่ดีคือการเปลี่ยนแปลงมุมในปัจจัยหลักที่ 1 ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.108 ส่วนปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีแนวโน้มต่อการเปลี่ยนแปลงที่ดีที่สุดในช่วงเวลา 5 นาทีคือการเปลี่ยนแปลงมุมในปัจจัยร่วมที่ 1 3 และ 4 ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.190 จากนั้นในนาที่ที่ 10 เมื่อตรวจวัดและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ยังไม่มีปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % แต่ได้พบว่าปัจจัยร่วมของการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่างแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อน แผ่นที่ 1 3 และ 4 มีความแตกต่างกันใกล้เคียงกับ ความเชื่อมั่นที่ 95% โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.059 รวมถึงปัจจัยหลักจากการเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนที่ 3 ก็ถือว่ามีความแตกต่างกันใกล้เคียงกับความเชื่อมั่นที่ 95% เช่นเดียวกัน หลังจาก นั้นในนาที่ที่ 15 ผู้วิจัยได้ตรวจวัดและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและพบว่าปัจจัยหลักจากการเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนที่ 3 มีความแตกต่างใกล้เคียงกับความเชื่อมั่นที่ 95% มากขึ้นกว่าการตรวจวัดในนาที่ที่ 5 และนาที่ที่ 10 นาที โดยมีค่า P - Value เท่ากับ 0.053 แต่ปัจจัยร่วมของการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่างแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อน แผ่นที่ 1 3 และ 4 มีการความแตกต่างน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การตรวจวัดในนาที่ที่ 10.

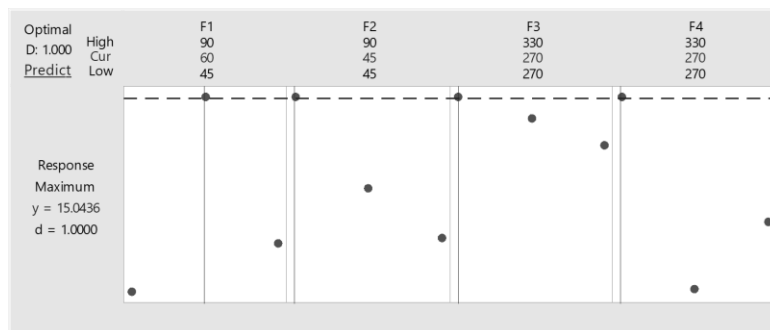
4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยและการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงต่อการกระจายความร้อนไปทั่วทั้งตู้อบ

หลังจากการตรวจวัดเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาทีแรกและวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของการกระจายความร้อนที่ความเชื่อมั่นที่ 95% แต่มีปัจจัยร่วม 2 ตัวแปร (2 Way Interaction) ที่มีแนวโน้มใกล้เคียงต่อความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของการกระจายความร้อนที่ความเชื่อมั่นที่ 95% 2 ตัวแปร คือ ปัจจัยร่วมระหว่าง แผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนที่ 1 และ 3 โดยที่มีค่า P-Value เท่ากับ 0.065 จากนั้นในนาที่ที่ 10 เมื่อตรวจวัดและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ายังไม่มีปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อ การกระจายความร้อนที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % เช่นเดียวกัน รวมถึงยังไม่พบว่าปัจจัยร่วมหรือปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่างแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนมีความแตกต่างกันใกล้เคียงกับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งค่า P-Value ที่ใกล้เคียงที่จะส่งผลกระทบต่อ การกระจายความร้อนที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % มากที่สุด คือ 0.148 ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ร่วมกันของการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่างแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนแผ่นที่ 2 และ 3 หลังจากนั้นในนาที่ที่ 15 ผู้วิจัยได้ตรวจวัดและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างการเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนแผ่นที่ 3 และ 4 มีผลต่อแตกต่างของการกระจายความร้อนใกล้เคียงกับความเชื่อมั่นที่ 95% มากที่สุด โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.060 แต่ยังไม่พบปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95%

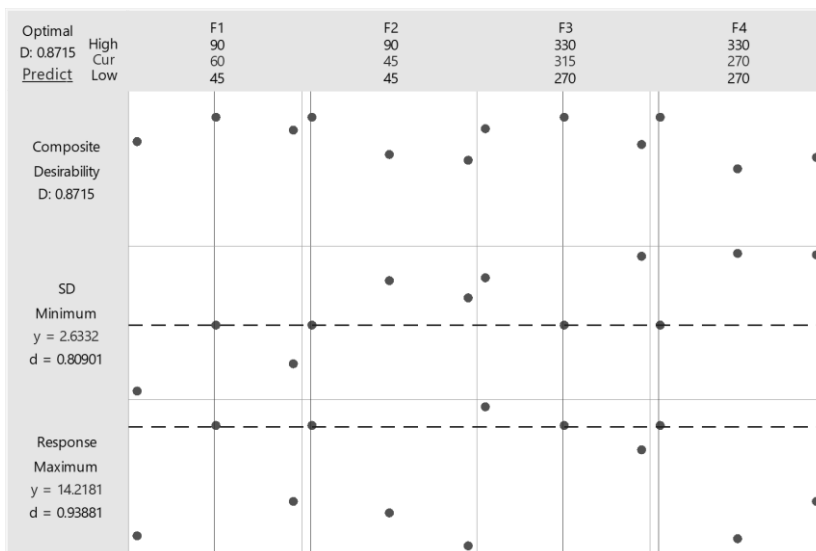


รูปที่ 3 การระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนเฉลี่ยด้วยแผนภาพพารेटโต

ภาพรวมของผลลัพธ์จากการการตรวจวัดและวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4 พบว่า ยังไม่มีปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนในตำแหน่งใดที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยและการกระจายความร้อนที่ความเชื่อมั่นที่ 95% แต่มีปัจจัยที่มีแนวโน้มดีที่สุดคือ ปัจจัยที่ 1 และปัจจัยที่ 3 ซึ่งถือว่าถ้าหากเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากปัจจัยทั้งหมดที่พิจารณาทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม สาเหตุสำคัญอาจเกิดจากช่วงเวลาการทดลอง ซึ่งเว้นระยะในแต่ละช่วงเวลาเพียง 5 นาทีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และเพื่อเป็นการทดสอบสมมุติฐานดังกล่าว ผู้วิจัยได้เพิ่มระยะเวลาเพื่อให้ค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้น จากเดิม 5 นาที เป็น 10 นาทีในแต่ละการตั้งค่า โดยนำค่าความร้อนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นระหว่างช่วง 5 และ 15 นาที มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 3 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยนำค่าแตกต่างของความร้อนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ 5 นาทีถึง 15 นาที พบว่า มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95 % ถึง 3 ปัจจัย ประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลักและ 1 ปัจจัยร่วม ซึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95% คือ การเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนแผ่นที่ 1 และ 3 โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.008 และ 0.020 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยที่ความเชื่อมั่นที่ 95% คือ การเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนแผ่นที่ 1 และ 4 โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.019



รูปที่ 4 รูปแบบการตั้งค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบนี้จะทำให้ค่าความร้อนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด



**รูปที่ 5** รูปแบบการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการหาจุดสมดุลระหว่างค่าความร้อนเฉลี่ยที่สูงที่สุดและการกระจายความร้อนในตู้อบที่ดีที่สุด

ถ้าหากต้องการให้ตู้อบมีค่าความร้อนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเร็วที่สุด ผู้ปฏิบัติงานต้องตั้งค่าแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนตำแหน่งที่ 1 - 4 ดังภาพที่ 4 โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบนี้จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 15 องศาเซลเซียสภายใน 10 นาที และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% (Confidence Interval) อยู่ระหว่างช่วง 11.95 - 18.13 องศาเซลเซียส แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากค่าความร้อนสูงแต่อยู่ ณ จุดใดจุดหนึ่งของตู้อบก็อาจส่งผลให้มะขามได้รับความร้อนไม่เท่ากันทุกฝัก ดังนั้นการตั้งค่าให้ตู้อบมีการกระจายให้ทั่วทั้งตู้อบมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันจึงเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อให้ตู้อบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนเฉลี่ยและการกระจายความร้อนควบคู่กัน

**ตารางที่ 5** ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการหาจุดสมดุลระหว่างค่าความร้อนเฉลี่ยที่สูงที่สุดและการกระจายความร้อนในตู้อบที่ดีที่สุด

| การปรับมุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางลม (องศา) |    |    |     |     |
|-----------------------------------------------|----|----|-----|-----|
| 1                                             | 2  | 3  | 4   | 5   |
| 60                                            | 45 | 90 | 315 | 270 |

จากตารางที่ 5 การหาการตั้งค่าที่ส่งผลต่อค่าความร้อนเฉลี่ยที่สูงที่สุด และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด โดยผู้ปฏิบัติงานต้องตั้งค่า มุมของแผ่นสแตนเลสควบคุมทิศทางความร้อนดังตารางที่ 5 โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบนี้จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 14.21 องศาเซลเซียสภายใน 10 นาที และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% (Confidence Interval) อยู่ระหว่างช่วง 11.13-17.31 องศาเซลเซียส ส่วนค่าการกระจายความร้อนหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะอยู่ที่ 2.63 และมีช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ระหว่างช่วง 1.81-3.45



## 5. อภิปรายผลและสรุปผล

ในออกแบบและหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนและกระจายความร้อนภายในตู้อบลมร้อนขนาดเล็กเพื่อยืดอายุระยะเวลาเก็บรักษามะขามคลุกน้ำตาล ผู้วิจัยใช้การเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสเตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อน 4 แผ่น เพื่อหาการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบที่ดีที่สุดจากการทดลองพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยและการกระจายความร้อนมากที่สุด คือ การเปลี่ยนแปลงมุมของแผ่นสเตนเลสในแผงควบคุมทิศทางความร้อนแผ่นที่ 1 และแผ่นที่ 3 เนื่องจากสามารถเปลี่ยนทิศทางลมร้อนให้การกระจายความร้อนไปทั่วตู้อบ แทนที่ความร้อนจะพุ่งไปด้านหน้าเพียงทิศทางเดียว การกำหนดให้มุมอยู่ที่  $60^\circ$  และ  $270^\circ$  อาจทำให้อุณหภูมิค่อย ๆ กระจายไปทั่วเตา แต่ถ้าหากปรับมุมไปที่  $90^\circ$  และ  $330^\circ$  แรงลมจะนำความร้อนไปเกาะกลุ่มอยู่ด้านล่างและบน ส่งผลให้ตู้อบมีการสะสมความร้อนในบางจุดไม่กระจายทั่วตู้ ทำให้ความร้อนเฉลี่ยภายในเตาไม่สูงนัก เนื่องจากยังมีพื้นที่ที่ยังมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาก ระยะเวลาที่ถือว่าเป็นตัวแปรสำคัญที่มีส่วนต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งถ้าใช้ระยะเวลาสั้นเกินไป การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอาจไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนนัก การทดลองควรเว้นระยะการตรวจวัดในแต่ละช่วงเวลาให้มากกว่า 15 นาที หรือปล่อยให้ความร้อนไปถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบมะขาม (ประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยและการกระจายความร้อนได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

## 6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ระยะเวลาการปล่อยให้ความร้อนเพิ่มสูงขึ้นควรใช้เวลามากกว่า 15 นาทีเพื่อให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากในช่วง 5 นาที ความร้อนอาจจะสูงขึ้นช้าเกินกว่าที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

6.2 เนื่องจากการทดลองเป็นการกระจายไม่หมาะสมทับซ้อนกัน แต่การทำงานจริงผู้ประกอบการใช้วิธีการอบโดยไม่สนใจว่ามะขามจะทับกันหรือไม่ ทำให้มะขามที่ไม่ถูกความร้อนอาจจะได้รับความร้อนไม่เพียงพอ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งหน้าควรทดลองการอบสภาพจริงเพื่อชี้ข้อเสียของกระบวนการอบแบบเดิม หรือหาเครื่องมือที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการอบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6.3 ในการทดลองอาจมีบางตัวแปรที่ไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ที่พิจารณา ผู้ทำงานทดลองควรใช้วิธีคัดเลือกปัจจัยเบื้องต้นก่อน เพื่อลดจำนวนครั้งและระยะเวลาการทดลอง รวมการลดการสิ้นเปลือง-ของพลังงานและวัตถุดิบ

6.4 ในงานวิจัยชิ้นนี้ไม่มีการนำแรงลมมาเป็นตัวแปรหลักในการพิจารณา ถ้าหากสามารถควบคุมระดับความแรงของลมได้ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนเฉลี่ยและการกระจายความร้อนได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ ญัฐดนัย นันกแน่นและผดุงศักดิ์ รัตนเดโช. (2557). “การศึกษาการสร้างลมหมุนควงส่วนโดยใช้วิธีอิเล็กทรอนิกส์ไฮโดรไดนามิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งแบบใช้ลมร้อน.” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 22 (6) ฉบับพิเศษ : 905 - 913.

ชลทิพย์ กาชอ พิระพงศ์ ทิฆมสกุลและธวัชชัย เทพนวล. (2555). “การกระจายอุณหภูมิภายในโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลในสภาวะที่ไม่มีแผ่นยาง.” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 15(3) ฉบับพิเศษ : 277 - 286.

มงคลเทพ จันทร์กลัด ธนาคน สุนทรชัยนาคแสงและสนธิยา เพชรล้ำ. (2549). “การศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบผาเชิงพาณิชย์.” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20. วันที่ 18-20 ตุลาคม 2549 จังหวัดนครราชสีมา



- สมจินต์ พ่วงเจริญชัย. (2554, กันยายน). “การจำลองการถ่ายโอนความร้อนภายในแผงท่อให้ความร้อน โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ Simulation of Heat Transfer in Heating Tub.” **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร**. 5(2) : 12-19.
- สมพงษ์ สุขเขตต์. (2558). **วิจัยและพัฒนาอะไหล่**. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.
- Durakovic, B. (2017, January - June). “Design of Experiments Application, Concepts, Examples : State of the Art.” **Periodicals of Engineering and Natural Sciences**. 5(3) : 421-439.
- Montgomery,D.C.. (2001). **Design and Analysis of Experiments Fifth Edition**. New York : John Wiley& Sons.
- Weissman, S.A. and Anderson, N.G.. (2014, November). “Design of experiments (DoE) and process optimization : a review of recent publications.” **Organic Process Research and Development**. 19 (11) : 1605-1633.

## การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์ อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

มณฑล วชิรโกเมน<sup>1\*</sup> มารุตศ วชิรโกเมน<sup>2</sup>

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม<sup>1,2</sup>

อีเมล : monthol.v@gmail.com<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 10 สิงหาคม 2562

วันแก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 26 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

การจัดการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศกับคนปกติและผู้พิการ เพื่อให้เกิดความเสมอภาคด้านสิทธิมนุษยชน เพื่อการดำรงชีพในสังคมได้อย่างมีความสุข โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ ด้านการศึกษาจะต้องจัดการเรียนการสอน ให้มีหลักสูตรเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ให้กับ นักเรียนและนักศึกษาที่พิการทางหู ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ จึงมีความมุ่งหมาย 1) เพื่อการพัฒนาสื่อ มัลติมีเดีย ภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ให้มีประสิทธิภาพ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดมุกดาหาร จังหวัด อุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดสุรินทร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ จำนวน 60 คน ผลการศึกษา ค้นคว้าปรากฏดังนี้ 1) ได้สื่อมัลติมีเดีย ภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับ นักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน 2) ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดีย ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ พัฒนาขึ้น โดยรวมและรายด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียที่ผู้ ศึกษาได้พัฒนาขึ้นโดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก

**คำสำคัญ :** สื่อมัลติมีเดีย ภาษาไทย



## Development of Thai Sign Language Media of Internal Computer Components' Terminology for Hearing Impaired Students in the Northeastern Region

Monthol Vachirakomen<sup>1\*</sup>, Marudis Vachirakomen<sup>2</sup>

Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University<sup>1\*2</sup>

E - mail : monthol.v@gmail.com<sup>1\*</sup>

Received 10 August 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

Education management in knowledge of information technology can increase the equality of human rights in normal and disabled people for living in the community happily. As a result, educational institutes have to offer the learning and teaching courses about information technology and computer for both normal and hearing impaired students. Therefore, the objectives of this research were 1) to develop the Thai sign language media of internal computer components' terminology for hearing impaired students in the Northeastern Region and 2) to survey the satisfaction of the students with the developed Thai sign language media. The sample was 60 hearing impaired students of grade 8 from schools for the deaf in Roi Et, Mukdahan, Udonthani, Khonkaen, Chaiyaphum, and Surin. The results found that 1) Obtained Thai sign language media of internal computer components' terminology for hearing impaired students. 2) Experts scored the overall and each aspect of this multimedia at a high level. 3) Students satisfied with this multimedia at a high level.

**Keywords :** Multimedia, Thai Sign Media,

## 1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology หรือ ICT) มีบทบาทสำคัญต่อสังคมมนุษย์ที่มีการขับเคลื่อนและการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และไร้ขอบเขตจึงถือได้ว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการที่สังคมจะพัฒนาและเจริญเติบโตอย่างสร้างสรรค์ โดยสังคมจะต้องให้ความสำคัญตระหนักว่าทุกคนในสังคมรวมทั้งคนพิการสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จาก ICT ได้อย่างเท่าเทียมกันและทั่วถึง ซึ่งแนวคิดนี้ตรงกับวัตถุประสงค์ของศูนย์พัฒนาและฝึกอบรมคนพิการแห่งเอเชียและแปซิฟิกที่จะส่งเสริมศักยภาพและสร้างสังคม ที่ปราศจากอุปสรรคสำหรับคนพิการทุกประเภทในทุก ๆ ด้านรวมทั้งทางด้าน ICT ตามร่างกรอบการปฏิบัติงานแห่งสหประชาชาติที่เลขาธิการสหประชาชาติได้ประกาศจากอุปสรรค และเคารพสิทธิพื้นฐานของคนพิการแห่งภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก 2546-2555 ได้ให้ความสำคัญต่อการเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารรวมทั้งเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการโดยเฉพาะการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและการสื่อสารว่าเป็นสิทธิมนุษยชนขั้นพื้นฐานสำหรับสมาชิกทุกคนในสังคม ซึ่งในสังคมนั้นต้องไม่มีสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อคนพิการในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและการสื่อสารซึ่งในปัจจุบัน ประเทศกำลังพัฒนาได้ตอบรับแนวคิดนี้โดยการสนับสนุนและให้ความสำคัญแก่การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นอย่างมาก เพราะเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ที่มีความพิการได้เข้าถึงข้อมูลข่าวสารในสังคมมากขึ้นซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อคนพิการในการเรียนรู้และสื่อสารกับผู้อื่น ๆ ในยุคโลกไร้พรมแดนนี้

การจัดการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ กับคนปกติและรวมถึงผู้พิการเพื่อให้เกิดความเสมอภาคด้านสิทธิมนุษยชน เพื่อการดำรงชีพได้ในสังคมได้อย่างมีความสุข โดยให้หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการศึกษาจะต้องจัดการเรียนการสอน ให้มีหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ให้กับนักเรียน และนักศึกษาทุกระดับซึ่งเป็นหน้าที่ของกระทรวงศึกษาธิการในส่วนของการศึกษาขั้นพื้นฐานจะอยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาขั้นพื้นฐาน

โรงเรียนโสตศึกษา เป็นหน่วยงานหนึ่งของสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาขั้นพื้นฐาน ซึ่งต้องนำหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมาจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนที่มีความพิการทางการได้ยินโดยใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานเช่นเดียวกับนักเรียนที่มีร่างกายปกติ ซึ่งนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3 จะต้องเรียนสาระที่ 4 : เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (คลอรีน คุณวรภัทร์, 2552) จะเริ่มเรียนบทเรียนที่เกี่ยวข้องชุดคำศัพท์เทคโนโลยีและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จากการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดขอนแก่น จะใช้ภาษามือร่วมกับเอกสารประกอบการสอน เป็นสื่อให้กับผู้เรียนซึ่งมีปัญหาอย่างมากโดยเฉพาะนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เริ่มเรียนสาระที่ 4 : เทคโนโลยีสารสนเทศ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจ เนื้อหาด้านเทคโนโลยีและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (สิริพร ระวังกุล, 2552)

ดังนั้นผู้ศึกษาค้นคว้าจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการส่งเสริมให้คนพิการทางหู สามารถสื่อความหมายเกี่ยวกับสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อให้ทัดเทียมกับคนปกติ โดยการสร้างสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน นักศึกษาและครูอาจารย์ผู้สอนด้านการศึกษาพิเศษและผู้สนใจต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ให้มีประสิทธิภาพ

2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทยที่พัฒนาขึ้น

### 3. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนโรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดสุรินทร์ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดมุกดาหาร นี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนโสตศึกษาในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 6 แห่งรวมทั้งสิ้น จำนวน 76 คน โดยทุกโรงเรียนนำหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ มาจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนเหมือนกันทุกโรงเรียน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้จากการสุ่มโรงเรียน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นประชากร จากโรงเรียนที่มีนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยเลือกสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

| โรงเรียน                           | จำนวนนักเรียน |
|------------------------------------|---------------|
| 1. โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดขอนแก่น  | 10            |
| 2. โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดสุรินทร์ | 10            |
| 3. โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด | 10            |
| 4. โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดมุกดาหาร | 10            |
| 5. โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดอุดรธานี | 10            |
| 6. โรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดชัยภูมิ  | 10            |
| รวม                                | 60            |

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### 3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชนิด ดังนี้

สื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นคือ สื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์โดยรูปแบบของสื่อมัลติมีเดียมีลักษณะดังนี้ นำเสนอโดยใช้เทคนิค การใช้ภาษามือและรูปภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ชมกับสื่อมัลติมีเดีย

##### 3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยจะสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก จำนวน 2 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญจะทำการทดลองใช้สื่อมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดีย ตามเกณฑ์หรือมาตรฐานการประเมินประสิทธิภาพ ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เชิงคุณภาพ 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ดังนี้

|           |         |   |
|-----------|---------|---|
| มากที่สุด | ให้เป็น | 5 |
| มาก       | ให้เป็น | 4 |
| ปานกลาง   | ให้เป็น | 3 |

|            |         |   |
|------------|---------|---|
| น้อย       | ให้เป็น | 2 |
| น้อยที่สุด | ให้เป็น | 1 |

และนำข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแนวคิดของ บุญชม ศรีสะอาด (2543 : 163) ดังนี้

| ค่าเฉลี่ย   | ความหมาย                                        |
|-------------|-------------------------------------------------|
| 1.00 - 1.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีประสิทธิภาพควรปรับปรุง |
| 1.51 - 2.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีประสิทธิภาพพอใช้       |
| 2.51 - 3.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีประสิทธิภาพปานกลาง     |
| 3.51 - 4.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีประสิทธิภาพดี          |
| 4.51 - 5.00 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีประสิทธิภาพดีมาก       |

2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยจะทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย จากชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 76 คน โดยทำการทดลองใช้สื่อมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดีย ตามเกณฑ์หรือมาตรฐานการประเมินประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า เชิงคุณภาพ 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ดังนี้

|            |         |   |
|------------|---------|---|
| มากที่สุด  | ให้เป็น | 5 |
| มาก        | ให้เป็น | 4 |
| ปานกลาง    | ให้เป็น | 3 |
| น้อย       | ให้เป็น | 2 |
| น้อยที่สุด | ให้เป็น | 1 |

และนำมาข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแนวความคิดของบุญชม ศรีสะอาด (2543 : 163) ดังนี้

| ค่าเฉลี่ย           | ความหมาย                                |
|---------------------|-----------------------------------------|
| 1.00 - 1.50 หมายถึง | สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจควรปรับปรุง |
| 1.51 - 2.50 หมายถึง | สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจพอใช้       |
| 2.51 - 3.50 หมายถึง | สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจปานกลาง     |
| 3.51 - 4.50 หมายถึง | สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจดี          |
| 4.51 - 5.00 หมายถึง | สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจดีมาก       |

### 3.3 วิธีการสร้างเครื่องมือและพัฒนาเครื่องมือในการวิจัย

3.3.1 วิธีการสร้างเครื่องมือสื่อมัลติมีเดีย สื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาและรวบรวมภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์
- 2) เลือกและรวบรวมวิดีโอทัศน์ ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์
- 3) ศึกษาเอกสารตำราเกี่ยวกับการพัฒนามัลติมีเดีย
- 4) กำหนดขอบข่ายเนื้อหาที่กำหนดจุดประสงค์และให้ที่ปรึกษาด้านการวิจัยตรวจสอบความ

ถูกต้อง

5) ออกแบบการนำเสนอเนื้อหา โดยจัดทำโครงสร้างเนื้อหาที่จะนำเสนอตามลำดับเขียนผังการสร้าง (Flowchart) และนำไปเขียนบัตรเรื่อง (Storyboard) ตามเนื้อหาและแผนผังที่สร้างไว้

6) นำบัตรเรื่อง (Storyboard) ออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก ตามความเหมาะสมและถูกต้องตามวิธีการออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

7) สร้างสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์

### 3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดีย สื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยจะสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก จำนวน 2 ท่าน มาตรฐาน 5 ระดับ

(1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อ

(2) ศึกษาความรู้ทางด้านภาษามือ มัลติมีเดีย ขั้นตอนการพัฒนาภาษามัลติมีเดีย ขั้นตอนการออกแบบมัลติมีเดีย หลักการในการออกแบบงานนำเสนอผ่านจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ หลักการออกแบบการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ องค์ประกอบพื้นฐานของภาพ การเลือกสีมาใช้งาน การจัดองค์ประกอบภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(3) สร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดีย สื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ มาตรฐาน 5 ระดับ

ค่าเฉลี่ย

ความหมาย

|             |                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------|
| 1.00 – 1.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจควรปรับปรุง |
| 1.51 – 2.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจพอใช้       |
| 2.51 – 3.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจปานกลาง     |
| 3.51 – 4.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจดี          |
| 4.51 – 5.00 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจดีมาก       |

2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ โดยผู้วิจัยจะสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง 60 คน มาตรฐาน 5 ระดับ

(1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

(2) ศึกษาความรู้ทางด้านภาษามือ มัลติมีเดีย ขั้นตอนการพัฒนาภาษามัลติมีเดีย ขั้นตอนการออกแบบมัลติมีเดีย หลักการในการออกแบบงานนำเสนอผ่านจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ หลักการออกแบบการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ องค์ประกอบพื้นฐานของภาพ การเลือกสีมาใช้งาน การจัดองค์ประกอบภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(3) สร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดีย สื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ มาตรฐาน 5 ระดับ

ค่าเฉลี่ย

ความหมาย

|             |                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------|
| 1.00 – 1.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจควรปรับปรุง |
| 1.51 – 2.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจพอใช้       |
| 2.51 – 3.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจปานกลาง     |
| 3.51 – 4.50 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจดี          |
| 4.51 – 5.00 | หมายถึง สื่อมัลติมีเดียมีความพึงพอใจดีมาก       |



### 3.3.3 การพัฒนาเครื่องมือผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือตามขั้นตอนดังนี้

#### 1) การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย

(1) นำสื่อมัลติมีเดีย มอบให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านประเมินโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพผลการประเมินต้องอยู่ในระดับค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3 หากได้เฉลี่ยน้อยกว่า 3 ให้นำไปปรับปรุงจนกว่ามีค่ากว่าจะได้ระดับที่เหมาะสม

(2) นำสื่อมัลติมีเดียที่ได้หลังจากผ่านการประเมินประสิทธิภาพ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมซึ่งปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกลุ่มย่อยกับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 โรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ดจำนวน 3 คน

(3) นำสื่อมัลติมีเดีย ที่ปรับปรุงแล้วไปเขียนลงในแผ่นซีดีรอม แล้วนำไปทดลองใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานแตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

#### 2) การพัฒนาแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

(1) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระตรวจสอบความถูกต้อง แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ ตามคำแนะนำ

(2) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดีย ภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาด้านการนำเสนอ และด้านการออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก ตรวจสอบความสอดคล้องและความถูกต้อง

### 3.4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นสถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.4.1 ค่าเฉลี่ย ( Mean) หาได้จากสูตร

$$(\bar{X}) = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

|       |               |     |                       |
|-------|---------------|-----|-----------------------|
| เมื่อ | ( $\bar{X}$ ) | แทน | ค่าเฉลี่ย             |
|       | $\sum X$      | แทน | ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล |
|       | N             | แทน | จำนวนข้อมูลทั้งหมด    |

#### 3.4.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) หาได้จากสูตร

$$S.D. = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} \quad (2)$$

|            |      |                                |                      |
|------------|------|--------------------------------|----------------------|
| เมื่อ      | S.D. | แทน                            | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| $\sum X$   | แทน  | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด           |                      |
| $\sum X^2$ | แทน  | ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง |                      |
| N          | แทน  | จำนวนคนทั้งหมด                 |                      |

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

**ตารางที่ 1** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดคำศัพท์คอมพิวเตอร์

| รายการ                             | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น |
|------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. ด้านเนื้อหา                     | 4.33      | .19  | มาก              |
| 2. ด้านคุณลักษณะของสื่อมัลติมีเดีย | 4.13      | .51  | มาก              |
| รวม                                | 4.23      | .35  | มาก              |

จากตารางที่ 1 พบว่า ความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ โดยรวมและรายด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ด้านเนื้อหา ( $\bar{X} = 4.33$ ) และด้านสื่อมัลติมีเดีย ( $\bar{X} = 4.13$ )

**ตารางที่ 2** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านเนื้อหา

| รายการ                                              | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น |
|-----------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. เนื้อหาความเหมาะสมกับหลักสูตร                    | 4.33      | .57  | มาก              |
| 2. เนื้อหามีความสอดคล้องและครอบคลุมกับวัตถุประสงค์  | 4.33      | .57  | มาก              |
| 3. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะกับระดับชั้น            | 4.33      | .57  | มาก              |
| 4. เนื้อหามีความถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักวิชา           | 4.66      | .57  | มากที่สุด        |
| 5. การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสม                      | 4.33      | .57  | มาก              |
| 6. อธิบายเนื้อหามีความเหมาะสม                       | 4.00      | .00  | มาก              |
| 7. สื่อที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาผู้เรียน        | 4.66      | .57  | มากที่สุด        |
| 8. เนื้อหาสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน | 4.33      | .57  | มาก              |
| รวม                                                 | 4.33      | .19  | มาก              |

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านเนื้อหา โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.33$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด คือ เนื้อหาที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักวิชา ( $\bar{X} = 4.66$ ) สื่อที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาผู้เรียน ( $\bar{X} = 4.66$ )

**ตารางที่ 3** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์ อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านคุณลักษณะของสื่อมัลติมีเดีย

| รายการ                                                                             | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความคิดเห็น |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. องค์ประกอบด้านมัลติมีเดีย                                                       |           |      |                  |
| 1.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสมตรงกับทฤษฎีและจิตวิทยาการเรียนรู้                        | 4.00      | 1.00 | มาก              |
| 1.2 ลักษณะ ขนาด สีของตัวอักษร ชัดเจน สวยงามอ่านง่าย และเหมาะสมกับระดับชั้นที่เรียน | 4.00      | .00  | มาก              |
| 1.3 ความเหมาะสมของสีพื้นกับเนื้อหาที่น่าสนใจ                                       | 4.33      | .57  | มาก              |
| 1.4 ภาพ/ภาพเคลื่อนไหว/วิดีโอที่ใช้เหมาะสมกับเนื้อหาและสื่อการเรียนรู้ได้ดี         | 4.00      | 1.00 | มาก              |
| 1.5 สีพื้น ปุ่มควบคุมการปรากฏตัวของข้อความ/ภาพนิ่ง/ภาพเคลื่อนไหวมีความคงเส้นคงวา   | 3.66      | .57  | มาก              |
| รวม                                                                                | 4.00      | .52  | มาก              |
| 2. ด้านการใช้ภาษา                                                                  |           |      |                  |
| 2.1 ข้อความที่น่าสนใจใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับผู้เรียน        | 4.33      | .57  | มาก              |
| 2.2 ข้อความมีความสมบูรณ์เหมาะสม                                                    | 4.33      | .57  | มาก              |
| รวม                                                                                | 4.33      | .57  | มาก              |
| 3. การออกแบบปฏิสัมพันธ์                                                            |           |      |                  |
| 3.1 สื่อมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนอย่างเหมาะสม                                       | 4.33      | .57  | มาก              |
| 3.2 ให้ผลป้อนกลับ เสริมแรง และให้ความช่วยเหลือเหมาะสม                              | 4.00      | .00  | มาก              |
| 3.3 สนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล                                                 | 3.33      | .57  | ปานกลาง          |
| 3.4 บทเรียนมีเมนู/ปุ่มให้ผู้เรียนควบคุมบทเรียนได้สะดวก                             | 4.33      | .57  | มาก              |
| 3.5 การใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนสะดวกต่อการใช้งาน                                       | 4.33      | .57  | มาก              |
| รวม                                                                                | 4.06      | .46  | มาก              |
| รวม                                                                                | 4.13      | .51  | มาก              |

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านคุณลักษณะของสื่อมัลติมีเดีย โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ด้านองค์ประกอบด้านมัลติมีเดีย พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความเหมาะสมของสีพื้นกับเนื้อหาที่น่าสนใจ ( $\bar{X} = 4.33$ ) ส่วนด้านการใช้ภาษา พบว่า ทุกข้อมีความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.33$ ) และด้านการออกแบบปฏิสัมพันธ์ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ สื่อมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนอย่างเหมาะสม ( $\bar{X} = 4.33$ ) บทเรียนมีเมนู/ปุ่มให้ผู้เรียนควบคุมบทเรียนได้สะดวก ( $\bar{X} = 4.33$ ) และการใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนสะดวกต่อการใช้งาน ( $\bar{X} = 4.33$ )

4.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนมัธยมศึกษา ปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์

**ตารางที่ 4** ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์

| รายการ                             | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. ด้านเนื้อหา                     | 4.17      | .38  | มาก              |
| 2. ด้านคุณลักษณะของสื่อมัลติมีเดีย | 4.08      | .49  | มาก              |
| โดยรวม                             | 4.13      | .44  | มาก              |

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ด้านเนื้อหา ( $\bar{X} = 4.17$ ) และด้านสื่อมัลติมีเดีย ( $\bar{X} = 4.08$ )

**ตารางที่ 5** ความพึงพอใจของนักเรียนต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านเนื้อหา

| รายการ                                                                                                                     | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. เนื้อหาเข้าใจง่าย                                                                                                       | 4.34      | .79  | มาก              |
| 2. ภาพการแปลภาษามือไทยชัดเจน                                                                                               | 4.19      | .80  | มาก              |
| 3. การแปลภาษามือไทยมีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา                                                                         | 4.03      | .95  | มาก              |
| 4. ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ                                                                                           | 3.88      | 1.03 | มาก              |
| 5. หลังจากศึกษาจากสื่อแล้วผู้ใช้สื่อรู้จักชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์                                        | 4.50      | .50  | มาก              |
| 6. สื่อมัลติมีเดียเรื่องชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้ใช้สื่อมีความรู้สึกที่ดีและสนุกสนานกับการเรียนรู้ | 3.96      | .82  | มาก              |
| 7. โดยภาพรวมผู้ใช้สื่อเห็นว่าสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์มีคุณค่า                      | 4.26      | .87  | มาก              |
| รวม                                                                                                                        | 4.17      | .38  | มาก              |

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านเนื้อหา โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ทุกข้ออยู่ในระดับมาก โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและรองลงมา 3 อันดับ คือ หลังจากศึกษาจากสื่อแล้วผู้ใช้สื่อรู้จักชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ( $\bar{X} = 4.50$ ) เนื้อหาเข้าใจง่าย ( $\bar{X} = 4.50$ ) และโดยภาพรวมผู้ใช้สื่อเห็นว่าสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์มีคุณค่า ( $\bar{X} = 4.50$ )

**ตารางที่ 6** ความพึงพอใจของนักเรียนต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ด้านคุณลักษณะของสื่อมัลติมีเดีย

| รายการ                           | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|----------------------------------|-----------|------|------------------|
| 1. ข้อความอ่านง่าย               | 4.07      | .97  | มาก              |
| 2. ขนาดตัวอักษรเหมาะสม           | 3.92      | .74  | มาก              |
| 3. ความหนาแน่นของตัวอักษรเหมาะสม | 3.88      | 1.10 | มาก              |
| 4. สีของพื้นหลังเหมาะสม          | 4.00      | .89  | มาก              |
| 5. สีของตัวอักษรเหมาะสม          | 4.11      | .95  | มาก              |
| 6. ภาพชัดเจน                     | 4.19      | .98  | มาก              |
| 7. ภาพดูง่าย                     | 4.19      | .93  | มาก              |
| 8. ภาพน่าสนใจ                    | 4.07      | .89  | มาก              |
| 9. ภาพมีขนาดพอเหมาะกับหน้าจอ     | 4.26      | .77  | มาก              |
| รวม                              | 4.08      | .49  | มาก              |

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ด้านคุณลักษณะของสื่อมัลติมีเดีย โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ทุกข้ออยู่ในระดับมาก โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดและรองลงมา 3 อันดับ คือ ภาพมีขนาดพอเหมาะกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.26$ ) ภาพชัดเจน ( $\bar{X} = 4.19$ ) ภาพดูง่าย ( $\bar{X} = 4.19$ ) และสีของตัวอักษรเหมาะสม ( $\bar{X} = 4.50$ )

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือกับกลุ่มตัวอย่าง

**ตารางที่ 7** ร้อยละค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้านเนื้อหา

| ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษามือไทย<br>ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา | ร้อยละของระดับความพึงพอใจ<br>(n = 53) |      |         |      |            | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความพึงพอใจ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------|---------|------|------------|-----------|------|------------------|
|                                                                                                       | มากที่สุด                             | มาก  | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |           |      |                  |
| 1.เนื้อหาเข้าใจง่าย                                                                                   | 49.1                                  | 34.0 | 17.0    |      |            | 4.32      | .75  | มาก              |
| 2.ภาพการแปลภาษามือไทยชัดเจน                                                                           | 17.0                                  | 62.3 | 17.0    | 3.8  |            | 3.92      | .70  | มาก              |
| 3.การแปลภาษามือไทย มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา                                                    | 26.4                                  | 56.6 | 17.0    |      |            | 4.09      | .65  | มาก              |
| 4.ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ                                                                       | 49.1                                  | 37.7 | 13.2    |      |            | 4.35      | .70  | มาก              |

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

| ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ<br>มัลติมีเดียภาษาไทย ชุด<br>ความหมายคำศัพท์อุปกรณ์<br>ภายในคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา                              | ร้อยละของระดับความพึงพอใจ<br>(n = 53) |       |             |      |                | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ<br>ความ<br>พึง<br>พอใจ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------------|------|----------------|-----------|------|------------------------------|
|                                                                                                                                          | มากที่สุด                             | มาก   | ปาน<br>กลาง | น้อย | น้อย<br>ที่สุด |           |      |                              |
| 5.หลังจากศึกษาจากสื่อแล้ว ผู้ใช้<br>สื่อรู้จักความหมายคำศัพท์<br>อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์                                                 | 20.8                                  | 45.3  | 32.1        | 1.9  |                | 3.84      | .76  | มาก                          |
| 6.สื่อมัลติมีเดียเรื่องชุดความหมาย<br>คำศัพท์อุปกรณ์ภายใน<br>คอมพิวเตอร์ทำให้ผู้ใช้สื่อมี<br>ความรู้สึที่ดีและสนุกสนานกับ<br>การเรียนรู้ | 26.4                                  | 41.5  | 30.2        | 1.9  |                | 3.92      | .80  | มาก                          |
| 7.โดยภาพรวมผู้ใช้สื่อเห็นว่าสื่อ<br>มัลติมีเดีย เรื่อง ชุดความหมาย<br>คำศัพท์อุปกรณ์ภายใน<br>คอมพิวเตอร์มีคุณค่า                         | 37.7                                  | 34.0  | 26.4        | 1.9  |                | 4.07      | .85  | มาก                          |
| รวม                                                                                                                                      | 32.36                                 | 44.49 | 21.84       | 1.36 |                | 4.07      | 0.74 | มาก                          |

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์  
อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ด้านเนื้อหา พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่  
ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.07$ ) เมื่อจำแนกเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 7 ข้อเรียงลำดับจาก  
ค่าเฉลี่ยมากไปน้อยคือ ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ ( $\bar{X} = 4.35$ ) เนื้อหาเข้าใจง่าย ( $\bar{X} = 4.32$ ) และการ  
แปลภาษาไทย มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา ( $\bar{X} = 4.09$ )

ตารางที่ 8 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย  
ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน  
ด้านสื่อมัลติมีเดีย

| ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ<br>มัลติมีเดียภาษาไทย<br>ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์<br>ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับ<br>นักเรียนผู้บกพร่องทางการได้<br>ยินด้านสื่อมัลติมีเดีย | ร้อยละของระดับความพึงพอใจ<br>(n = 53) |      |             |      |                | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ<br>ความพึง<br>พอใจ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------|-------------|------|----------------|-----------|------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                | มากที่สุด                             | มาก  | ปาน<br>กลาง | น้อย | น้อย<br>ที่สุด |           |      |                          |
| 1.ข้อความอ่านง่าย                                                                                                                                              | 58.5                                  | 30.2 | 11.3        | -    | -              | 4.47      | .69  | มาก                      |
| 2.ขนาดตัวอักษรเหมาะสม                                                                                                                                          | 34.0                                  | 47.2 | 18.9        | -    | -              | 4.15      | .71  | มาก                      |

# ตารางที่ 8 (ต่อ)

| ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ<br>มัลติมีเดียภาษาไทย ชุด<br>ความหมายคำศัพท์อุปกรณ์<br>ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับ<br>นักเรียนผู้บกพร่องทางการได้<br>ยินด้านสื่อมัลติมีเดีย | ร้อยละของระดับความพึงพอใจ<br>(n = 53) |       |             |      |                | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ<br>ความพึง<br>พอใจ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------------|------|----------------|-----------|------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                 | มาก<br>ที่สุด                         | มาก   | ปาน<br>กลาง | น้อย | น้อย<br>ที่สุด |           |      |                          |
| 3.ความหนาแน่นของตัวอักษร<br>เหมาะสม                                                                                                                             | 35.8                                  | 52.8  | 11.3        | -    | -              | 4.24      | .64  | มาก                      |
| 4.สีของพื้นหลังเหมาะสม                                                                                                                                          | 60.4                                  | 26.4  | 11.3        | 1.9  | -              | 4.45      | .77  | มาก                      |
| 5.สีของตัวอักษรเหมาะสม                                                                                                                                          | 34.0                                  | 50.9  | 13.2        | 1.9  | -              | 4.16      | .72  | มาก                      |
| 6.ภาพชัดเจน                                                                                                                                                     | 20.8                                  | 60.4  | 13.2        | 5.7  | -              | 3.96      | .75  | มาก                      |
| 7.ภาพดูง่าย                                                                                                                                                     | 45.3                                  | 37.7  | 13.2        | 1.9  | 1.9            | 4.22      | .89  | มาก                      |
| 8.ภาพน่าสนใจ                                                                                                                                                    | 41.5                                  | 41.5  | 17.0        | -    | -              | 4.24      | .73  | มาก                      |
| 9.ภาพมีขนาดพอเหมาะกับ<br>หน้าจอ                                                                                                                                 | 30.2                                  | 37.7  | 32.1        | -    | -              | 3.98      | .79  | มาก                      |
| รวม                                                                                                                                                             | 40.06                                 | 42.76 | 15.72       | 1.27 | 0.21           | 4.21      | 0.74 | มาก                      |

จากตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ด้านสื่อมัลติมีเดีย พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.21$ ) เมื่อจำแนกเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 9 ข้อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อยคือ ข้อความอ่านง่าย ( $\bar{X} = 4.47$ ) สีของพื้นหลังเหมาะสม ( $\bar{X} = 4.45$ ) และความหนาแน่นของตัวอักษรเหมาะสมและภาพน่าสนใจ ( $\bar{X} = 4.24$ )

**ตารางที่ 9** ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ มัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ด้านแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

| ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ<br>มัลติมีเดียภาษาไทย<br>ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์<br>ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับ<br>นักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน<br>ด้านแบบทดสอบก่อนและ<br>หลังการเรียน | ร้อยละของระดับความพึงพอใจ<br>(n = 53) |      |             |      |                | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ<br>ความพึง<br>พอใจ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------|-------------|------|----------------|-----------|------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                | มาก<br>ที่สุด                         | มาก  | ปาน<br>กลาง | น้อย | น้อย<br>ที่สุด |           |      |                          |
| 1.ขนาดของปุ่มตัวเลือกมีความ<br>เหมาะสมกับหน้าจอ                                                                                                                                | 52.8                                  | 28.3 | 17.0        | 1.9  | -              | 4.30      | .88  | มาก                      |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ<br>มัลติมีเดียภาษาไทย<br>ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์<br>ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับ<br>นักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ด้านแบบทดสอบก่อนและ<br>หลังการเรียนรู้ | ร้อยละของระดับความพึงพอใจ<br>(n = 53) |       |         |      |            | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ<br>ความพึง<br>พอใจ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|---------|------|------------|-----------|------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                | มากที่สุด                             | มาก   | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |           |      |                          |
| 2.ตำแหน่งของปุ่มตัวเลือกมีความเหมาะสมกับหน้าจอ                                                                                                                                 | 37.7                                  | 41.5  | 18.9    | 1.9  | -          | 4.15      | .79  | มาก                      |
| 3.ภาพแสดงอุปกรณ์ตัวเลือกเหมาะสมกับหน้าจอ                                                                                                                                       | 26.4                                  | 58.5  | 11.3    | 3.8  | -          | 4.07      | .72  | มาก                      |
| รวม                                                                                                                                                                            | 38.97                                 | 42.77 | 15.73   | 2.53 | -          | 4.17      | 0.80 | มาก                      |

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดความหมายคำศัพท์อุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการได้ยิน ด้านแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.17$ ) เมื่อจำแนกเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อยคือ ขนาดของปุ่มตัวเลือกมีความเหมาะสมกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.30$ ) ตำแหน่งของปุ่มตัวเลือกมีความเหมาะสมกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.15$ ) และภาพแสดงอุปกรณ์ตัวเลือกเหมาะสมกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.07$ )

## 5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 สรุปผล ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดคำศัพท์คอมพิวเตอร์เบื้องต้น ด้านเทคโนโลยีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ สำหรับคนพิการทางหู พบว่า

ด้านเนื้อหาโดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.07$ ) เมื่อจำแนกเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 7 ข้อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อยคือ ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ ( $\bar{X} = 4.35$ ) เนื้อหาเข้าใจง่าย ( $\bar{X} = 4.32$ ) และการแปลภาษาไทย มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา ( $\bar{X} = 4.09$ )

ด้านสื่อมัลติมีเดีย พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.21$ ) เมื่อจำแนกเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 9 ข้อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อยคือ ข้อความอ่านง่าย ( $\bar{X} = 4.47$ ) สีของพื้นหลังเหมาะสม ( $\bar{X} = 4.45$ ) และความหนาแน่นของตัวอักษรเหมาะสมและภาพน่าสนใจ ( $\bar{X} = 4.24$ )

ด้านแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.17$ ) เมื่อจำแนกเป็นรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 3 ข้อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อยคือ ขนาดของปุ่มตัวเลือกมีความเหมาะสมกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.30$ ) ตำแหน่งของปุ่มตัวเลือกมีความเหมาะสมกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.15$ ) และภาพแสดงอุปกรณ์ตัวเลือกเหมาะสมกับหน้าจอ ( $\bar{X} = 4.07$ )

5.2 อภิปรายผล นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดคำศัพท์คอมพิวเตอร์เบื้องต้น ด้านเทคโนโลยีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ สำหรับคนพิการทางหู ระดับความพึงพอใจโดยรวมและเป็นรายด้านอยู่ในระดับมาก เนื่องจากสื่อมัลติมีเดียภาษาไทย ชุดคำศัพท์คอมพิวเตอร์เบื้องต้น ด้านเทคโนโลยีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์



สำหรับคนพิการทางหู มีความสะดวก มีความรวดเร็ว การเข้าเลือกดูเนื้อหา รูปภาพ และภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ ได้ตามความต้องการของแต่ละบุคคลได้โดยอิสระ ไม่มีใครบังคับทำให้รู้สึกสนุกสนานตื่นเต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศิพาณิชย์ นุชิตประสิทธิ์ชัย สมชาย ปราการเจริญ และไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ (2547 : 284) ได้พัฒนาโปรแกรมสอนภาษามือด้วยภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ และค้นหาภาพด้วยเสียง ผลการวิจัยพบว่า คนปกติและผู้บกพร่องทางการได้ยิน มีความพึงพอใจกับภาษามือ 3 มิติ เนื่องจากดูภาพภาษามือแล้วสามารถเข้าใจได้อย่างชัดเจน สรุปว่าโปรแกรมสอนภาษามือด้วยภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ

## 6. ข้อเสนอแนะ

การเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมีเดียผู้เรียนมีความสนใจเป็นอย่างมาก แต่พบปัญหาการตอบแบบสอบถามของนักเรียนจากการอ่าน และตอบแบบสอบถาม จึงต้องใช้คุณครูช่วยแปลภาษามือ กับเนื้อหาในแบบสอบถาม ดังนั้นในโอกาสต่อไปควรแปลภาษามือเนื้อหาแบบสอบถาม ลงในสื่อมัลติมีเดียแล้วตอบลงในคอมพิวเตอร์จะทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

- คลอริน คุณารักษ์. (2552). เป็นผู้ให้สัมภาษณ์ มารุตศ วชิรโกเมน เป็นผู้สัมภาษณ์.โรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดขอนแก่น. เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2552.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2543). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- ศิพาณิชย์ นุชิตประสิทธิ์ชัย สมชาย ปราการเจริญและไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ. (2547). “โปรแกรมสอนภาษามือด้วยภาพเคลื่อนไหว 3 มิติและค้นหาภาพด้วยเสียง.” NCSEC 2004. 280-285.
- สิริพร ระวีกุล. (2552). เป็นผู้ให้สัมภาษณ์ อีรพงศ์ วชิรโกเมน เป็นผู้สัมภาษณ์. โรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดขอนแก่น. เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2552.



## การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดน ไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ชูชาติ พยอม<sup>1\*</sup> ศุภชัย แก้วจันทร์<sup>2</sup> เอกราช นาคนวน<sup>3</sup>  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์<sup>1\*,2,3</sup>  
อีเมล : Choo1234@hotmail.com<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 22 กรกฎาคม 2562

วันแก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2562

วันตอบรับบทความ 26 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้วิธีการดำเนินการวิจัยแบบสัมภาษณ์เชิงลึก

ผลการวิจัยพบว่า สถานการณ์ด้านพลังงานชุมชนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากส่วนกลาง มีชุมชนตำบลตาเมียงเป็นชุมชนที่มีการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เช่น เตาชูปเปอร์อั้งโล่ แต่ยังมีปัญหาเรื่องอุปกรณ์ไม่เพียงพอกับความต้องการของชุมชน ชุมชนตำบลนางมุด ชุมชนตำบลบ้านจารย์มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง หลังจากมีการจัดการพลังงานชุมชน แต่ละชุมชนยังขาดองค์ความรู้ด้านการคัดเลือกอุปกรณ์และเทคโนโลยีด้านพลังงานที่สอดคล้องกับศักยภาพชุมชนและความต้องการของชุมชน สำหรับปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานกับชุมชนที่เกิดขึ้นจากการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ปัจจุบันเกิดจากหลายสาเหตุ ทั้งจากปัจจัยภายในและภายนอกชุมชน แต่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นนั้น จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหามหาอุปสรรคในการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ตามข้อเสนอแนะรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย - กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง จะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการพลังงานชุมชนและการวางแผนพลังงานชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม และผลที่ได้จากการวางแผนพลังงานคือการลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานและการมีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการพื้นฐานของคนในชุมชน และจะต้องมีการศึกษาปรับปรุงเทคโนโลยีและกระบวนการจัดการที่เหมาะสม และการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง อันจะนำมาซึ่งการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนอย่างยั่งยืนได้ นอกจากนี้ยังต้องสามารถขยายผลไปสู่ชุมชนอื่น ๆ ได้ด้วย

**คำสำคัญ :** การจัดการพลังงาน ชุมชน เศรษฐกิจพอเพียง

## Study of Suitable Energy Management Model for Community in The Thai–Cambodian Border area, Surin Province according to the Sufficiency Economy

Choochart Phayom<sup>1\*</sup>, Suphachai Kaeochan<sup>2</sup>, Aekkarath Naknual<sup>3</sup>  
Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University<sup>1\*,2,3</sup>  
E-mail : Choo1234@hotmail.com<sup>1\*</sup>

Received 22 July 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

The objectives of the study of suitable energy management model for community in the Cambodian–Thai border area, Surin Province according to the Sufficiency were to study problems and obstacles in energy management in the Cambodian–Thai border area, Surin Province by using in-depth interviewing.

The results found that the communities consumed electricity from the central station generating plant. In Tar-Miang Sub-district, locals used energy-saving equipment like Super Unglo stoves but these didn't sufficiently serve the community demands. In Nang-Mood and Ban - j am Sub-district, locals had decreased their energy expenses after managing the energy in their communities. Each community lacked the knowledge regarding equipment selection, energy technology according with the potentials and community demands. The problems and obstacles of energy management in communities were caused by various factors, internal and external factors. These led to the problem solving with the suitable energy management model for community in the Thai–Cambodian border area, Surin Province according to the sufficiency economy reaching to the participation management and practical plans for energy management in community. Plans for energy management were to decrease the energy expenses and supply enough energy to serve the community demands. Study and Improvement of technology, suitable management operations, and continuous monitoring and evaluation could contribute the sustainable energy management in community.

**Keywords :** Energy Management, Community, Sufficiency Economy

## 1. บทนำ

การขับเคลื่อนประเทศให้มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้วิกฤติการณ์พลังงานและราคาน้ำมันที่มีความผันผวนสูง ก่อให้เกิดผลกระทบในทุกภาคส่วนทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ทั้งในทางตรงและทางอ้อมส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชน ทำให้ต้องแบกรับค่าครองชีพที่สูงขึ้นตามราคาน้ำมันโลก นักวิชาการด้านเศรษฐกิจได้คาดการณ์ว่าราคาน้ำมันจะถีบตัวสูงขึ้นจนผู้บริโภคไม่มีกำลังซื้อ ซึ่งความเป็นไปได้อันน่าวิตกประมาณปี พ.ศ. 2583 สังคมโลกคงต้องเผชิญหน้ากับภาวะการณ์ขาดแคลนน้ำมันอย่างแน่นอน (ปัทมาศิริธัญญา. 2549 : 2) โดยเฉพาะประเทศไทย มีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เป็นมูลค่าที่สูงในแต่ละปี โดยในปี 2551 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์สุทธิคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 890,700 ล้านบาท (กระทรวงพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551 : 6)

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ทั่วโลกให้ความสำคัญกับปัญหาการขาดแคลนพลังงานเพิ่มมากขึ้นและมีการคิดและพัฒนาพลังงานทดแทนจากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ โดยการนำแหล่งพลังงานจากธรรมชาติ เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ แรงขับเคลื่อนของน้ำ คลื่น แรงลม รวมทั้งความร้อนใต้พิภพมาพัฒนาประยุกต์ให้เป็นพลังงานที่สามารถนำมาบริโภคได้ เพื่อแก้ปัญหาการหมดไปของพลังงานประเภทสิ้นเปลือง (Non Renewable Energy) และผลักดันพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของพลังงานทางเลือก (Alternative Energy) ให้เป็นพลังงานหลักในอนาคตต่อไป นอกจากการนำพลังงานทางเลือกที่นำมาช่วยแก้ไขปัญหาแล้ว เครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาคือต้องมีการจัดการพลังงานและอนุรักษ์พลังงานที่ดี เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและให้เกิดความยั่งยืน

รัฐธรรมนูญฉบับใหม่ได้วางหลักการเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรโดยเปิดโอกาสให้ชุมชนหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมได้ ดังนั้น กระทรวงพลังงาน ร่วมกับกระทรวงมหาดไทย จึงได้ส่งเสริมการจัดการพลังงานชุมชน โดยใช้พลังงานในชุมชน ตามความเหมาะสมและศักยภาพของแหล่งพลังงานในชุมชนนั้น ๆ ซึ่งประเภทของพลังงานและรูปแบบของการจัดการมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะทางสังคมและภูมิประเทศ ทั้งนี้ ได้มีโครงการสนับสนุนการวางแผนพลังงานระดับท้องถิ่น (Local Energy Plan : LEP) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศและพัฒนาพลังงานอย่างมีคุณภาพควบคู่กับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน โดยมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นหลัก โครงการจัดทำแผนพลังงานชุมชนแล้วยังมีโครงการอื่น ๆ อีกมากมายที่มุ่งสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทางเลือกหรือพลังงานหมุนเวียน และมีการจัดการพลังงานอย่างบูรณาการในชุมชน เช่น โครงการบ้านมั่นคงพลังงาน ที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานและสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน องค์กรมหาชน ร่วมกันดำเนินโครงการ เป็นโครงการที่มีจุดมุ่งหมายให้มีการใช้พลังงานของชุมชนแออัดให้มีประสิทธิภาพ และยังมีโครงการของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน อีกมากกว่า 12 โครงการ ที่เกิดขึ้นเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและร่วมกันอนุรักษ์พลังงานในระดับชุมชนอย่างจริงจัง ทั้งหมดนี้เพื่อก่อให้เกิดกระแสของความเปลี่ยนแปลงด้านการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานทดแทน เพื่อพาประเทศชาติให้สามารถหลุดพ้นวิกฤติการณ์ด้านพลังงานอย่างยั่งยืน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551 : 3)

สำหรับจังหวัดสุรินทร์มีสภาพทางภูมิศาสตร์ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 450 กิโลเมตร ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดมหาสารคาม ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดศรีสะเกษ ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดอุดรธานี ราชอาณาจักรกัมพูชา ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งจังหวัดสุรินทร์มีเขตพื้นที่ติดชายแดนประเทศกัมพูชา ในพื้นที่ 4 อำเภอ คือ กาบเชิง สังขะ บัวเขต และพนมดงรัก ความยาวตลอดแนวชายแดนประมาณ 90 กิโลเมตร ได้มีการจัดการพลังงานในชุมชนแต่ละชุมชน เนื่องจากมีการใช้พลังงานต่าง ๆ พร้อมกับการจัดการด้านพลังงาน

จากสภาพการณ์ดังกล่าว คณะผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและเห็นความสำคัญ จึงจัดทำโครงการวิจัย การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง โดยมุ่งศึกษาว่าการจัดการพลังงานชุมชนในพื้นที่ตามแนวชายแดนใน 4 อำเภอ นั้นมี สภาพการจัดการพลังงานเป็นอย่างไร มีปัญหาและอุปสรรคในการจัดการพลังงานภายในพื้นที่ตามแนวชายแดน อย่ างไร และมีแนวทางแก้ไขปัญห า อุปสรรคที่เกิดขึ้นนั้นอย่างไร โดยจะทำการศึกษาในเขตพื้นที่ชายแดนใน 4 อำเภอ ของกลุ่มที่มีการจัดการพลังงานและสามารถพึ่งพาตนเองได้ดีในระดับหนึ่ง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาเสนอ ในรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตาม แนวทางเศรษฐกิจพอเพียงต่อไป ซึ่งจะก่อให้เกิดการวางแผนการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในเขตพื้นที่แนวชายแดน ไทย-กัมพูชาอย่างมีประสิทธิภาพและนำไปสู่ความสำเร็จในการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน

## 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน
- 2.2 เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนนี้ คณะผู้วิจัยทำการศึกษาจากหนังสือ เอกสาร รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพลังงานและผู้นำชุมชน จากนั้นนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นประชากรที่อาศัยหรือมีถิ่นกำเนิดอยู่ในพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ 4 อำเภอ คือ อำเภอกาบเชิง อำเภอสังขะ อำเภอบัวเขตและอำเภอนมดงรัก ที่มีการจัดการพลังงาน ในพื้นที่โดยใช้พลังงานทางเลือก พลังงานหมุนเวียนหรืออุปกรณ์ประหยัดพลังงาน ร่วมกับพลังงานสิ้นเปลือง และ เจ้าหน้าที่ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเนื้อหาในการศึกษาประกอบด้วย การจัดการพลังงานในพื้นที่อำเภอกาบเชิง อำเภอสังขะ อำเภอบัวเขตและอำเภอนมดงรัก การศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับ ชุมชน ในพื้นที่ทั้ง 4 ชุมชน คือ ชุมชนตำบลแถมมุด อำเภอกาบเชิง ชุมชนตำบลบ้านจารย์ อำเภอสังขะ ชุมชนตำบล บัวเขต อำเภอบัวเขต และชุมชนตำบลตาเมียง อำเภอนมดงรัก

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์เชิงลึก ซึ่งมีแบบสัมภาษณ์เชิงลึกสำหรับนักวิชาการ เช่น สถานการณ์พลังงาน การจัดการพลังงานและข้อเสนอแนะ แบบสัมภาษณ์เชิงลึกสำหรับผู้นำชุมชน เช่น สถานการณ์ พลังงาน การจัดการพลังงาน การมีส่วนร่วมของประชาชนและข้อเสนอแนะ

### 3.3 การสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ และแบบสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อการศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการ จัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน มีเครื่องมือดังนี้

3.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานภายในชุมชน ลักษณะการมีส่วนร่วม ในการจัดการพลังงานของประชาชน การอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ แล้วนำผลที่ได้มา กำหนดเนื้อหาในแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์และแบบสัมภาษณ์เชิงลึก

3.3.2 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำราและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับรูปแบบที่เหมาะสมกับการจัดการ พลังงานภายในชุมชน เพื่อกำหนดข้อคำถาม ให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการ

### 3.3.3 สร้างข้อคำถามเครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงและทำการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรและบันทึกเสียงเก็บไว้ โดยได้รับอนุญาตจากผู้ให้สัมภาษณ์เพื่อนำมาสรุปผลการศึกษา

3.4.2 การนำผลการวิเคราะห์การศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ในพื้นที่ 4 ชุมชน คือ ชุมชนตำบลนางมุด อำเภอท่งชัย ชุมชนตำบลบ้านจารย์ อำเภอสังขะ ชุมชนตำบลบัวเขต อำเภอบัวเขต และชุมชนตำบลตาเมียง อำเภอพนมดงรัก ที่ได้จากการศึกษาให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนพลังงาน นักวิชาการด้านการวางแผนพลังงานและผู้นำชุมชน โดยการนำเสนอด้วยเอกสารและการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับคณะผู้วิจัย และทำการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร และบันทึกเสียงเก็บไว้เพื่อนำมาสรุปผลการศึกษา

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์การศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน โดยเขียนเป็นข้อความบรรยายสรุปในหัวข้อนั้น ๆ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

คณะผู้วิจัยได้มีการคัดเลือกชุมชนที่มีการนำพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทน รวมทั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ในชุมชน เพื่อเป็นตัวแทนในการจัดการพลังงานในแต่ละประเภท รวมทั้งสิ้น 4 ชุมชน เพื่อให้ผลที่ได้มีความแตกต่างหลากหลายและสามารถเปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาได้อย่างชัดเจน ดังนั้น สถานการณ์ด้านพลังงานในแต่ละชุมชนจึงมีความแตกต่างกันไป ดังนี้

4.1.1 สถานการณ์พลังงานในชุมชนตำบลนางมุด อำเภอท่งชัย ซึ่งพื้นที่ชุมชนดังกล่าวมีไฟฟ้าใช้แล้ว จึงไม่มีปัญหาเรื่องไฟฟ้าแสงสว่างไม่เพียงพอในชีวิตประจำวัน การใช้พลังงานทางเลือกของสมาชิกชุมชน คือ มีการผลิตเตาเผาถ่านไม้ใช้ภายในชุมชน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการทำการเกษตร โดยนำฟืนหรือเศษไม้ภายในชุมชนที่ตัดทิ้งมาทำการเผาถ่านไม้ในชุมชน แนวโน้มค่าใช้จ่ายของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ในชุมชนก็ลดลง เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านไม้มีเพียงพอที่จะใช้ผลิต การผลิตจึงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้จึงยังมีทั่วถึงทั้งชุมชน นอกจากการใช้ประโยชน์จากถ่านไม้ในชุมชนแล้ว ยังมีการประหยัดค่าใช้จ่ายโดยยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งมีการณรงค์และให้ความรู้อย่างต่อเนื่องภายในชุมชน ในเรื่องความเพียงพอของพลังงานพบว่า พลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีความเพียงพอ

4.1.2 สถานการณ์พลังงานในชุมชนตำบลบ้านจารย์ อำเภอสังขะ ซึ่งพื้นที่ชุมชนดังกล่าวมีไฟฟ้าใช้แล้วเช่นกัน จึงไม่มีปัญหาเรื่องไฟฟ้าแสงสว่างไม่เพียงพอในชีวิตประจำวัน ภายในชุมชนมีการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เช่น พลังงานทดแทนพลังงานแสงอาทิตย์และชุดหลอดไฟประหยัดพลังงาน ซึ่งได้รับการอุดหนุนด้านอุปกรณ์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ก่อนที่จะมีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ในชุมชน ชุมชนมีการใช้พลังงานจากเตาถ่าน ด้านความเพียงพอของพลังงานนั้น พบว่ามีความเพียงพอ หลังจากมีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ในชุมชน พบว่ารายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือนในชุมชนลดลง ซึ่งเหตุผลที่ค่าใช้จ่ายลดลง คือการหันมาใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานมากขึ้นนั่นเอง และองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านจารย์มีโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนใช้ภายในชุมชน

4.1.3 สถานการณ์พลังงานในชุมชนตำบลบัวเขต อำเภอบัวเขต ซึ่งพื้นที่ชุมชนดังกล่าวมีไฟฟ้าใช้แล้ว จึงไม่มีปัญหาเรื่องไฟฟ้าแสงสว่างไม่เพียงพอในชีวิตประจำวัน การใช้พลังงานทางเลือกของสมาชิกชุมชน คือมีพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์ใช้ภายในชุมชน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการทำการเกษตร แนวโน้มค่าใช้จ่ายของกลุ่ม

ตัวอย่างในชุมชนก็ลดลง เนื่องจากพลังงานทดแทนนำมาใช้ทางการเกษตร การผลิตจึงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ จึงยังมีทั่วถึงทั้งชุมชน นอกจากการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในชุมชนแล้ว ยังมีการประหยัดค่าใช้จ่ายโดยยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งมีการณรงค์และให้ความรู้อย่างต่อเนื่องภายในชุมชน ในเรื่องความเพียงพอของพลังงานพบว่า พลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีความเพียงพอ

4.1.4 สถานการณ์พลังงานในชุมชนตำบลตาเมียง อำเภอพนมดงรัก ซึ่งพื้นที่ชุมชนดังกล่าวมีไฟฟ้าใช้แล้วเช่นกัน จึงไม่มีปัญหาเรื่องไฟฟ้าแสงสว่างไม่เพียงพอในชีวิตประจำวัน ภายในชุมชนมีการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เช่น พลังงานทดแทนพลังงานแสงอาทิตย์และชุดหลอดไฟประหยัดพลังงาน ซึ่งได้รับการอุดหนุนด้านอุปกรณ์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ก่อนที่จะมีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ในชุมชน ชุมชนมีการใช้พลังงานจาก เตาถ่านในการประกอบอาหาร ด้านความเพียงพอของพลังงานนั้น พบว่ามีความเพียงพอหลังจากมีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ในชุมชนพบว่ารายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือนในชุมชนลดลง ซึ่งเหตุผลที่ค่าใช้จ่ายลดลง คือการหันมาใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานมากขึ้นนั่นเอง และองค์การบริหารส่วนตำบลตาเมียงมีโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนโดยเฉพาะทางด้านการเกษตร

4.2 เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

#### 4.2.1 การจัดการพลังงาน

สำหรับการจัดการพลังงาน คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกชุมชน 4 ชุมชนมาเพื่อศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน บางชุมชนมีการจัดตั้งศูนย์พลังงานในชุมชน มีคณะกรรมการอย่างชัดเจน บางชุมชนมีการหยิบยกนำเอากิจกรรมด้านอื่น ๆ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ร่วมกับการจัดการพลังงาน และบางชุมชนก็ไม่ได้มีการดำเนินการจัดการที่เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจน

1) การจัดการพลังงานในชุมชนตำบลตาบลแงมุด อำเภอกาบเชิง มีการผลิตถ่านไม้เพื่อใช้เองภายในชุมชน มีเตาเผาถ่านไม้ ซึ่งได้รับการอุดหนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ชุมชนไม่ได้มีรูปแบบการจัดการด้านพลังงานอย่างชัดเจน แต่นำเอาหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและวิถีชุมชนเข้ามาบูรณาการ โดยมีแนวคิดให้นำทรัพยากรมาใช้อย่างคุ้มค่า มีประโยชน์สูงสุดตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงให้ใช้ชีวิตอย่างเหมาะสม ถ้อยทีถ้อยอาศัยระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อม

นอกจากนั้น ภายในชุมชนมีการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้พลังงานในชุมชน เพื่อเผยแพร่ความรู้ไปสู่บุคคลในชุมชนและบุคคลภายนอกชุมชน ผู้นำชุมชนมีความเข้มแข็งและมีความรู้ความสามารถในการชี้แจง ชักจูงให้ประชาชนเห็นถึงผลกระทบจากการดำเนินชีวิตและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างดี การผลิตถ่านไม้ของชุมชน จะเน้นการผลิตที่ใช้เองในชุมชน ไม่ได้ดำเนินการเชิงพาณิชย์ ประชาชนคนใดมีวัตถุดิบก็จะนำมาผลิตเป็นถ่านไม้แล้วนำกลับไปใช้เอง โดยผู้นำชุมชนซึ่งเป็นต้นแบบที่ดีให้กับชุมชน

2) การจัดการพลังงานในชุมชนตำบลบ้านจารย์ อำเภอสังขะ มีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ ในชุมชน อาทิเช่น แผงโซลาร์เซลล์และชุดหลอดไฟประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์ทั้งหมดเริ่มแรกได้มาจากการสนับสนุนของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และนำอุปกรณ์ที่ได้มาบริหารจัดการกันเองภายในชุมชน เริ่มแรกมีการจัดตั้งคณะกรรมการขึ้น เพื่อมาดูแลเรื่องการจัดการพลังงานในชุมชนโดยเฉพาะ โดยคณะกรรมการชุดนี้ แยกเป็นคนละชุดกับคณะกรรมการชุมชนที่มีอยู่เดิม มีการจัดตั้งเครือข่ายพลังงานเพื่อนำอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาขายให้สมาชิกในราคาถูก เพื่อนำรายได้ที่เกิดขึ้นไปจัดซื้ออุปกรณ์ประหยัดพลังงานเหล่านั้นมาเพิ่มเติมเพื่อต่อยอดโครงการ

เมื่อมีการนำไปใช้และเกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายได้จริง จากการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน จึงมีการจัดการบริหารอย่างเต็มรูปแบบ มีการสำรวจความต้องการและนำมาเข้าที่ประชุมเพื่อปรึกษาถึงชนิดของอุปกรณ์และปริมาณที่จะจัดซื้อและเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนแสดงความคิดเห็นได้อย่างเสรีในทุกขั้นตอน

3) การจัดการพลังงานในชุมชนตำบลบัวเขต อำเภอบัวเขต มีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้ในชุมชน อาทิเช่น แผงโซลาร์เซลล์ และชุดหลอดไฟประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์ทั้งหมดเริ่มแรกได้มาจากการสนับสนุนของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน นำอุปกรณ์ที่ได้มาบริหารจัดการกันเองภายในชุมชน เริ่มแรกมีการจัดตั้งคณะกรรมการขึ้น เพื่อมาดูแลเรื่องการจัดการพลังงานในชุมชนโดยเฉพาะ โดยคณะกรรมการชุดนี้ แยกเป็นคนละชุดกับคณะกรรมการชุมชนที่มีอยู่เดิม มีการจัดตั้งเครือข่ายพลังงานเพื่อนำอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาขายให้สมาชิกในราคาถูก เพื่อนำรายได้ที่เกิดขึ้นไปจัดซื้ออุปกรณ์ประหยัดพลังงานเหล่านั้น มาเพิ่มเติมเพื่อต่อยอดโครงการ มีการจัดการบริหารอย่างเต็มรูปแบบ

4) การจัดการพลังงานในชุมชนตำบลตาเมียง อำเภอมดงรัก มีการนำเอาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานมาใช้เช่นเดียวกับชุมชนตำบลบัวเขต มีการนำอุปกรณ์ที่ได้มาบริหารจัดการกันเองภายในชุมชน มีการจัดตั้งเครือข่ายพลังงานเพื่อนำอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานมาขายให้สมาชิกในราคาถูก เพื่อนำรายได้ที่เกิดขึ้นไปจัดซื้ออุปกรณ์ประหยัดพลังงานเหล่านั้น มาเพิ่มเติมเพื่อต่อยอดโครงการ

#### 4.2.2 ผลการศึกษาการสัมภาษณ์เชิงลึก

ผลของการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องและผู้นำชุมชนรวมทั้งประชาชนในชุมชนในพื้นที่ 4 ชุมชน คือ ชุมชนตำบลนางมุด อำเภอกาบเชิง ชุมชนตำบลบ้านจารย์ อำเภอสังขะ ชุมชนตำบลบัวเขต อำเภอบัวเขต และชุมชนตำบลตาเมียง อำเภอมดงรัก สรุปสาระสำคัญของการสัมภาษณ์เชิงลึก ได้ดังนี้

1) การบริหารจัดการพลังงานของแต่ละชุมชนมีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่ ลักษณะเทคโนโลยี และลักษณะชุมชน ชุมชนตำบลนางมุด อำเภอกาบเชิง มีศูนย์พลังงานในชุมชนโดยมีคณะกรรมการดูแลจัดการพลังงานโดยเฉพาะ ผู้นำชุมชนตำบลบ้านจารย์ อำเภอสังขะ กล่าวว่าชุมชนมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนก่อนหน้านี้ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้เข้าไปดูแลและอบรมคนในชุมชน พาไปดูงานตามสถานที่ต่าง ๆ เพื่อให้ชุมชนสามารถผลิตพลังงานทดแทนใช้ในชุมชนได้ด้วยตัวเองเบื้องต้น และถ้าหากมีอุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหายก็สามารถบำรุงรักษาเองได้ เพื่อให้คนในชุมชนมีอุปกรณ์ประหยัดพลังงานใช้ในราคาถูก ซึ่งผู้นำชุมชน กล่าวว่า “กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ไม่ได้ให้งบประมาณสนับสนุนในเรื่องการบำรุงรักษา ให้เพียงแต่อุปกรณ์เท่านั้น โดยให้ชุมชนบริหารจัดการเรื่องงบประมาณส่วนนั้นเอง” ซึ่งสอดคล้องกับผู้บริหารระดับสูงของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กล่าวว่า “ชุมชนต้องสามารถยืนอยู่บนขาตนเองได้ ต้องให้ความรู้ทั้งการใช้และบำรุงรักษา สนับสนุนอุปกรณ์และทรัพยากรเริ่มแรก จากนั้นชุมชนต้องบริหารจัดการเอง”

2) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการพลังงานนับเป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดการพลังงานภายในชุมชน พบว่า ในแต่ละชุมชนมีการรับรู้โครงการในทุกกระบวนการของการจัดการ เนื่องจากมีการประชุมแจ้งความคืบหน้าและเปิดโอกาสให้ประชาชนในชุมชน แสดงความคิดเห็นในทุกขั้นตอน ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ผู้นำชุมชนได้กล่าวถึง การมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนของตนว่า “มีการประชุมพูดคุยกันในชุมชนและให้ประชาชนสำรวจความต้องการของตนเอง เพื่อเสนอในที่ประชุมชุมชน เพื่อที่จะได้วางแผนจัดการให้มีการตอบสนองความต้องการส่วนใหญ่ของชุมชนและตรงตามความต้องการของประชาชนจริงๆ”

การเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการพลังงานชุมชนนั้น ผู้นำชุมชนกล่าวไว้อย่างน่าสนใจว่า “การยกระดับการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนนั้น ต้องมีการจัดกิจกรรมภายในชุมชนอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดช่องว่างของคนในชุมชนและต้องให้องค์ความรู้และข้อเท็จจริงแก่ประชาชนในชุมชนด้วย”

3) แนวทางการจัดการพลังงาน ได้มีการเสนอแนะการจัดการพลังงานในอนาคตโดย ผู้นำชุมชนทั้ง 4 ชุมชน กล่าวว่า “การจัดการพลังงานในชุมชนตามแนวชายแดนประเทศไทย ประชาชนยังขาดองค์ความรู้อย่างมาก จะต้องมีการเพิ่มองค์ความรู้และนำเอาวิถีไทยเข้ามาใช้ในการบริหารจัดการในชุมชน การให้ความรู้จะต้องทำในระดับกลุ่มย่อยเพื่อให้มีการกระจายความรู้อย่างทั่วถึงและการดำเนินโครงการด้านพลังงานนั้น จะต้องทำขนาดเล็ก ก่อนที่



จะขยายไปเป็นขนาดใหญ่ในเชิงพาณิชย์ หากแต่ทั้งนี้หน่วยงานรัฐต้องมีการบริหารด้วยความสมดุลและสอดคล้องกันทุกหน่วยงาน”

ผู้บริหารระดับสูงของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กล่าวว่า “ต้องมีการพัฒนาความรู้ อย่างบูรณาการ ในการจัดการพลังงานระดับชุมชน โดยใช้ศูนย์เรียนรู้ที่มีอยู่แล้ว เช่น โรงเรียนพัฒนาระดับให้เป็น ศูนย์การเรียนรู้ที่ครบวงจร นำเอาหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเข้ามาช่วยบูรณาการแผนการจัดการพลังงาน มีการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอและนำมาประยุกต์ใช้”

จะเห็นได้ว่าความสำคัญขององค์ความรู้ เป็นสิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาและให้ความสำคัญในลำดับต้น ๆ ของ การจัดการพลังงานชุมชน ทั้งนี้ต้องมีการนำเอาวิถีการดำเนินชีวิตแบบไทยและเศรษฐกิจพอเพียงมาช่วยขับเคลื่อน ด้วย ผู้นำชุมชนกล่าวถึงปัญหาในการจัดการพลังงานในปัจจุบันว่า “หน่วยงานรัฐไม่ให้ความสำคัญกับการวิจัยพัฒนา เท่าที่ควร ควรมีการให้ทุนทำงานวิจัยศึกษาในเรื่องพลังงานให้มาก เพราะต่อไปปัญหาพลังงานจะกลายเป็นปัญหา สำคัญเข้าขั้นวิกฤตและอย่าดำเนินการมุ่งเน้นผลกำไร” ดังนั้น การจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ให้ประสบ ผลสำเร็จนอกจากต้องอาศัยสภาพของชุมชนและส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความรู้ ความตระหนักและความเข้มแข็งของ ชุมชน เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการพลังงาน แล้วยังต้องมีการพัฒนาและสนับสนุนจากภาครัฐอย่างจริงจังอีกด้วย

แนวทางในการจัดการพลังงานชุมชนที่เหมาะสมกับชุมชน คือ การส่งเสริมองค์ความรู้ให้ประชาชนเข้าถึง เทคโนโลยีได้จริง ในรูปของศูนย์การเรียนรู้ใกล้ชุมชน หรือสถานที่ที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย ลดช่องว่างระหว่างชุมชน เมืองและชุมชนชนบท ต้องมีการจัดการเรื่องงบประมาณในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ทั้งจากการจัดการงบประมาณ ภายในชุมชนเองและงบประมาณสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐ ทั้งนี้จะต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ ใหม่ ๆ นอกจากนั้นต้องนำเอาองค์ความรู้ท้องถิ่นเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และตรงตามหลัก ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การพัฒนาบุคลากรต้องอย่างต่อเนื่อง มีการวางแผนให้สอดคล้องกับสภาพชุมชน นั้น ๆ และที่สำคัญต้องมีการต่อยอดโครงการให้สามารถใช้ได้จริงอย่างสมบูรณ์

## 5. อภิปรายผลและสรุปผล

### 5.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

จากการศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัด สุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง พบว่า ชุมชนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากส่วนกลางและมีชุมชนตำบลตาเมียง เป็นชุมชนที่มีการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน คือ เตาชูเปอร้อั้งโล่ ชุมชนตำบลบ้านจารย์มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ลดลง หลังจากมีการจัดการพลังงานชุมชน ส่วนชุมชนตำบลนางมุดยังมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่าเดิม เนื่องมาจากการใช้พลังงานทดแทนที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบไม่เพียงพอ การคัดเลือกอุปกรณ์และเทคโนโลยีไม่สอดคล้อง กับศักยภาพชุมชนและความต้องการของชุมชน

#### 5.1.1 สภาพการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในปัจจุบัน

สภาพการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในปัจจุบัน ชุมชนยังมีการจัดการสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ เช่น การจัดการขยะ การจัดการน้ำเสียภายในชุมชนอีกด้วย นอกจากนี้ มีการนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมา ประยุกต์ใช้ในการจัดการพลังงานชุมชน ทั้งยังสามารถขยายผลการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจตามหลักปรัชญา ของเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชุมชนอื่น ๆ ได้ โดยการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง เพื่อแนะนำ ส่งเสริมและ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้กับหน่วยงานและชุมชนอื่น ๆ โดยการเปิดโอกาสให้หน่วยงานและชุมชนต่าง ๆ เข้ามาศึกษา ดูงานและแลกเปลี่ยนความรู้

#### 5.1.2 ปัญหาและอุปสรรคการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ปัจจุบันเกิดจากหลายสาเหตุ ทั้งจากปัจจัยภายในและภายนอกชุมชน แต่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นนั้น จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาและหารูปแบบในการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนดังนี้

1) การมีส่วนร่วมของชุมชนยังคงเป็นไปในลักษณะรับทราบโครงการและแผนงานรวมถึงร่วมปฏิบัติตามให้โครงการหรือแผนงานนั้นประสบความสำเร็จเป็นส่วนใหญ่เท่านั้น การมีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการยังมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่ของระดับแกนนำชุมชนเพียงกลุ่มหนึ่งเท่านั้น เมื่อโครงการขาดการมีส่วนร่วมของประชาชน ทำให้การดำเนินโครงการนั้นไม่สนองตอบความต้องการที่แท้จริงของชุมชนและปริมาณพลังงานที่ชุมชนต้องการ อีกทั้งไม่สอดคล้องกับศักยภาพในด้านต่าง ๆ และวิถีของชุมชน

2) ชุมชนไม่สามารถจัดการบำรุงรักษาอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเทคโนโลยีที่ไม่สอดคล้องกับความรู้ ความสามารถในการดูแลรักษาของคนในชุมชน เหตุเพราะขาดกระบวนการวางแผนการจัดการพลังงานที่ดี โดยมีประชาชนเข้ามาเป็นส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มโครงการ

3) พลังงานไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ปัญหาที่เห็นได้ชัดเจนคือบางชุมชนยังมีพลังงานไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจากอุปกรณ์มีจำนวนน้อย และเมื่อมีการชำรุดของอุปกรณ์ ชุมชนไม่สามารถซ่อมแซมเองได้ ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ

4) ยังมีการผูกขาดประเภทของพลังงานทดแทน การพัฒนาพลังงานทดแทนและการใช้พลังงานในชุมชนที่ผ่านมา ยังคำนึงถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ส่วนราชการสามารถสนับสนุนได้เป็นอันดับแรก อีกทั้งยังพิจารณาเพียงพลังงานที่มีศักยภาพหลักในชุมชนเท่านั้น ในแต่ละชุมชนยังมีศักยภาพพลังงานแหล่งอื่น ที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นพลังงานทดแทนในชุมชนควบคู่กันไปได้อีก

5) ขาดการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง การประเมินผลในปัจจุบันเป็นการดำเนินการตามกระบวนการของทางราชการเท่านั้น ไม่ได้มุ่งเน้นนำผลที่ได้มาปรับปรุงกระบวนการจัดการ ซึ่งการประเมินผลโครงการอย่างต่อเนื่อง จะช่วยให้มีการปรับปรุงเทคโนโลยีหรือกระบวนการจัดการด้านพลังงานให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับวิถีวัฒนธรรมชุมชนอยู่เสมอ

6) ชุมชนบางชุมชนไม่สามารถต่อยอดโครงการเองได้ และการปูพื้นฐานด้านการจัดการพลังงานมาจากหน่วยงานราชการ ยังคงรอความช่วยเหลือจากหน่วยงานราชการ

7) ประชาชนในพื้นที่มีความตื่นตัวเพียงแคในช่วงแรกของโครงการเท่านั้น เมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งความรู้สึกตื่นตัวในเรื่องการจัดการพลังงานก็จะแผ่วลง และหากในชุมชนไม่มีกิจกรรมอื่น ๆ มากระตุ้นความตระหนักและจิตสำนึก ความสำคัญของการจัดการพลังงานในชุมชนและปัญหาพลังงาน ความตื่นตัวเรื่องพลังงานก็จะหมดไป และโครงการก็ไม่สามารถจะประสบผลสำเร็จได้อย่างยั่งยืน

8) หน่วยงานที่ดูแลการจัดการพลังงานชุมชนเป็นหน่วยงานที่มาจากส่วนกลาง การติดต่อสื่อสารถึงความต้องการและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการพลังงานชุมชน ทำได้ค่อนข้างลำบากและมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ทำให้การสื่อสารระหว่างหน่วยงานที่ดูแลและประชาชนในชุมชนขาดประสิทธิภาพ

5.2 เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย - กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

สำหรับข้อเสนอแนะรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนนั้น หลังจากได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากสถานการณ์พลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน การจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ปัญหาและอุปสรรค รวมทั้งการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพลังงานและผู้นำชุมชน ซึ่งได้มีการนำเสนอแนวคิดและข้อเสนอแนะในการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนของตนเองรวมถึงสาเหตุของปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการพลังงาน นำมาซึ่งการพิจารณาและนำเสนอรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

การดำเนินการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนนั้น ยังต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ในการจัดการพลังงาน ซึ่งจะนำไปสู่การตอบสนองความต้องการของประชาชนในชุมชนได้อย่างแท้จริงและการมีแผนพลังงานชุมชนที่เป็นรูปธรรม โดยนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มาบูรณาการในการวางแผนพลังงานชุมชน เมื่อมีแผนพลังงานชุมชนแล้ว ชุมชนยังต้องมีการจัดการและอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการลดการใช้พลังงานและหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ จากการดำเนินการจะสามารถลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานของคนในชุมชนได้ และมีพลังงานเพียงพอตอบสนองความต้องการพื้นฐานของคนในชุมชนอีกด้วย

การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่นั้น กระบวนการการมีส่วนร่วมต้องดำเนินการเชิงระบบและมีการร่วมดำเนินการในทุกขั้นตอน ตามหลักการปรับปรุงคุณภาพวงจรของ Damming (PDCA) และระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management System - EMS) โดยมีการพัฒนาทักษะของบุคลากรควบคู่กันไปกับการปรับปรุงคุณภาพ เริ่มจากการริเริ่มโครงการวางแผนและกำหนดเป้าหมาย (P : Plan) แล้วนำแผนงานไปปฏิบัติ (D : Do) ทำการติดตามตรวจสอบประเมินผลการปฏิบัติงานว่าบรรลุเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ (C : Check) ถ้ายังไม่บรรลุเป้าหมายก็ทำการแก้ไข และปรับปรุงวิธีการปฏิบัติหรือทบทวนเป้าหมายโดยชุมชนเอง แต่ถ้าบรรลุเป้าหมายแล้วก็สามารถปรับปรุงเป้าหมายให้พัฒนาไปในระดับต่อไป (A : Act) โดยจะต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (จำลอง โพธิ์บุญ, 2551 : 471-510)

การดำเนินการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนนั้น ต้องมีแผนพลังงานชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม โดยการวางแผนพลังงานต้องมาจากประชาชนในพื้นที่เพื่อความสอดคล้องของวิถีชุมชน ทั้งด้านศักยภาพพื้นที่และชุมชน ความต้องการและการดำเนินชีวิตของชุมชน และการประกอบอาชีพของชุมชน ทั้งนี้การวางแผนพลังงานชุมชนต้องนำเอาหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาบูรณาการในแผนพลังงาน โดยในแผนพลังงานชุมชนต้องคำนึงถึงการเลือกใช้ทรัพยากรที่มีศักยภาพในชุมชนและใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดบนความมีเหตุมีผล คือต้องใช้อย่างพอประมาณ ลดการใช้พลังงาน การใช้พลังงานที่ผลิตได้เองในชุมชนเป็นการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับชุมชนโดยการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของชุมชน ลดการพึ่งพาจากภายนอก ทำให้ชุมชนสามารถพึ่งตนเองได้

การจัดการงบประมาณในชุมชน ควรจัดการในรูปแบบสหกรณ์หรือกองทุนโดยจัดเก็บรายได้จากการใช้งานพลังงานในชุมชน และกิจกรรมอื่น ๆ ที่สหกรณ์หรือกองทุนได้ดำเนินการเพื่อให้เกิดเป็นรายได้แก่สหกรณ์หรือกองทุนนั้น นอกจากนี้จะสามารถจัดเก็บรายได้จากการใช้พลังงานในชุมชนแล้ว การจัดตั้งสหกรณ์หรือกองทุนเพื่อดูแลด้านการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน จะทำให้คนในชุมชนมีความรู้สึกเป็นเจ้าของและมีส่วนร่วมกับการจัดการพลังงานในชุมชนมากขึ้น การจัดสรรเงินงบประมาณต้องทำอย่างเป็นระบบและโปร่งใส สามารถตรวจสอบได้ หลังจากมีเงินรายได้จากการดำเนินโครงการด้านพลังงานในชุมชนและกิจกรรมอื่น ๆ แล้วยังต้องมีการวางแผนจัดการงบประมาณอย่างชัดเจน จัดสรรงบประมาณอย่างรอบคอบและสอดคล้องกับเป้าประสงค์ที่วางไว้

เมื่อมีการดำเนินการมาระยะหนึ่งต้องมีการติดตามประเมินผลโครงการเพื่อนำผลการประเมินปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นไปปรับปรุงแก้ไขให้แผนพลังงานชุมชนนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การติดตามประเมินผลโครงการควรดำเนินการอย่างมีส่วนร่วมโดยชุมชนเอง

นอกจากการปรับปรุงพัฒนาการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนโดยผลที่ได้จากการติดตามประเมินผลแล้ว ยังต้องมีการปรับปรุงเทคโนโลยี และกระบวนการจัดการให้สอดคล้องเหมาะสมกับวิถีชุมชนและสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยี ต้องมีการพัฒนาให้มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยประสิทธิภาพสูง แต่เทคโนโลยีต้องมีราคาไม่สูงและสามารถบำรุงรักษาได้โดยชุมชน

### 5.3 การอภิปรายผล

การวางแผนพลังงานในประเทศไทยแต่เดิมที่ผ่านมา เน้นการวางแผนจากบนสู่ล่างมีรูปแบบการตัดสินใจจากส่วนกลาง โดยกลุ่มนักวิชาการเพียงไม่กี่คน ทำให้ไม่ก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้เรื่องของพลังงานในแต่ละบุคคลเท่าที่ควร ประชาชนส่วนใหญ่ยังคงขาดทัศนคติและความตระหนักในการใช้พลังงาน ผลที่ตามมาคือ เรื่องของ

พลังงานก็ยังคงถูกละเลยและพลังงานยังคงถูกใช้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ (ยรรยงค์ อัมพวา. 2550 : 298 - 307) นอกจากนี้ การใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำและไบโอดีเซล ภายในประเทศ และท้องถิ่นยังมีน้อยมาก การขาดแหล่งผลิตอุปกรณ์ภายในประเทศทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ หายาก และมีราคาที่สูง เพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ไม่มีการใช้อย่างแพร่หลาย ประชาชนยังเข้ามาจับบทบาทในการจัดการพลังงานในท้องถิ่นของตนเองน้อย จึงไม่มีความรู้สึกเป็นเจ้าของแผนงานและร่วมดำเนินการขับเคลื่อนด้านพลังงาน คือจุดที่สำคัญยิ่งที่ทำให้การใช้พลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนไม่แพร่หลายและทำให้การวางแผนพลังงานที่ผ่านมามีความยั่งยืนและไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร (สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน. 2550 : 1)

การจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจถึงสถานการณ์พลังงานและปัญหาพลังงานที่เกิดขึ้น ซึ่งความรู้ความเข้าใจจะนำไปสู่การมีความตระหนักในเรื่องพลังงาน และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาพลังงานของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อัจฉริ นาคะเสถียร (2547 : 75) ที่กล่าวถึงการสร้างแรงจูงใจให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่จะต้องดำเนินการควบคู่ไปกับมาตรการการอนุรักษ์พลังงานส่วนหนึ่ง คือ การสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา ซึ่งทั้งหมดจะเป็นที่มาของการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนประกอบด้วย 4 ลักษณะด้วยกัน คือ การร่วมค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหาพลังงานในชุมชน การร่วมวางแผนงานกิจกรรมพลังงานในชุมชน การร่วมปฏิบัติการตามแผนงานพลังงานในชุมชนที่วางไว้ และการติดตามประเมินผลการดำเนินงานจัดการพลังงานในชุมชนที่เพิ่มมากขึ้น และยิ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ยรรยงค์ อัมพวา (2550 : 304) ที่ศึกษาเรื่อง ยุทธศาสตร์การพลังงานแห่งชาติเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย พบว่า การให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายและจัดการด้านพลังงานจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาพลังงานอย่างยั่งยืน ซึ่งแนวทางในการจัดการกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนที่เหมาะสมคือการสร้างให้ประชาชนเกิดความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องต่อปัญหาพลังงาน และสร้างความตระหนักในเรื่องปัญหาพลังงาน ซึ่งความรู้ความเข้าใจของประชาชนจะเป็นบันไดขั้นแรกของการมีส่วนร่วมของประชาชน

ปัญหาของการมีส่วนร่วมของประชาชนในการศึกษานี้คือ การเข้าร่วมแต่ไม่แสดงความคิดเห็นในการวางแผนการจัดการพลังงานซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ อคิน รพีพัฒน์ และคณะ (2531 : 48-53) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนอาจถูกจำกัดโดยลักษณะโครงสร้างและวัฒนธรรมไทย เช่น ความเกรงใจ ที่ทำให้คนบางกลุ่มในชุมชนเข้าร่วมโครงการ แต่ไม่แสดงความคิดเห็น ซึ่งอาจจะเกิดจากความเกรงใจหรือความกลัว อีกทั้งยังสอดคล้องกับ นาฎฤทัย นิยมไทย (2547 : 82) ที่กล่าวว่าปัญหาและอุปสรรคในการมีส่วนร่วม คือ ความไม่ชัดเจนในขอบเขตสิทธิการมีส่วนร่วมและไม่เข้าใจในการมีส่วนร่วม การใช้สิทธิในการมีส่วนร่วมยังมีน้อยมาก และการมีส่วนร่วมนั้นเป็นเพียงผู้สนับสนุนมากกว่าเป็นผู้มีส่วนร่วมอย่างแท้จริง ผู้ศึกษาเห็นว่าการเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนให้มีอยู่ในระดับการร่วมวางแผนจำเป็นต้องมีการแบ่งกลุ่มย่อยให้ประชาชนมีส่วนร่วมในระดับครัวเรือน ทั้งนี้ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจในเรื่องพลังงานด้วย ทั้งนี้แหล่งพลังงานทดแทนควรเป็นแหล่งที่ได้จากในประเทศและมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมผลของการลดการใช้พลังงานโดยการประหยัดพลังงาน และหาแหล่งพลังงานทดแทนจะทำให้ชุมชนมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานลดลงแต่มีพลังงานเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการพื้นฐานของคนในชุมชนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุริชาติ จงจิตต์ (2550 : 241) ที่พบว่า ชุมชนที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาพลังงานทางเลือก เป็นชุมชนที่นำเอาหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์เข้ากับการใช้พลังงานชุมชน เน้นบริโภคอย่างพอเพียงและเป็นพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น เพื่อให้สามารถพึ่งตนเองด้านพลังงานได้ สมศักดิ์ มินคร (2555) ศึกษาแบบแผนการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในพื้นที่อำเภออัมพวา พบว่า รูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานชุมชนนั้น ซึ่งจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการพลังงานชุมชนและการวางแผนพลังงานชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมและผลที่ได้จากการวางแผนพลังงาน คือ การลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานและการมีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการพื้นฐานของคนในชุมชน นอกจากนั้นยังต้องมีการศึกษาปรับปรุงเทคโนโลยีและกระบวนการ

จัดการที่เหมาะสม และการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่องอีกด้วย อันจะนำมาซึ่งการจัดการพลังงานชุมชนอย่างยั่งยืนได้ นอกจากนั้นยังต้องสามารถขยายผลไปสู่ชุมชนอื่น ๆ ได้ด้วย การจัดการพลังงานในชุมชนหากต้องการให้ได้ประสิทธิภาพที่ดี ต้องมีการนำเอาหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเข้ามาบูรณาการจัดการด้วย และต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานอีกด้วย

#### 5.4 สรุป

จากการศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง สามารถนำไปใช้ในการจัดการพลังงานระดับชุมชนได้อย่างดี ปัจจุบันทางภาครัฐก็ได้มีการตื่นตัวในการจัดหาแหล่งพลังงานในประเทศเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นสนับสนุนการผลิตพลังงานใช้เองภายในชุมชน การหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น การรับซื้อไฟฟ้าจากภาคเอกชน และภาครัฐก็สนับสนุนการลดการใช้พลังงานลงโดยการใชพลังงานอย่างประหยัด เหล่านี้เป็นการจัดการพลังงานโดยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ใช้โดยการพึ่งตนเองด้านพลังงาน ผลิตพลังงานอย่างพอประมาณ ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด สร้างภูมิคุ้มกันด้านพลังงานของประเทศโดยการลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศและจัดหาแหล่งพลังงานให้มีความหลากหลาย ทั้งนี้ต้องมีความรอบรู้และคุณธรรมด้วย

### 6. ข้อเสนอแนะ

#### 6.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

6.1.1 จากการศึกษาพบว่าสิ่งหนึ่งที่ยังคงมีความไม่เหมาะสม คือ เทคโนโลยีที่ไม่สอดคล้องกับสภาพชุมชนตามแนวชายแดน ชุมชนไม่สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์เองได้ ดังนั้น การให้ความรู้ในเชิงเทคนิคเพื่อให้ชุมชนสามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้เอง และการคัดเลือกเทคโนโลยีด้านพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนจะสามารถนำไปให้ชุมชนมีการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืนได้ ทั้งนี้ต้องมีการประเมินผลอย่างต่อเนื่องด้วย นอกจากชุมชนเองแล้วหน่วยงานท้องถิ่นหรือองค์กรท้องถิ่นควรเข้าไปช่วยเหลือเรื่องการบำรุงรักษาอุปกรณ์ด้านพลังงานของชุมชน ทั้งด้านบุคลากรและงบประมาณ

6.1.2 ชุมชนต้องสนับสนุนให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมโดยเฉพาะในระดับการวางแผนพลังงานชุมชนมากขึ้น การนำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม และการนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ประชาชนในชุมชนมีความตื่นตัวด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ รวมทั้งมีความตระหนักเข้าใจถึงปัญหามากขึ้น และจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในการจัดการด้านพลังงานต่อไป ชุมชนและหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่นจึงต้องเข้าไปดูแลและสนับสนุนให้มีกิจกรรมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

#### 6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.2.1 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ ประเภทเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ปริมาณการใช้พลังงาน พฤติกรรมการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปของชุมชนตามแนวชายแดนเชิงลึกเพิ่มเติม เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์ร่วมกันในงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อผลการศึกษาที่ครอบคลุมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6.2.2 ควรนำเอาข้อเสนอแนะรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนที่ได้จากการศึกษานี้ไปศึกษาวิจัยแบบมีส่วนร่วมกับชุมชนเพื่อประเมินข้อบกพร่องและประสิทธิภาพที่เกิดจากการศึกษานี้ และนำมาปรับปรุงเพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชนที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นต่อไป

#### 6.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ควรนำเอาข้อมูลนำเสนอต่อภาคีเครือข่ายภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านพลังงานเป็นนโยบายพลังงานของประเทศและท้องถิ่น เพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงาน และความมั่นคงของชุมชนท้องถิ่นในเขตพื้นที่ชายแดนไทย-กัมพูชา ต่อไป

## 7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน ในเขตพื้นที่แนวชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดสุรินทร์ ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำสำเร็จลุล่วงลงได้ เพราะได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้นำชุมชน นักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพลังงานชุมชน ที่กรุณาให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัย คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2551). **สถานการณ์พลังงานไทยปี 2551 และแนวโน้มปี 2552**. กรุงเทพฯ : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). **รายงานความก้าวหน้าโครงการบ้านมั่นคงพลังงานชุมชนแหลมรุ้งเรือง**. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- จำลอง โพธิ์บุญ. (2551, ตุลาคม-ธันวาคม). “ความเข้มแข็งของชุมชนในการจัดการสิ่งแวดล้อม.” **วารสารพัฒนบริหารศาสตร์**. 42 : 471-510.
- นาฎฤทัย นิยมไทย. (2547). **การจัดทำแผนสิ่งแวดล้อมชุมชนแบบประชาชนมีส่วนร่วมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของชุมชนบ้านออน หมู่ที่ 14 เขตเทศบาลสันกำแพง อำเภอสันกำแพงจังหวัด เชียงใหม่**. การค้นคว้าอิสระมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปัทมา ศิริธัญญา. (2549). **โครงการงานรวบรวมองค์ความรู้และสร้างระบบต้นแบบ**. สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ยรรยงค์ อัมพวา. (2550). **ยุทธศาสตร์การพลังงานแห่งชาติเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.
- สมศักดิ์ มินคร. (2555). **การศึกษารูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในพื้นที่อำเภออัมพวา**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- สุริชาติ จงจิตต์. (2550). **แนวทางการพัฒนาเครือข่ายการเรียนรู้เพื่อพลังงานทางเลือกของชุมชน**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงพลังงาน. (2551). “โครงการการบูรณาการด้านการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงในอนาคต.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [www.eri.chula.ac.th/eri-main/?p=177&lang=TH](http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/?p=177&lang=TH). สืบค้น 8 พฤศจิกายน 2559.
- อัญฉรี นาคะเสถียร. (2547). **การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่**. การค้นคว้าอิสระมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อดิสร ศักดิ์สูง และคณะ. (2547). **พัฒนาการทางสังคมและวัฒนธรรมของชุมชนในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง พ.ศ. 2534 - 2547 : การสำรวจเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

## แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างเมือง กรณีศึกษา รถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพ – พิษณุโลก

วชิระ วิจิตรพงษ์<sup>1\*</sup> เจษฎา โพธิ์จันทร์<sup>2</sup> ปรีดา พิชยาพันธ์<sup>3</sup>  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม<sup>1\*,2</sup>  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<sup>3</sup>  
อีเมล : wachira.tran@psru.ac.th<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 19 สิงหาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 25 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและคัดเลือกชนิดสินค้า รวมถึงพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบันและอนาคต หากมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพ - พิษณุโลก ด้วยการสำรวจเทคนิควิธีกำหนดสถานการณ์สมมติ (Stated Preference Survey) กับผู้ประกอบการผลิตสินค้า ผู้ประกอบการขนส่งสินค้า ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก และประชาชนทั่วไป ตามแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูง จำนวน 400 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์สินค้าที่มีโอกาสและศักยภาพในการขนส่งด้วยรถไฟความเร็วสูง พบว่า สินค้าประโยชน์ภัณฑ์ประเภทเร่งด่วน (EMS) สินค้าที่ขนส่งทางอากาศ เพชร พลอย ทองคำ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ แผงวงจรไฟฟ้า รวมถึงสินค้าทางการเกษตรจำพวก ผลไม้และดอกไม้คัดเกรด ซึ่งส่วนใหญ่การกำหนดราคายาจะแปรผันกับความรวดเร็วในการขนส่ง รวมถึงความเสียหายและการบอบซ้ำของสินค้า อีกทั้งผลการพัฒนาแบบจำลองโดยการวิเคราะห์ปัจจัย อาทิเช่น ค่าขนส่ง ระยะเวลาเดินทาง ระยะเวลาขนถ่าย ความล่าช้า และความถี่ในการให้บริการ พบว่า เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การประยุกต์ใช้แบบจำลองชี้ให้เห็นกลุ่มตัวอย่างเจ้าของและผู้ประกอบการขนส่งสินค้าในแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพ-พิษณุโลก มีแนวโน้มพฤติกรรมที่จะเลือกใช้การขนส่งระบบรางมากขึ้น อาทิเช่น รถไฟทางคู่มีสัดส่วนการเลือกใช้ประมาณร้อยละ 27.71 รถไฟความเร็วสูงร้อยละ 11.18 และส่วนใหญ่มักรังเกียจใช้รูปแบบการขนส่งโดยรถบรรทุกสินค้าร้อยละ 56.51 ซึ่งหากมีการวางนโยบายเพื่อพัฒนาจุดเชื่อมต่อเพื่อการขนถ่ายและปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ส่งผลให้สัดส่วนการขนส่งสินค้าโดยรถไฟความเร็วสูงเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

**คำสำคัญ :** รถไฟความเร็วสูง การขนส่งสินค้า แบบจำลองโลจิสติกส์ การเลือกรูปแบบการขนส่ง

## The Transport Mode Choice Model: a Case Study of the High-speed Rail for Bangkok-Phitsanulok Line

Wachira Wichitphongsa<sup>1\*</sup>, Jessada Pochan<sup>2</sup>, Preda Pichayapan<sup>3</sup>

Faculty of Industrial technology, Pibulsongkram Rajabhat University<sup>1\*,2</sup>

Faculty of Engineering, Chiang Mai University<sup>3</sup>

E-mail : wachira.tran@psru.ac.th<sup>1\*</sup>

Received 19 August 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 25 August 2019

### Abstract

The objectives of this study were to survey and select types of products and also to develop a simulation model of the mode selection for cargo transportation in current and future situation of the presence of the high-speed rail system from Bangkok to Phitsanulok. The model was developed based on the stated preference survey by collecting data from 400 samples of freight operators, wholesalers, retailers, and people along the line of the high-speed rail. The results showed that, when the high-speed rail system from Bangkok to Phitsanulok would have been developed in the future, the suitable products for high-speed rail system were the express mail service (EMS) parcels, air cargoes, gold, jewelries, gold accessories, computer circuit boards, high price agricultural products such as fruit and flowers. Mostly, the selling price determining depends on the speed of transportation and damage and impairment of products. Result of factor analysis found that transportation cost, traveling time, handling time, time delay, and service frequency were statistically significant factors affecting on the selection of mode choice of transportation. The application of model indicated that the holders and freight forwarders who are along the line of the high-speed rail (Bangkok-Phitsanulok) tended to use the rail-transport such as using the double-track rail for 27.71%, using the high-speed rail for 11.18%, and using truck for 56.51%. However, if there were the policy development of loading and unloading points for multimodal transportation and efficient and safety mode choices of transportation, the portion of the freight high-speed rail would increase.

**Keywords :** High-speed Rail, Freight Transportation, Logit Model, Transport Mode Choice Model



## 1. บทนำ

ด้วยความตระหนักถึงความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งระบบราง ประกอบกับ ปัจจุบันปริมาณการขนส่งสินค้าโดยรวมภายในประเทศ จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม พบว่า มีประมาณ 838 ล้านตันต่อปี โดยสัดส่วนประมาณร้อยละ 85 ยังคงยึดติดกับพฤติกรรมการขนส่งทางถนนเป็นหลัก ส่งผลให้โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product : GDP) ยังคงอยู่ในระดับสูง อีกทั้งในการขนส่งทางถนนยังมีความเหมาะสมกับสินค้าบางชนิดเท่านั้น

ศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งถือเป็นดัชนีชี้วัดอย่างหนึ่ง ด้านความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และอำนาจการต่อรองของประเทศ ซึ่งจากการจัดอันดับประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งโดย World Economic Forum (2013 - 2015) จากจำนวนทั้งสิ้น 144 ประเทศ พบว่า ประเทศไทยยังมีศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งที่ต่ำกว่าหลายประเทศในภูมิภาคอาเซียน โดยในปี ค.ศ.2014 - 2015 ถูกจัดอยู่ลำดับที่ 76 และมีแนวโน้มที่จะถดถอย ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดอันดับประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างพื้นฐาน

| ประเทศ   | อันดับผลการประเมินคุณภาพโครงสร้างพื้นฐาน |         |          |         |         |
|----------|------------------------------------------|---------|----------|---------|---------|
|          | ภาพรวม                                   | ทางถนน  | รถไฟ     | สนามบิน | ท่าเรือ |
| สิงคโปร์ | 5 (5)                                    | 7 (6)   | 10 (n/a) | 1 (1)   | 2 (2)   |
| มาเลเซีย | 25 (20)                                  | 23 (19) | 18 (12)  | 21 (19) | 24 (19) |
| ไทย      | 61 (76)                                  | 42 (50) | 72 (74)  | 34 (37) | 56 (54) |

ที่มา : The Global Competitiveness Report, World Economic Forum (2013-2014) และในวงเล็บ (2014-2015)

รถไฟความเร็วสูงกับการขนส่งสินค้า (High Speed Freight Rail) รถไฟความเร็วสูงในประเทศญี่ปุ่นและสหภาพยุโรปกำหนดว่า รถไฟความเร็วสูงสามารถทำความเร็ว 200 กม./ชม. บนรางเดิมที่ปรับปรุง และที่ความเร็ว 250 กม./ชม. บนรางสร้างใหม่ สำหรับความเร็วที่กล่าว ถือเป็นความเร็วในกรณีขนส่งผู้โดยสาร โดยการขนส่งโดยรถไฟความเร็วสูงของประเทศต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะใช้ขนส่งผู้โดยสารเป็นหลัก ยกเว้นประเทศเยอรมันและสวีเดน ซึ่งยอมให้มีการขนส่งคนและสินค้าในระบบร่วมกัน Gerhard Troche (2005) ได้กำหนดประเภทรถไฟตามความเร็วในการให้บริการสำหรับรถไฟขนส่งสินค้า (Rail Freight) และลักษณะตู้ขนส่งสินค้าซึ่งมีผลต่อความเร็วในการเดินรถดังนี้

ตารางที่ 2 ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อผู้ประกอบการ

| ประเภทรถไฟ                                              | ความเร็วสูงสุด      | ลักษณะตู้ขนส่งสินค้า                              |
|---------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
| รถไฟความเร็วสูง<br>(High Speed Rail Freight)            | มากกว่า 200 กม./ชม. | ปรับแต่งจากตู้รถโดยสาร                            |
| รถไฟความเร็วระดับกลาง<br>(Semi High Speed Rail Freight) | 140-200 กม./ชม.     | ตู้ขนส่งสินค้าใช้เทคโนโลยีการออกแบบของตู้รถโดยสาร |

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ประเภทรถไฟ                                           | ความเร็วสูงสุด      | ลักษณะผู้ขนส่งสินค้า |
|------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| รถไฟขนส่งสินค้าทั่วไป<br>(Conventional Rail Freight) | ต่ำกว่า 140 กม./ชม. | ผู้ขนส่งสินค้าทั่วไป |

ที่มา : High-speed rail freight, Sup-report in Efficient train systems for freight transport, KTH Railway Group Report 0512, Stockholm 2005

ประสบการณ์การขนส่งสินค้าโดยรถไฟความเร็วสูงในต่างประเทศ เนื้อหาในส่วนนี้สรุปมาจากรายงาน “High-Speed Rail Freight” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา “Efficient train System for Freight Transport” โดย RTH Railway Group ประเทศสวีเดน ในปี ค.ศ. 2005 โดยจะกล่าวถึงกรณีของประเทศสวีเดน ฝรั่งเศส เยอรมัน และการขนส่งระหว่างประเทศในทวีปยุโรป ดังนี้

1. ประเทศสวีเดน เนื่องจากข้อจำกัดด้านภูมิประเทศและเทคโนโลยี รถไฟความเร็วสูงของประเทศสวีเดน ปัจจุบันให้บริการขนส่งสินค้าด้วยความเร็วที่ 160 กม./ชม. ประเทศสวีเดนส่งเสริมการขนส่งสินค้าด้วยระบบราง ความเร็วสูงจากสโลแกน “High speed freight, faster than by truck cheaper than by air” สินค้าที่ให้บริการ ประกอบด้วยสินค้า 2 ประเภทคือ ไปรษณีย์ภัณฑ์ของการไปรษณีย์ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐ (Swedish Post Office) และการให้บริการพัสดุภัณฑ์เร่งด่วน (Express parcel Service) ดำเนินการโดยบริษัท S.J.

การขนส่งไปรษณีย์ภัณฑ์ (Mail Service) ใช้ขบวนรถขนส่งโดยเฉพาะ (Dedicated mail train) ในขณะที่การให้บริการพัสดุภัณฑ์เร่งด่วนบรรทุกในส่วน (Compartment) รวมในขบวนรถโดยสารซึ่งสามารถให้บริการได้ด้วยความเร็วและความถี่สูง จากการให้บริการดังกล่าวในระหว่างปี ค.ศ. 2001 – 2005 พบว่า สามารถลดการขนส่งทางทางหลวงได้เท่ากับ 3.4 ล้าน-กม. รถบรรทุก เทียบเท่าการลดน้ำมันดีเซล 1.36 ล้านลิตรและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 3,534 ตันต่อปี

2. ประเทศฝรั่งเศส เช่นเดียวกับประเทศสวีเดนให้บริการไปรษณีย์ภัณฑ์ด้วยรถไฟขบวนเฉพาะ (TGV Postal Service) สำหรับการให้บริการขนส่งพัสดุภัณฑ์เร่งด่วนมีการให้บริการโดย SNCF (การรถไฟฝรั่งเศส) ใน ชื่อ TGV-Fret ซึ่งใช้ขบวนรถสินค้าเฉพาะ (เช่นเดียวกับ TGV Postal Office) สามารถบรรทุกคอนเทนเนอร์สินค้าขนาดเล็ก (Minicontainers) จำนวน 10 คอนเทนเนอร์ ปัจจุบันมีการให้บริการร่วมระหว่างประเทศในยุโรปโดยบริษัท Carex (Cargo Rail Express) โดยมีเป้าหมายการขนส่งและกระจายสินค้าต่อเนื่อง (Multimodal Transport) จากสินค้าขนส่งทางอากาศ (Airfreight) ระหว่างสนามบินหลักและพื้นที่ภายในประเทศต่าง ๆ

3. ประเทศเยอรมัน The Inter Cargo Express (ICGE) Freight Train ให้บริการขนส่งสินค้าทั่วไปในปี ค.ศ. 1991 ที่ความเร็ว 140–160 กม./ชม. โดยใช้ขบวนรถสินค้าเฉพาะน้ำหนักบรรทุกทุก 900 ตัน สามารถบรรทุกสินค้าน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 500 ตัน ในต้นปี ค.ศ. 2000 บริษัท DB Cargo เปิดให้บริการขนส่งไปรษณีย์ภัณฑ์ และพัสดุภัณฑ์ภายในประเทศ โดยมีเป้าหมายดึงดูดการขนส่งจากรถบรรทุกประมาณ 10,000 คอนเทนเนอร์ต่อปี เท่ากับการเพิ่มสัดส่วนการขนส่งทางรางของบริษัทเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์จากเดิม

ในประเทศไทย ปัจจุบันภาครัฐได้ตระหนักถึงปัญหาเรื่องการขนส่ง แผนยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคมเพื่อสนับสนุนการพัฒนาของประเทศ กระทรวงคมนาคม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2556- 2560) จึงได้เน้นหนักการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางรางซึ่งจะช่วยลดต้นทุนด้านการขนส่ง อีกทั้งเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการค้าของประเทศ เนื่องจากความเร็วเป็นปัจจัยสำคัญ ทั้งทางด้านธุรกิจและการดำเนินชีวิต รถไฟความเร็วสูงจึงเป็นทางเลือกในขนส่งสินค้า ซึ่งสามารถเชื่อมต่อการค้าการลงทุนกับประเทศเพื่อนบ้าน สนับสนุนการปรับเปลี่ยนรูปแบบการ

ขนส่ง ทำให้สามารถลดต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์และการนำเข้าเชื้อเพลิงของประเทศ เพื่อความได้เปรียบในการเตรียมความพร้อมเข้าสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในอนาคต

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการศึกษาการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูงกับการขนส่งสินค้า ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของประชาชน รวมถึงพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการเลือกรูปแบบยานพาหนะขนส่งสินค้าในอนาคต กรณีที่มีการพัฒนาเส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพ-พิษณุโลก

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสำรวจพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของประชาชนบนเส้นทางกรุงเทพฯ – พิษณุโลกในปัจจุบัน

2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางหากมีการพัฒนารูปแบบการขนส่งใหม่ในอนาคต

## 3. วิธีการวิจัย

3.1 สำรวจพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของประชาชนบนเส้นทางกรุงเทพฯ-พิษณุโลกในปัจจุบัน การสำรวจข้อมูลเพื่อพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า Richards and Ben-Akiva (1974) กล่าวว่าขนาดตัวอย่าง 200-500 ตัวอย่าง เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์แบบจำลอง Disaggregate แต่ตัวอย่างขนาดเล็ก 50-70 ก็สามารถให้ผลที่สมเหตุสมผลได้ โดยในการศึกษาได้ทำการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลจำนวนตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างจะต้องตอบคำถามทั้งสิ้น 9 สถานการณ์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วยผู้ประกอบการผลิตสินค้า ผู้ประกอบการขนส่งสินค้า ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีกบริเวณจังหวัดตามแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพฯ-พิษณุโลก โดยก่อนการสำรวจพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้ดำเนินการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่มีอำนาจในการตัดสินใจรูปแบบยานพาหนะในการขนส่งสินค้าเท่านั้น

โดยสำรวจข้อมูลสินค้าที่มีศักยภาพในการขนส่งด้วยรถไฟความเร็วสูง จากการรวบรวมข้อมูลการขนส่งสินค้าในแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพฯ-พิษณุโลก เน้นสินค้าที่มีโอกาสเปลี่ยนมาใช้ระบบรถไฟความเร็วสูงในการขนส่ง ประกอบไปด้วย 1. สินค้าที่ขนส่งทางเครื่องบิน 2. สินค้าไปรษณีย์ภัณฑ์ 3. สินค้าเวชภัณฑ์ 4. สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ 5. เพชร พลอย ทองคำ 6. สินค้าเกษตร และ 7. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และแผงวงจรไฟฟ้า

### 3.2 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลอง Multinomial Logit Model เพื่อที่จะสะท้อนการตัดสินใจเลือกรูปแบบยานพาหนะในการขนส่งสินค้า ประกอบไปด้วย 1. รถไฟความเร็วสูง (High Speed Rail) 2. รถบรรทุก (Truck) 3. รถไฟทางคู่ (Double Track Rail) และ 4. เครื่องบิน (Plane) ของกลุ่มบุคคลที่มีคุณลักษณะที่ต่างกันบริเวณพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกและกรุงเทพฯ ตามลักษณะความเป็นไปได้ในการขนส่งสินค้า เพื่อผลลัพธ์ในการวิเคราะห์สามารถอธิบายการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและครอบคลุม โดยผลการประมาณค่าแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพฯ-พิษณุโลก และรายละเอียดของพารามิเตอร์ มีดังนี้

|           |   |                                                           |
|-----------|---|-----------------------------------------------------------|
| ASC_Truck | = | Alternative Specific Constant ของทางเลือกรถบรรทุก         |
| ASC_Plane | = | Alternative Specific Constant ของทางเลือกเครื่องบิน       |
| ASC_HSR   | = | Alternative Specific Constant ของทางเลือกรถไฟความเร็วสูง  |
| ASC_DTR   | = | Alternative Specific Constant ของทางเลือกรถไฟทางคู่       |
| B_Cost    | = | สัมประสิทธิ์ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย : บาท)   |
| B_Time    | = | สัมประสิทธิ์ของระยะเวลาในการขนส่งสินค้า (หน่วย : ชั่วโมง) |

B\_Delay = สัมประสิทธิ์ของความล่าช้าในการขนส่งสินค้า (หน่วย : ชั่วโมง)

B\_Frequency = สัมประสิทธิ์ของความถี่ในการขนส่งสินค้า (หน่วย : เที่ยว/วัน)

ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับแบบจำลองการเลือกรูปแบบยานพาหนะ แบบจำลองการเลือกรูปแบบยานพาหนะ (Mode Choice Model) (Ben-Akiva, M., Lerman S.1985) เป็นแบบจำลองที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาพฤติกรรม การเลือกรูปแบบการเดินทางและขนส่งสินค้า โดยมีปัจจัยหลักประกอบการตัดสินใจทั่วไป อาทิเช่น ความเร็ว ระยะทางในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความสะดวกสบาย จำนวนเที่ยวในการเดินทาง เป็นต้น สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองการเลือกรูปแบบยานพาหนะในปัจจุบัน มักนิยมวิเคราะห์เป็นแบบจำลองแยกย่อย (Disaggregate Model) ซึ่งรายละเอียดของทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง มีดังนี้

3.2.1 ทฤษฎีอรรถประโยชน์เชิงสุ่ม (Random Utility Theory) เป็นทฤษฎีที่มีสมมติฐานว่า ผู้ตัดสินใจ (Decision Maker) จะพิจารณาเลือกตัวเลือกที่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด โดยที่ความพึงพอใจนั้นสามารถวัดได้ในเชิงปริมาณด้วยฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) โดยรูปแบบฟังก์ชันอรรถประโยชน์สามารถแยกออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ส่วนประกอบของอรรถประโยชน์ที่สามารถวัดค่าได้แน่นอน (Determinant Component) และส่วนอรรถประโยชน์ที่รวมตัวแปรความไม่แน่นอน (Random Component) ทั้งความผิดพลาดจากการวัดค่า ความผิดพลาดจากการสำรวจ รสนิยมเฉพาะบุคคล (Individual taste) ฯลฯ ดังสมการที่ (1)

$$u_{in} = v_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

โดยที่

|                    |   |                                                                                                 |
|--------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $u_{in}$           | = | อรรถประโยชน์สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่ $n$ ให้กับตัวเลือกที่ $i$                                    |
| $v_{in}$           | = | ส่วนของอรรถประโยชน์ที่วัดค่าได้แน่นอน สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่ $n$ ให้กับตัวเลือกที่ $i$          |
| $\varepsilon_{in}$ | = | ส่วนของอรรถประโยชน์ที่ไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอน สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่ $n$ ให้กับตัวเลือกที่ $i$ |

โดยความพึงพอใจที่ผู้ใช้บริการได้รับจากการใช้บริการสามารถกำหนดให้เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งมีสมการดังสมการที่ (2)

$$u_{in} = \beta_{0n} + \sum_{i=1}^n \beta_{in} x_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

$\beta_{0n}$  เมื่อ  $\beta_i$  และ ( $i = 1, \dots, n$ ) คือ ค่าน้ำหนักหรือพารามิเตอร์สำหรับตัวแปร (Attribute) ตัวที่  $i$  แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรตัวที่  $n$  ที่มีต่อระดับความพึงพอใจ

$x_{in}$  คือ ปัจจัยหรือคุณสมบัติของตัวเลือกที่ผู้ตัดสินใจคนที่  $n$  เลือกพิจารณาทางเลือกที่  $i$  โดยทั่วไปจะสะท้อนถึงลักษณะและคุณภาพของตัวเลือก อาทิเช่น เวลาที่ใช้ในการจัดส่ง ค่าขนส่ง จำนวนเที่ยว ความปลอดภัยของสินค้า รายได้ของบุคคล เพศ อายุ เป็นต้น

3.2.2 แบบจำลองทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Choice Models) ทฤษฎีอรรถประโยชน์เชิงสุ่มตั้งอยู่บนสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจายของตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้ ( $\varepsilon_{in}, \varepsilon_{jn}$ ) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และมีการกระจายของตัวแปรเชิงสุ่มนั้นในรูปแบบปกติหรือรูปแบบอื่น ๆ เช่น แบบจำลองโพรบิต (Probit Models) เมื่อตัวแปรมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) และแบบจำลองโลจิต (Logit Models) เมื่อตัวแปรมีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) หรือกระจายตัวแบบค่าขีดสุดประเภทที่

1 (Type I Extreme value) สำหรับในงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่นิยมสมมติให้ตัวแปรมีการกระจายตัวแบบกัมเบล ซึ่งรูปแบบสมการดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ และทำให้รูปแบบสมการมีความง่ายต่อการวิเคราะห์ (Hensher, D.A., Rose, J.M., and Greene. 2005) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ แบบจำลองโลจิต ซึ่งสามารถแสดงความน่าจะเป็นของผู้เดินทางในการเลือกรูปแบบการเดินทาง ดังสมการที่ (3)

$$P_n(i) = \frac{e^{v_{in}}}{\sum_{j \in c_m} e^{v_{jn}}} \quad (3)$$

|        |          |   |                                                                              |
|--------|----------|---|------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | $P_n(i)$ | = | ความน่าจะเป็นของผู้ที่เลือกขนส่งสินค้าลำดับที่ n เลือก<br>รูปแบบการเดินทาง i |
|        | $v_{in}$ | = | ค่า Utility ของทางเลือก I ของผู้เดินทางคนที่ n                               |
|        | $c_m$    | = | จำนวนของทางเลือกทั้งหมด                                                      |
|        | $j$      | = | ทางเลือกที่ j (รถบรรทุก เครื่องบิน เรือ เป็นต้น)                             |

แบบจำลองโลจิต ประกอบด้วยสมการอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทางที่พิจารณา โดยปกติถ้าแบบจำลองมีตัวเลือกรูปแบบการเดินทางทั้งสิ้น 2 ทางเลือก เช่น การเดินทางขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกกับรถไฟ จะเรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า แบบจำลองโลจิตเชิงทวิ (Binary Logit Model; BNL) ส่วนแบบจำลองที่มีตัวเลือกในการเดินทางมากกว่า 2 ทางเลือก จะเรียกว่า แบบจำลองโลจิตพหุนาม (Multinomial logit model; MNL)

3.2.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันอรรถประโยชน์มีการประมาณค่าอยู่หลายวิธี ซึ่งวิธี Maximum Likelihood (ML) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด (Train. K. 2003) (Hensher D.A., Rose, J.M., and Greene. 2005) โดยหลักการของวิธี Maximum Likelihood สามารถอธิบายได้ดังนี้

ถ้ากลุ่มตัวอย่างของผู้ตัดสินใจทั้งหมดมีจำนวน N คน และประชากรคนที่ n ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางใด ๆ จะทำให้ความน่าจะเป็นของประชากรทั้งหมดที่เลือกรูปแบบการเดินทาง i มีค่าเท่ากับสมการที่ (4)

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_i (P_{ni})^{Y_{ni}} \quad (4)$$

|        |          |   |                                                                                      |
|--------|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | $\prod$  | = | ผลคูณอันดับ (Produce Operator) เช่น<br>$\prod_{n=1}^N X_n = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ |
|        | $L$      | = | Likelihood Function                                                                  |
|        | $P_{ni}$ | = | ความน่าจะเป็นที่บุคคลที่ n จะเลือกทางเลือกที่ i                                      |
|        | $Y_{ni}$ | = | จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อบุคคลที่ n เลือกทางเลือก i<br>นอกจากนั้นมีค่าเป็น 0            |
|        | $\beta$  | = | ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง                                                           |

การหาค่ามากที่สุดด้วยวิธี Maximum Likelihood สามารถทำได้โดยให้ค่าอนุพันธ์ย่อยเทียบกับแต่ละค่าพารามิเตอร์ให้มีค่าเป็นศูนย์ จากนั้นจึงใช้วิธีวิเคราะห์ทางตัวเลข (Numerical Method) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในแต่ละตัวต่อไป วิธีที่นิยมโดยมากคือ วิธีของ Newton-Raphson เป็นกระบวนการกระทำซ้ำ (Iteration) โดยจะหยุดกระทำซ้ำ เมื่ออัตราการลู่เข้าของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ที่กำหนดไว้

3.2.4 การประเมินทางสถิติ การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Determining Model Fit) ค่า  $\rho^2$  (Likelihood Ratio Index) คือ ความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายความแปรปรวน (Variation) ของตัวแปรตาม (Dependent Variable) และความสอดคล้องโดยการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่กำหนดให้ ค่าพารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness-of-Fit) ของแบบจำลองกับข้อมูล โดยค่าดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเทียบเคียงกับค่า  $R^2$  ในการวิเคราะห์แบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) แต่ในแบบจำลอง Logit การวิเคราะห์จะไม่เป็นแบบเชิงเส้น (Non-Linear) ดังนั้นค่า  $R^2$  จึงไม่เท่ากับค่า  $\rho^2$  โดยค่า  $\rho^2$  สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ (5)

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)} \quad (5)$$

โดยที่  $L(\hat{\beta})$  = ค่าสูงสุดของ Log-likelihood ของแบบจำลองที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์  
 $L(0)$  = ค่าของ Log-likelihood ของแบบจำลองในกรณีที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์

$\rho^2$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้เป็นอย่างดี ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้ ซึ่งค่า  $\rho^2$  ที่ยอมรับได้ควรมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป (Train.K. 2003) และหากค่า  $\rho^2$  มีค่ามากกว่า 0.3 ขึ้นไป แสดงถึงระดับความเหมาะสมที่ดี

3.2.5 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรจากรายงานการศึกษาและสำรวจผู้ขนส่งสินค้าในรัฐฟลอริดา (CUTR. 2004) ได้จัดลำดับอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ โดยพบว่า ปัจจัยหลักที่ผู้ประกอบการคำนึงถึงในการขนส่ง ได้แก่ ต้นทุนโดยรวมด้านโลจิสติกส์และรูปแบบการขนส่งสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อผู้ประกอบการ

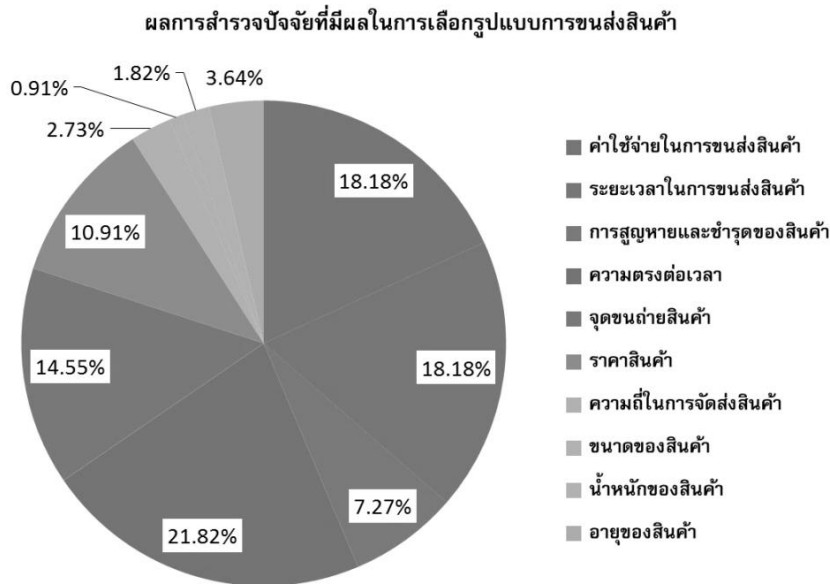
| หมวดหมู่                   | ปัจจัย                                                                                                                         |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ต้นทุนโดยรวมด้านโลจิสติกส์ | ต้นทุนในการขนส่งสินค้า<br>เงินทุนสำหรับการดำเนินการเกี่ยวกับต้นทุนในการขนส่งสินค้า<br>ต้นทุนด้านความน่าเชื่อถือของผู้ให้บริการ |
| คุณลักษณะของรูปแบบการขนส่ง | ระยะเวลาในการเดินทาง<br>ความน่าเชื่อถือ                                                                                        |

ตารางที่ 3 (ต่อ)

| หมวดหมู่                      | ปัจจัย                                                                                                              |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| คุณสมบัติด้านกายภาพของสินค้า  | ขนาดของสินค้า<br>ลักษณะบรรจุภัณฑ์<br>อายุการเก็บรักษาของสินค้า<br>มูลค่าสินค้า<br>ความหนาแน่นในการจัดส่งสินค้า      |
| การไหลเวียนและการกระจายสินค้า | ระยะทางในการจัดส่งสินค้า                                                                                            |
| คุณลักษณะของบริษัท            | ผู้รับและส่งสินค้าตั้งอยู่บริเวณแนวเส้นทางรถไฟ<br>ผู้ส่งสินค้าอยู่ใกล้แนวเส้นทางสายหลัก<br>มีรถบรรทุกในความครอบครอง |
| การไหลเวียนและการกระจายสินค้า | ความถี่ในการจัดส่งสินค้า                                                                                            |
| คุณลักษณะของรูปแบบการขนส่ง    | ความจุ<br>ความพร้อมของอุปกรณ์<br>การจัดการที่มีคุณภาพ – ความเสียหายของสินค้าต่ำ                                     |

ที่มา : CUTR (2004)

การสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งสินค้าในส่วนของภาครัฐและเอกชนบริเวณจังหวัดในแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพฯ-พิษณุโลก พบว่า ปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญคาดว่าจะมีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าสูงที่สุด คือ ปัจจัยด้านความตรงต่อเวลา โดยมีสัดส่วนร้อยละ 21.82 รองลงมา ได้แก่ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเดินทาง โดยมีสัดส่วนเท่ากันอยู่ที่ 18.18 ซึ่งรายละเอียดผลการสำรวจปัจจัยที่มีผลในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า



**รูปที่ 1** ผลการสำรวจปัจจัยที่มีผลในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 เพื่อสำรวจพฤติกรรมในการเลือกรูปแบบการเดินทางของประชาชนบนเส้นทางกรุงเทพฯ-พิษณุโลกในปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของสินค้า พบว่า สินค้าไปรษณีย์ภัณฑ์ประเภทเร่งด่วน สินค้าที่ขนส่งทางอากาศ เพชร พลอย ทองคำ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ แผงวงจรไฟฟ้า รวมถึงสินค้าทางการเกษตรจำพวก ผลไม้และดอกไม้ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่ต้องการความรวดเร็วในการขนส่ง รวมถึงสินค้าบางชนิดเสียหายและบอบช้ำได้ง่าย ต้องได้รับความดูแลในการขนส่ง ผู้ประกอบการจึงมีความสนใจที่จะขนส่งสินค้าโดยรถไฟความเร็วสูง

แต่ในส่วนสินค้าทางการเกษตรที่มีราคาต่ำและสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วในการขนส่ง อีกทั้งค่าขนส่งโดยรถบรรทุกในปัจจุบันนั้นมีค่าต่ำกว่าการขนส่งด้วยรถไฟความเร็วสูงมาก ดังนั้น สินค้าเหล่านี้จึงมีศักยภาพต่ำในการขนส่งด้วยระบบรถไฟความเร็วสูง ซึ่งอาจมีความเหมาะสมกับรถไฟทางคู่ในส่วน of สินค้าสินค้าเวชภัณฑ์และสินค้าประเภทยา ซึ่งปัจจุบันดำเนินการขนส่งโดยบริษัทไปรษณีย์ไทยเป็นหลัก

4.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมที่ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางหากมีการพัฒนารูปแบบการขนส่งใหม่ในอนาคต

ผลการพัฒนาแบบจำลองโดยได้ตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของแบบจำลอง รวมถึงพิจารณาเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์พบว่ามีความถูกต้อง สมเหตุสมผลและความเหมาะสมของแบบจำลองจากค่า  $\rho^2$  ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.333 โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อผู้ประกอบการ

| ตัวแปร                 | รูปแบบการขนส่งสินค้า | Coefficient | p-value |
|------------------------|----------------------|-------------|---------|
| ASC_Truck              | รถบรรทุก             | 0           | -       |
| ASC_Plane              | เครื่องบิน           | -6.547      | 0.000   |
| ASC_HSR                | รถไฟความเร็วสูง      | -3.988      | 0.000   |
| ASC_DTR                | รถไฟทางคู่           | -1.986      | 0.077   |
| B_Cost_Truck           | รถบรรทุก             | -0.045      | 0.000   |
| B_Time_Truck           | รถบรรทุก             | -0.652      | 0.000   |
| B_Delay_Truck          | รถบรรทุก             | -1.379      | 0.000   |
| B_Frequency_Truck      | รถบรรทุก             | 0.104       | 0.067   |
| B_Cost_Plane           | เครื่องบิน           | -0.018      | 0.093   |
| B_Time_Plane           | เครื่องบิน           | -0.379      | 0.035   |
| B_Delay_Plane          | เครื่องบิน           | -1.275      | 0.000   |
| B_Frequency_Plane      | เครื่องบิน           | 0.015       | 0.884   |
| B_Cost_HSR             | รถไฟความเร็วสูง      | -0.040      | 0.000   |
| B_Time_HSR             | รถไฟความเร็วสูง      | -0.762      | 0.000   |
| B_Delay_HSR            | รถไฟความเร็วสูง      | -0.959      | 0.000   |
| B_Frequency_HSR        | รถไฟความเร็วสูง      | 0.166       | 0.001   |
| B_Cost_DTR             | รถไฟทางคู่           | -0.055      | 0.000   |
| B_Time_DTR             | รถไฟทางคู่           | -0.468      | 0.000   |
| B_Delay_DTR            | รถไฟทางคู่           | -0.869      | 0.000   |
| B_Frequency_DTR        | รถไฟทางคู่           | 0.095       | 0.354   |
| Number of observations | 2,700                |             |         |
| Adjusted Rho-Squared   | 0.333                |             |         |

$$U_{truck} = 0.00 - 0.045 * Cost - 0.652 * Time - 1.379 * Delay$$

$$U_{Plane} = -6.547 - 0.018 * Cost - 0.379 * Time - 1.275 * Delay$$

$$U_{HSR} = -3.988 - 0.040 * Cost - 0.762 * Time - 0.959 * Delay + 0.166 * Frequency$$

$$U_{DTR} = -1.986 - 0.055 * Cost - 0.468 * Time - 0.869 * Delay$$

ค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้ประยุกต์ในการวิเคราะห์อิทธิพลต่อรูปแบบการเดินทางขนส่งสินค้ากรณีมีการพัฒนาระบบรถไฟความเร็วสูงสายกรุงเทพฯ-พิษณุโลก ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง ความล่าช้าและจำนวนเที่ยวในการให้บริการ ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อผู้ประกอบการ

| รูปแบบการขนส่ง                    | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) | ระยะเวลาการ<br>เดินทาง (ชั่วโมง) | ความล่าช้า<br>(นาที) | ความถี่ในการ<br>เดินทาง(เที่ยว) |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| รถบรรทุก (Truck)                  | 50 - 60             | 6 - 7                            | 0 - 30               | -                               |
| เครื่องบิน (Plane)                | 100 - 120           | 2 - 3                            | 0 - 30               | -                               |
| รถไฟความเร็วสูง (High Speed Rail) | 80 - 100            | 2 - 3                            | 0 - 30               | 5 - 8                           |
| รถไฟทางคู่(Double track Rail)     | 40 - 50             | 6 - 7                            | 0 - 30               | -                               |

หมายเหตุ : ราคาขนส่งสินค้า ต่อ 10 กิโลกรัม

1. รถบรรทุก คิดจากอัตราค่าขนส่งเฉลี่ยจากโปรชนียภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย และผู้ประกอบการเอกชน
  2. เครื่องบิน คิดจากอัตราค่าขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า ท่าอากาศยานเชียงใหม่ และ ท่าอากาศยานพิษณุโลก
  3. รถไฟความเร็วสูง คิดในอัตรา 8 - 10 บาทต่อกิโลกรัม ระยะทางกรุงเทพถึงพิษณุโลก
  4. รถไฟทางคู่ คิดจากอัตราค่าขนส่งสินค้าประเภทพัสดุ โดยการรถไฟแห่งประเทศไทย
- ระยะเวลาในการเดินทาง รวมถึง ระยะเวลาขนถ่าย (Transit Time) ระยะเวลาขนถ่าย (Handling Time)

สัดส่วนการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในแต่ละประเภท พบว่า ผู้ขนส่งสินค้าส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะใช้รถไฟทางคู่ โดยมีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 27.71 และรถบรรทุกร้อยละ 56.51 ในส่วนของรถไฟความเร็วสูงมีเพียงร้อยละ 11.18 ที่เลือกใช้ ซึ่งรายละเอียดผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนรูปแบบขนส่งสินค้า ดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อผู้ประกอบการ

| การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (ร้อยละ) |                       |                                      |                                   |     |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----|
| รถบรรทุก<br>(Truck)                   | เครื่องบิน<br>(Plane) | รถไฟความเร็วสูง<br>(High Speed Rail) | รถไฟทางคู่<br>(Double track Rail) | รวม |
| 56.51                                 | 4.59                  | 11.18                                | 27.71                             | 100 |

## 5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของสินค้าที่มีโอกาสในการขนส่งโดยรถไฟความเร็วสูง พบว่า สินค้าโปรชนียภัณฑ์ประเภทเร่งด่วน สินค้าที่ขนส่งทางอากาศ เพชร พลอย ทองคำ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ แผงวงจรไฟฟ้า รวมถึงสินค้าทางการเกษตร ผลไม้และดอกไม้ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่ต้องการความรวดเร็วในการขนส่ง รวมถึงสินค้าบางชนิดเสียหายและบอบช้ำได้ง่าย ต้องได้รับความดูแลในการขนส่งเป็นอย่างดี แต่สินค้าทางการเกษตรที่มีราคาต่ำและสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ไม่ต้องใช้ความรวดเร็วในการขนส่ง

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพสินค้าที่มีโอกาสในการขนส่งด้วยรถไฟความเร็วสูง พบว่า สินค้าโปรชนียภัณฑ์ประเภทเร่งด่วน สินค้าที่ขนส่งทางอากาศ เพชร พลอย ทองคำ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ แผงวงจรไฟฟ้า รวมถึงสินค้าทางการเกษตรจำพวก ผลไม้และดอกไม้ตัดเกรด ซึ่งส่วนใหญ่การกำหนดราคายาจะแปรผันกับความรวดเร็วในการ

ขนส่ง รวมถึงความเสียหายและการบอบซ้ำของสินค้า อีกทั้งผลการพัฒนาแบบจำลองโดยวิเคราะห์ปัจจัย อาทิเช่น ค่าขนส่ง ระยะเวลาเดินทาง ระยะเวลาขนถ่าย ความล่าช้าและความถี่ในการให้บริการ พบว่า เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การประยุกต์ใช้แบบจำลองชี้ให้เห็นกลุ่มตัวอย่างที่มีแนวโน้มที่จะเลือกใช้การขนส่งระบบรางมากยิ่งขึ้น อาทิเช่น รถไฟทางคู่มีสัดส่วนการเลือกใช้ประมาณร้อยละ 27.71 รถไฟความเร็วสูงร้อยละ 11.18 และส่วนใหญ่ยังคงเลือกใช้รูปแบบการขนส่งโดยรถบรรทุกสินค้าร้อยละ 56.51 เนื่องด้วยผู้ประกอบการยังมีพฤติกรรมยึดติดกับการขนส่งทางถนน และมีมุมมองด้านการเข้าถึงและขั้นตอนกระบวนการในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง โดยยึดถือระยะขนถ่ายสินค้า (Handling Time) มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง (Transit Time) เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งได้ถูกกำหนดไว้ด้วยตารางการเดินทางที่แน่นอน ซึ่งหากมีการวางนโยบายเพื่อพัฒนาจุดเชื่อมต่อเพื่อการขนถ่ายและปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย จะส่งผลให้สัดส่วนการขนส่งสินค้าโดยรถไฟความเร็วสูงเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย รวมถึงทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้การขนส่งสินค้าทางรถไฟความเร็วสูงที่มีปริมาณไม่สูง ควรจัดทำภายในตู้โดยสารที่ถูกออกแบบมาเฉพาะให้สามารถปรับเปลี่ยนสภาพห้องโดยสารเพื่อรองรับกับการขนส่งคนหรือสินค้าตามความต้องการ และควรเลือกช่วงเวลาที่ไม่เร่งด่วน เพื่อความคุ้มค่าและประสิทธิภาพสูงสุด

## 6. ข้อเสนอแนะ

นอกจากนี้ การประยุกต์แบบจำลองในการศึกษานี้ ได้วิเคราะห์ข้อมูลสำรวจในเบื้องต้นโดยใช้แบบจำลองโลจิสติกพหุนาม (Multinomial Logit Models) ซึ่งคุณสมบัติบางประการของแบบจำลองดังกล่าวจัดว่ามีข้อจำกัดต่อการจำลองพฤติกรรมของผู้เดินทางในสถานการณ์จริง การศึกษาในอนาคตจะดำเนินการประยุกต์แบบจำลองทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่องขั้นก้าวหน้า (Advanced Discrete Choice Models) ทั้งแบบจำลอง GEV และ Mixed Logit Models เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมและรสนิยมของผู้เดินทาง อันเกิดจากความคล้ายคลึงกันระหว่างตัวเลือกและความหลากหลายทางรสนิยมของผู้เดินทาง (Taste Heterogeneity)

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิศวกรรมขนส่งและเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม สำหรับความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษานี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- CUTR. (2004). **Analysis of Freight Movement Mode Choice Factors**, The Center for Urban Transportation Research. University of South Florida, Award # B-D238, Report for Florida Department of Transportation Rail Planning and Safety.
- Ben-Akiva, M., Lerman S. (1985). **Discrete Choice Analysis : Theory and Application to Travel Demand**. Cambridge : MIT Press.
- Hensher, D. A., Rose, J. M. and Greene, W. H. (2005). **Applied Choice Analysis**. Cambridge : Cambridge University Press.
- Richards, M. G., & Ben-Akiva, M. (1974). "A simultaneous destination and mode choice model for shopping trips." **Transportation**. 3(4) : 343-356.
- Train, K. (2003). **Discrete Choice Methods with Simulation**. Cambridge : MIT Press.
- Schab, K. (2016). "Global Competitiveness Index 2015 – 2016 Rankings." **The Global Competitiveness Report**. Switzerland : World Economic Forum.

## ระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

วันทนา สุขมณี<sup>1\*</sup> สันติ สาแก้ว<sup>2</sup> บุญยัง สิงห์เจริญ<sup>3</sup>

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์<sup>1\*2 3</sup>

อีเมล : Sukmanee.w@gmail.com<sup>1\*</sup>

วันที่รับบทความ 20 สิงหาคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 24 สิงหาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 26 สิงหาคม 2562

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ โดยใช้ตัวต้านทานไวแสง เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟและใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว แล้วส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอา두โน เพื่อควบคุมความสว่างของหลอดไฟ ซึ่งโครงสร้างใช้ตู้พลาสติกกันน้ำ ขนาดกว้าง 13 เซนติเมตร ยาว 26.5 เซนติเมตร สูง 44 เซนติเมตร ใช้หลอดไฟแอลอีดีขนาด 12 วัตต์ 2 ดวง และใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์เป็นแหล่งสำรองไฟ ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวพบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ทุกครั้งคิดเป็น 100 % ระยะเฉลี่ยที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้เท่ากับ 5.11 เมตร และผลการทดสอบหาเวลาใช้งานของแบตเตอรี่เมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็มใช้งานขณะหลอดไฟสว่างจนแบตเตอรี่หมด พบว่าระยะเวลาใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 2.18 ชั่วโมง

**คำสำคัญ :** ไฟทางเดินอัจฉริยะ ตัวต้านทานไวแสง เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว อาดูโน

## Smart Lighting Control System with Backup Power

Wantana Sukmanee<sup>1\*</sup>, Santi Sakaew<sup>2</sup>, Boonyang Singcharone<sup>3</sup>

Faculty of Agriculture and Technology Rajamangala University of

Technology Isan Surin Campus<sup>1\*,2,3</sup>

E – mail : Sukmanee.w@gmail.com<sup>1\*</sup>

Received 20 August 2019

Revised 24 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

This research aims to design and build smart lighting control system with backup power using LDR and PIR motion sensors control signals for sending to Adino board for turn on-off the lights. The size of CA/CT is 13x26.5x44 centimeters consist of 2 LED 12 watt and 12 volt battery. The test results of the motion sensor performance test is 100 %, average distance that the sensor detects is 5.11 meters and test results of battery usage time when charging the battery fully until runs out found that average time is 2.18 hr.

**Keywords :** Smart Lighting, LDR, PIR Motion Sensor, Arduino

## 1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน พลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากจึงต้องมีการจัดสรรและจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอและมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นหลายเท่าตัว ทำให้ส่งผลกระทบต่อแหล่งที่มาของพลังงานนั้นคือทรัพยากร เนื่องจากทรัพยากรที่มีอยู่ถูกนำมาใช้เพิ่มขึ้นตามความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่พลังงานต่าง ๆ มีอยู่อย่างจำกัดและกำลังจะหมดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากสถานะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของประเทศสูงขึ้น ทำให้ประชากรต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นไปด้วย เช่น การเปิดใช้งานของพัดลมเครื่องปรับอากาศ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ รวมไปถึงระบบแสงสว่าง ส่งผลให้มีภาระค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น (สันติสาแก้ว, 2559)

ดังนั้น จึงมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยมาตรการลดการใช้พลังงานระบบแสงสว่าง โดยออกแบบการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ ซึ่งมีหลากหลายวิธีในการควบคุม อรรถวรรณ คำไชรี และ ทิพวิมล ชมพูคำ (2559) ได้ศึกษาและสร้างโมเดลระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้า เป็นการทำงานร่วมกันของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์วัดระยะและบอร์ดราสเบอรี่พาย ซึ่งพัฒนาและเขียนโปรแกรมสั่งงานด้วยภาษาซี ซึ่งระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฉวีวรรณ ดวงทาแสง และคณะ (2558) ได้พัฒนาระบบเปิด-ปิดไฟภายในห้องแบบอัตโนมัติ โดยประกอบด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรขับรีเลย์ ซึ่งระบบทำการตรวจวัดความเข้มแสงและการเคลื่อนไหวสามารถปฏิบัติการครอบคลุมพื้นที่ได้ติดตามทิศทางการรับสัญญาณของเซ็นเซอร์และมีประสิทธิภาพการทำงานตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้อย่างถูกต้องและแม่นยำ จากการศึกษาจะเห็นว่าการพัฒนาระบบเปิด-ปิดไฟแบบอัตโนมัติยังไม่มีมีการสำรองไฟขณะไฟดับในกรณีฉุกเฉิน

งานวิจัยนี้จึงได้มีการสร้างระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟทางเดิน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดูโน้ ในการควบคุมการทำงานและการประมวลผล และเนื่องจากหลอดไฟที่ใช้ เช่น หลอดไฟบนถนน หลอดไฟตามสถานที่สาธารณะหรือหลอดไฟบ้านทั่วไปนั้น จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการเปิด-ปิดสวิตซ์การทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้คณะผู้วิจัยเกิดแนวคิดในการศึกษาค้นคว้าออกแบบและสร้างระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า หากเราสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟทางเดิน จะช่วยลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองตรงนี้ได้ และยังอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานอีกด้วย

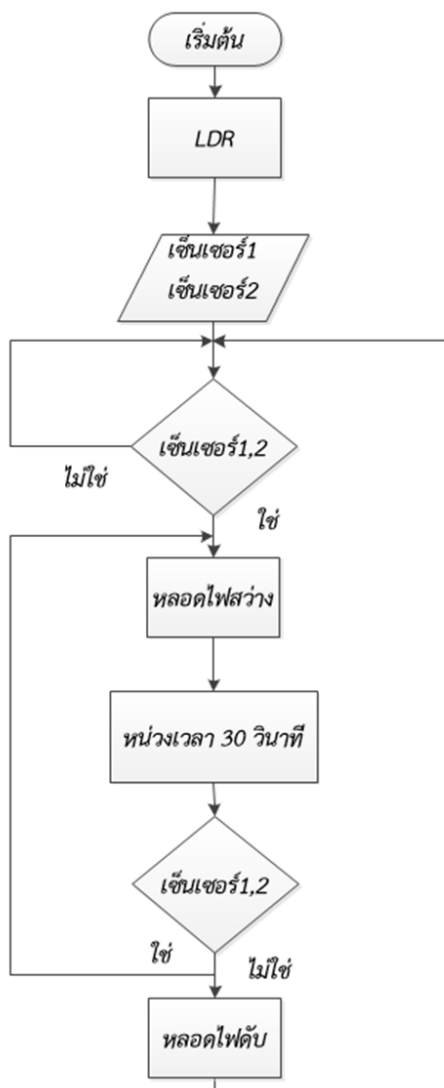
## 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานและออกแบบระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ
- 2.2 เพื่อสร้างระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ
- 2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

## 3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ มีหลักการทำงานเริ่มจากการรับค่า LDR และเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด (PIR Motion Sensor) จากนั้นส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดูโน้เพื่อประมวลผล แล้วส่งสัญญาณควบคุมเพื่อใช้ในการเปิด-ปิดหลอดไฟ โดยระบบ

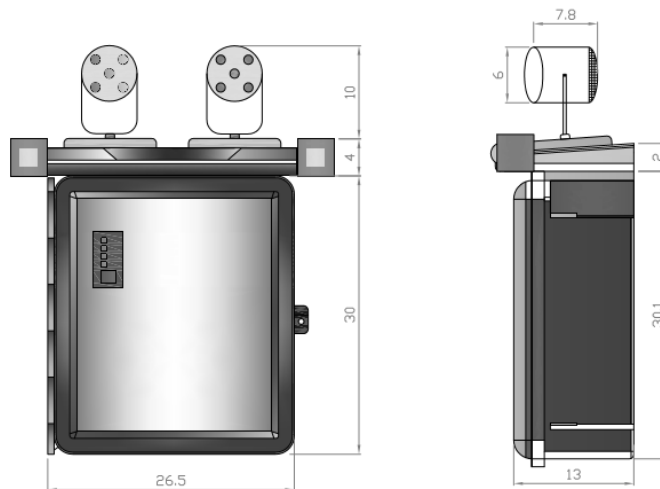
ควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ มีระบบสำรองไฟฉุกเฉินสำหรับกรณีไม่มีไฟฟ้าอีกด้วย ดังหลักการ  
ทำงานของระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

ซึ่งขอบเขตของระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ คือ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวรัศมีตรวจจับ 5 - 7 เมตร ควบคุมโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดูโน้ ใช้ตัวต้านทานไวแสง (LDR) เป็นอุปกรณ์ในการเปิด-ปิดหลอดไฟและใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์เป็นแหล่งสำรองไฟ

3.2 ออกแบบชิ้นงาน โดยใช้ตู้กันน้ำ CA/CT เป็นตัวติดตั้งแผงวงจรควบคุมไว้ภายในตู้ มีความกว้าง 13 เซนติเมตร ยาว 26.5 เซนติเมตรและสูง 44 เซนติเมตร ส่วนโครงสร้างของเซ็นเซอร์มีความกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตรและสูง 4 เซนติเมตร โดยใช้หลอดไฟขนาด 12 วัตต์ 2 ดวง เพื่อใช้งานร่วมกับระบบ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ยาว 7.8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างตู้ควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะ

ในส่วนของการออกแบบวงจรนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ การออกแบบวงจรควบคุม LDR การออกแบบวงจรควบคุมเซ็นเซอร์ PIR การออกแบบวงจรควบคุมสัญญาณ PWM และการออกแบบวงจรลดแรงดัน

3.3 ออกแบบหาขนาดแบตเตอรี่ ดังสมการที่ (1)

$$\text{ขนาดของแบตเตอรี่ (A/hr)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของโหลด (w)} \times \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน (hr)}}{\text{แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่} \times \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่}} \quad (1)$$

3.4 ดำเนินการสร้างระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

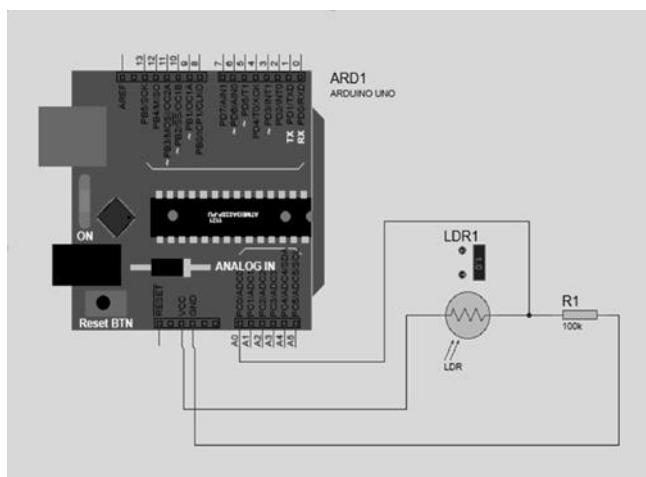
3.5 หาประสิทธิภาพของระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานและออกแบบระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

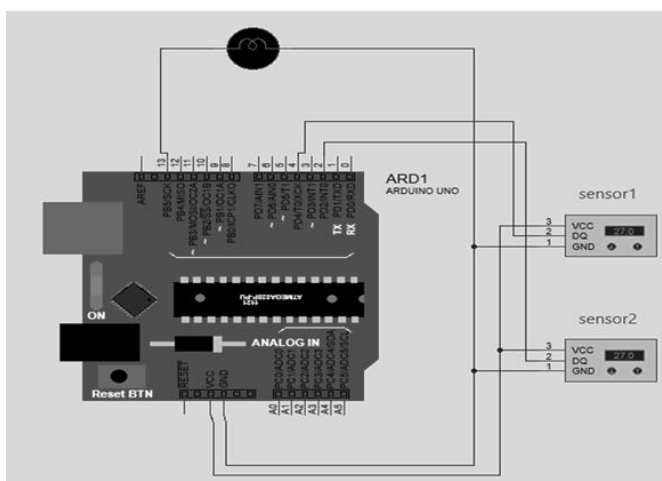
ในการออกแบบวงจรควบคุม LDR ออกแบบโดยใช้บอร์ดอาร์ดูโน้เป็นตัวควบคุมการทำงาน พอร์ต VCC เป็นไฟเลี้ยง LDR พอร์ต GND สำหรับต่อกราวด์และพอร์ต A0 เป็นพอร์ตเอาต์พุต ดังรูปที่ 3





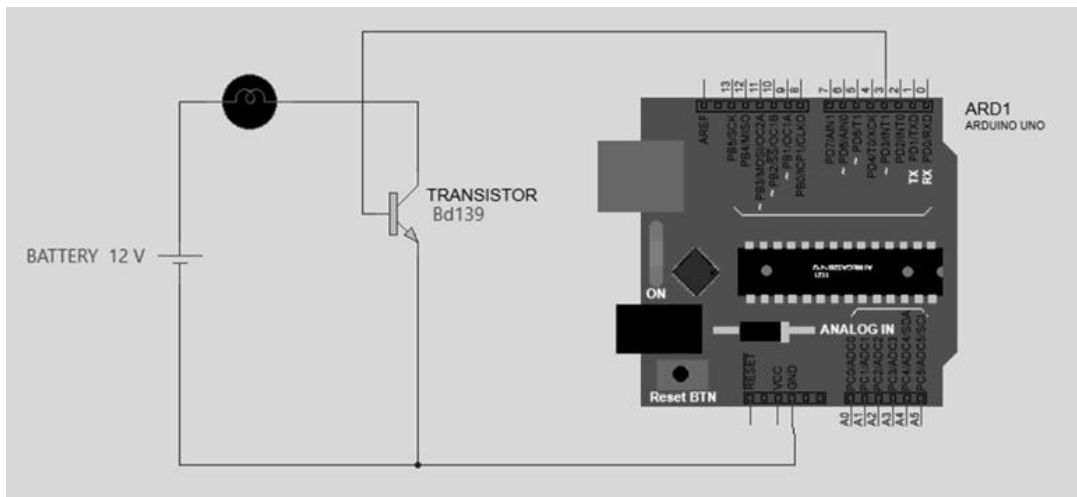
รูปที่ 3 การออกแบบวงจรควบคุม LDR

การออกแบบวงจรควบคุมเซ็นเซอร์ PIR ออกแบบโดยใช้บอร์ดอาร์ดูโนเป็นตัวควบคุมการทำงานพอร์ต VCC เป็นไฟเลี้ยงเซ็นเซอร์ พอร์ต GND สำหรับไวต์ต่อกราวด์ พอร์ต 2 และ 4 เป็นเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 และ 2 และ พอร์ต 13 เป็นพอร์ตเอาต์พุตแสดงการทำงานของวงจร ดังรูปที่ 4



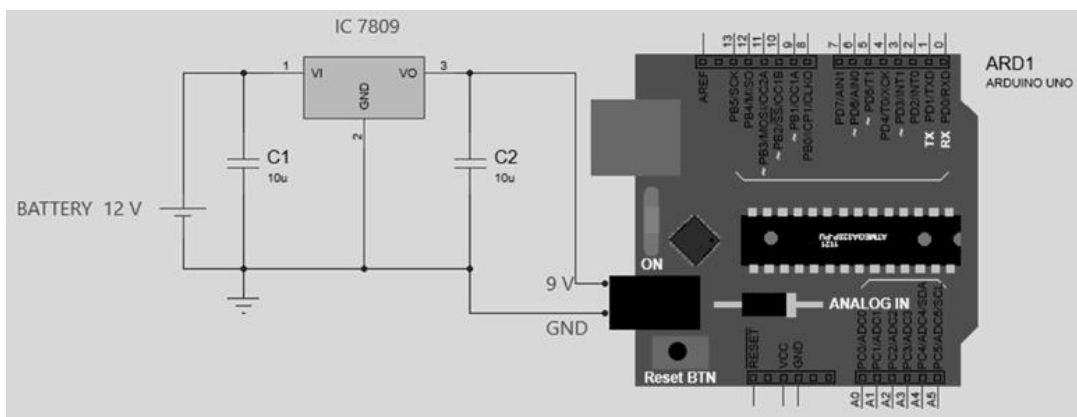
รูปที่ 4 การออกแบบวงจรควบคุมเซ็นเซอร์ PIR

การออกแบบวงจรควบคุมสัญญาณ PWM ทำได้โดยใช้บอร์ดอาร์ดูโนเป็นตัวควบคุมการทำงาน ขั้วบวกของ แบตเตอรี่ต่อเข้ากับขั้วบวกของหลอดไฟ ขั้วลบของหลอดไฟต่อเข้ากับขา COLLECTOR ของทรานซิสเตอร์ พอร์ต GND ต่อเข้ากับขา EMITTER ของทรานซิสเตอร์และขั้วลบจากแบตเตอรี่ พอร์ต 3 ต่อเข้ากับขา BASE ของ ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 5



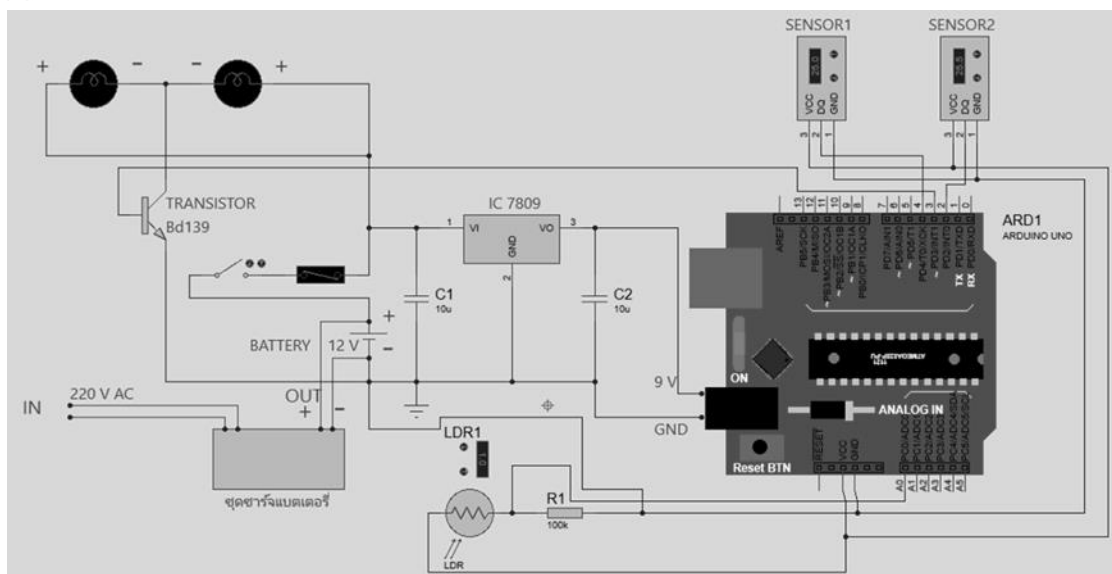
รูปที่ 5 การออกแบบวงจรควบคุมสัญญาณ PWM

การออกแบบวงจรลดแรงดันเป็นการลดแรงดันจาก 12 โวลต์ เป็น 9 โวลต์ โดยขั้วบวกของแบตเตอรี่ต่อเข้ากับขาอินพุต ของ IC 7809 แล้วนำ Capacitor มาต่อคร่อม ขาเอาต์พุต ของ IC 7809 ต่อเข้ากับบอร์ดอาร์ดูโน้และนำ Capacitor มาต่อคร่อม ขา Ground ของ IC 7809 ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่และต่อเข้ากับบอร์ดอาร์ดูโน้ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การออกแบบวงจรลดแรงดัน

และเมื่อนำวงจรควบคุม LDR วงจรควบคุมเซ็นเซอร์ PIR วงจรควบคุมสัญญาณ PWM และการออกแบบวงจรลดแรงดันจาก 12 โวลต์ เป็น 9 โวลต์ มาต่อรวมกันจะได้วงจรควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะ

ออกแบบหาขนาดแบตเตอรี่ โดยกำหนดเวลาใช้งานประมาณ 2.50 ชั่วโมง แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แรงดัน 12 โวลต์ แทนในสมการที่ (1)

$$\text{ขนาดของแบตเตอรี่ (A/hr)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของโหลด (w)} \times \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน (hr)}}{\text{แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่} \times \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่}}$$

$$= \frac{24 \times 2.50}{12 \times 0.8} = 6.25$$

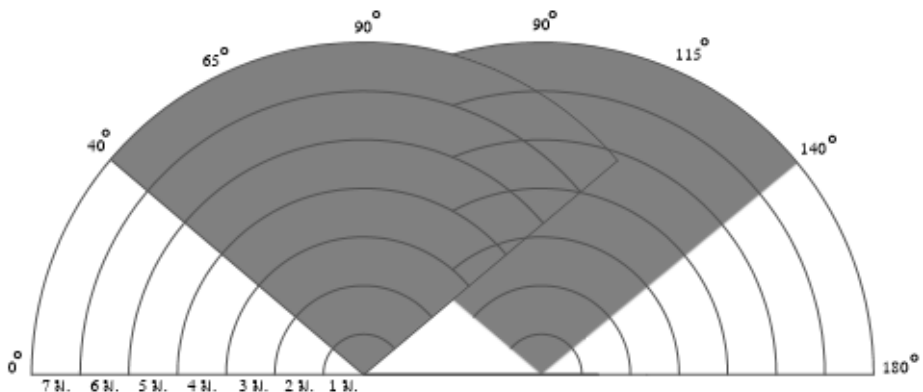
ดังนั้น จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาด 12 โวลต์ กระแส 6.25 A/hr

#### 4.2 สร้างระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

เมื่อนำวงจรควบคุม LDR วงจรควบคุมเซ็นเซอร์ PIR วงจรควบคุมสัญญาณ PWM และการออกแบบวงจรลดแรงดันจาก 12 โวลต์ เป็น 9 โวลต์ มาต่อร่วมกันจะได้วงจรควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะอีกทั้งยังออกแบบหาขนาดแบตเตอรี่ โดยกำหนดเวลาใช้งานประมาณ 2.50 ชั่วโมง แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แรงดัน 12 โวลต์

#### 4.3 หาประสิทธิภาพของระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ

การทดสอบหาประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด โดยติดตั้งระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ สูงจากพื้น 2.20 เมตร และทดสอบโดยให้ผู้ทดลองเดินเข้าหาเซ็นเซอร์ในระดับองศาที่กำหนด คือ 40 องศา 65 องศา 90 องศา 115 องศาและ 140 องศา โดยทดสอบ 10 ครั้ง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ระยะองศาที่ใช้ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์

การหาระยะที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบองศาการตรวจจับของเซ็นเซอร์

| จำนวนครั้ง | ระยะที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ (เมตร) |         |         |          |          |
|------------|-----------------------------------|---------|---------|----------|----------|
|            | 40 องศา                           | 65 องศา | 90 องศา | 115 องศา | 140 องศา |
| 1          | 3.70                              | 5.30    | 7.00    | 5.90     | 4.00     |
| 2          | 3.10                              | 6.50    | 6.20    | 6.80     | 3.30     |
| 3          | 4.30                              | 7.10    | 5.60    | 6.40     | 3.40     |
| 4          | 3.00                              | 6.00    | 5.40    | 7.10     | 3.90     |
| 5          | 3.20                              | 7.15    | 5.80    | 7.00     | 4.50     |
| 6          | 3.20                              | 5.90    | 5.60    | 6.70     | 4.10     |
| 7          | 3.80                              | 5.00    | 5.80    | 6.70     | 3.40     |
| 8          | 4.10                              | 6.30    | 4.90    | 5.50     | 3.50     |
| 9          | 4.00                              | 5.70    | 5.60    | 6.20     | 3.40     |
| 10         | 3.60                              | 6.40    | 6.40    | 5.00     | 3.10     |
| เฉลี่ย     | 3.60                              | 6.13    | 5.83    | 6.33     | 3.66     |

จากตารางที่ 1 พบว่าการหาระยะที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ทุกครั้งคิดเป็น 100 % ของการทำงาน จะเห็นได้ว่าที่ระดับ 115 องศา เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับระยะการเคลื่อนไหวได้ไกลสุดเฉลี่ยที่ 6.33 เมตรและระดับองศาที่จับความเคลื่อนไหวได้ใกล้สุดคือ 40 องศาที่ระยะเฉลี่ย 3.60 เมตร และระยะเฉลี่ยที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ทั้ง 5 ตำแหน่ง คือ 5.11 เมตร

## ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาเวลาใช้งานของแบตเตอรี่

| จำนวนครั้ง | เวลาใช้งานของแบตเตอรี่ (นาที) |
|------------|-------------------------------|
| 1          | 138                           |
| 2          | 142                           |
| 3          | 125                           |
| 4          | 132                           |
| 5          | 119                           |
| เฉลี่ย     | 131                           |

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาเวลาใช้งานของแบตเตอรี่ เมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็มขณะหลอดไฟสว่าง แล้วทดสอบหาเวลาใช้งานจนหมดแบตเตอรี่จำนวน 5 ครั้ง ซึ่งใช้ระยะเวลาใช้งานเฉลี่ย 131 นาที หรือ 2.18 ชั่วโมง

### 5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลทดสอบหาประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบอินฟราเรด พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ทุกครั้งคิดเป็น 100 % ของการทำงาน ระยะที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ที่ระดับ 115 องศา เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับระยะการเคลื่อนไหวได้ไกลสุดเฉลี่ย 6.33 เมตรและระดับองศาที่จับความเคลื่อนไหวได้ไกลที่สุด คือ 40 องศาที่ระยะเฉลี่ย 3.60 เมตร และระยะเฉลี่ยที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ทั้ง 5 ตำแหน่ง คือ 5.11 เมตร ผลการทดสอบหาเวลาใช้งานของแบตเตอรี่เมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็มใช้งานขณะหลอดไฟสว่างจนแบตเตอรี่หมด พบว่า ระยะเวลาใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 2.18 ชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าที่ออกแบบไว้เนื่องจากสภาพแบตเตอรี่และระยะเวลาในการชาร์จทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 12.8% ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัย สรกฤษ สิริปรีดากุล และพิมลลักษณ์ จิรกุลนก (2551 : 31) ได้พัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าด้วย Zigbee โดยใช้ SDLC 5 ชั้นและมีผลการประเมิน คุณภาพอยู่ในระดับมาก

### 6. ข้อเสนอแนะ

ระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ เมื่อทำงานเป็นเวลานาน อาจทำให้บอร์ดอาร์ดูโนเกิดความร้อน ควรติดพัดลมเพื่อระบายความร้อน เพื่อให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากต้องการเพิ่มระยะเวลาในการสำรองไฟ ควรเพิ่มขนาดของแบตเตอรี่ และระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับพลังงานงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นวิธีประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

### 7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบคุณนักศึกษา เจ้าหน้าที่สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและสถานที่ทำงานวิจัย

### 8. เอกสารอ้างอิง

ฉวีวรรณ ดวงทาแสง และคณะ. (2558). “ระบบควบคุมการเปิด - ปิดไฟภายในห้องแบบอัตโนมัติ.”

ใน การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8. วันที่ 4-6 พฤศจิกายน 2558. หน้า 211-214. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สรกฤษ สิริปรีดากุล และพิมลลักษณ์ จิรกุลนก. (2551). พัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าโดยใช้ Zigbee. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สันติ สาแก้ว และคณะ. (2559). “เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบ 2 ใบพัดหมุนสวนทาง.”

ใน การประชุมประชุมวิชาการระดับชาติ ราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8 “วิจัยเพื่อประเทศไทย 4.0”. วันที่ 22-23 ธันวาคม 2559. หน้า B112-B115. สุรินทร์ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

อรรธรณ คำไซร์ และ ทิพนิมล ชมพูคำ. (2559). “การพัฒนาระบบควบคุมการเปิด ปิดไฟฟ้าด้วยเซ็นเซอร์.”

ใน การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2. วันที่ 30-31 มีนาคม 2559. หน้า 16-21. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

## 9. คุณค่าทางวิชาการ

ปัจจุบันการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว การลดใช้พลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟยังเป็นอีกวิธีหนึ่งในการช่วงเรื่องลดใช้พลังงานไฟฟ้า โดยในการทดสอบระบบควบคุมไฟทางเดินอัจฉริยะแบบมีระบบสำรองไฟ พบว่าเซนเซอร์สามารถทำงานและตรวจจับวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ ทำให้ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของไฟได้จริง อีกทั้งยังสามารถพัฒนาให้เป็นแนวทางการลดใช้พลังงานอย่างยั่งยืนได้อีกด้วย

## Vertical Axis Small Wind Turbine For Electric Generation At Thung - Thalaykaew In Phitsanulok, Thailand

Chitnarong Phengtaeng<sup>1\*</sup>, Thaweesak Tanaram<sup>2</sup>, Nuttee Thungsuk<sup>3</sup>  
Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University<sup>1\*,2</sup>  
Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University<sup>3</sup>  
E - Mail : tummut555@hotmail.com<sup>1\*</sup>

Received 19 August 2019

Revised 23 August 2019

Accepted 26 August 2019

### Abstract

Wind power technology had been studied and applied in small, medium, and large scale projects. Especially, wind turbine technology for low wind speed has been interested in many communities in Thailand. This research presented the efficiency of vertical axis small wind turbine for electric generation at Thung-Thalaykeaw in Phitsanulok province of Thailand. The Artificial Neural Networks (ANN) was proposed to estimate wind speed using wind turbine generator for the low speed wind design. Design of wind turbine for electrical power generation was 12 VAC 600 W at 2.6 m/s of wind speed and installed at 20 m of height. It was charged to battery, 12V 100Ah 2 Cells. Conversion of direct current into alternating current was made by inverter size of 1 kW for supplied to electrical load. The experiment revealed that there was a relation of wind speed, blade speed, output voltage, and charging period of battery. At 2.6 m/s of wind speed, the result indicated that blade speed was 167 rpm, generated alternating current voltage at 12 V, and a charging period of battery was 2 hours. Current was supplied to car park lighting with 15 units of 36 W fluorescent lamps. The result showed that 90 % of electrical cost was saved when the system was connected with the electrical generation system.

**Keywords:** Wind Power, Wind Turbine, Electric Generation, Artificial Neural Networks

## 1. Introduction

Energy is one of the important factors to affect country development in many ways. Electricity is the main source of energy for industrial production. At present, the demand of electricity has increased continuously. Moreover, the present electricity resources in Thailand are petrochemical products such as natural gas, oil, and coal which were non-renewable. For this reason, renewable resources to produce electricity are interested, such as wind, solar, wave, biomass, and hydro-energy. Energies from natural resource are renewable, clean, and non-polluted. Wind can be used as a resource for electricity production but the unstable wind speed and directions are main problems. Therefore, it is interesting to study wind speed from local area to estimate the probability to install wind turbine.

In this research, the Artificial Neural Networks (ANN) was proposed to estimate wind speed using wind turbine generators in comparison with data from Pibulsongkram Rajabhat University in year 2009 – 2012 to estimate the accuracy estimation of ANN and then used data to design low speed wind turbine. Wind turbine for generating electrical energy was used in form of kinetic energy into mechanical energy then it was transferred to generator. Presently, the use of small or large wind turbine is based on wind speed of each area.



Fig.1 Placement of coil and magnetic for wind turbine

## Neural network

Neural network from nervous system is a network to be used as a Mathematical modeling tool. Nervous system is the system with massively parallel distributed processor which has an ability to store and recall data from learning experience. Nervous system is a brain alike where data are stored via learning process in a form of free parameter in the network. In general, nervous system composes of computing node or neuron in a form of network.

The normal structure of ANN is composed of input, hidden, and output layers. In input layer, the neurons accept the outside stimulation as input. By inputting the training data, the experience values in the network are changed by the training. Such a “learning experience” is



stored in thresholds and weights. Normally, these inputs are often critical parameters that affect the system are shown in Fig 2.

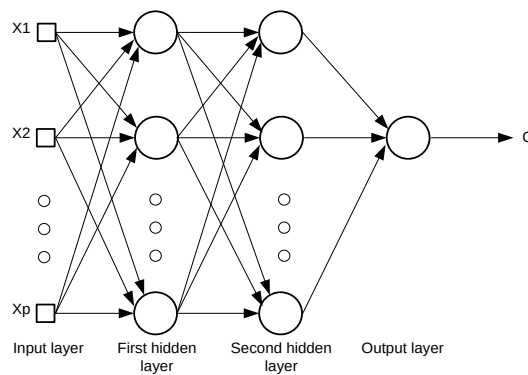


Fig 2. Structure of ANN

### Model of neural network

Neural model is a nervous system which composes of a single neuron with weight balance. Connection and threshold are shown in Fig 3.

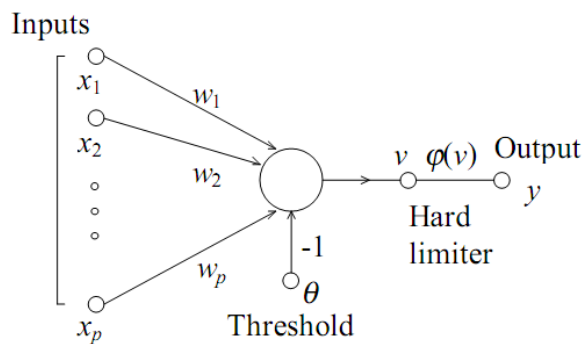


Fig 3. Model of ANN

so

$x_i$  : Data input into I of neural

$w_i$  : weight of neural

$\theta$  : Threshold

$\phi$  : vector input

From model can be written as an equation.

$$v = \sum_{i=0}^p w_i x_i \dots \dots \dots (1)$$

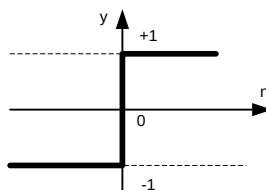
### Transfer function

To be able to choose transfer function, the analysis is performed to suite the system or problems which is to be solved. There are several types, for example

#### 1. Hard limit

$$y=0 \text{ if } n < 0$$

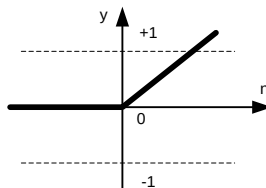
$$y=1 \text{ if } n \geq 0$$



#### 2. Positive linear

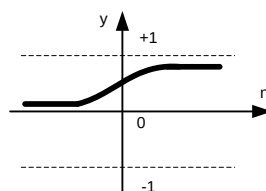
$$y=0 \text{ if } n < 0$$

$$y=n \text{ if } n \geq 0$$



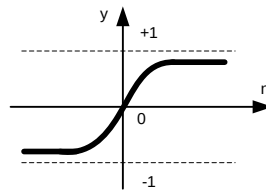
#### 3. Log-sigmoid

$$y = \frac{1}{1+e^{-n}}$$



#### 4. Hyperbolic tangent sigmoid

$$y = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}} \dots \dots \dots (2)$$



## Learning Rule

In the learning rule or training algorithm to design neural network, the main part is to find the parameters of the system which are neural weight and bias value which can be divided into 3 groups.

### 1. Supervised ANN:

The supervised ANN requires the sets of inputs and the outputs for its training. During the training, the output from the ANN is compared with the desired output (target) and the difference (error) is reduced by employing some algorithm. This training is repeated till the actual output acquires an acceptable level.

### 2. Unsupervised ANN:

The artificial neural network, which does not require a superior or teacher for training, is known as unsupervised ANN. In competitive or unsupervised learning units of the output layer compete for the chance to respond to a given input pattern.

### 3. Re-enforcement ANN:

In this learning method, the learning of an input-output mapping is performed through continued with the environment in order to minimize a scalar index of performance.

## Experimental Design

In this experiment, data of wind speed from 150 W, wind turbine generators were compared with data from Pibulsongkram Rajabhat University by using MATLAB program. The simulation of ANN was investigated using input data from wind speed collected at the station from 2015 to 2016 showed in Fig 4 and Fig 5.

Then they had to predict 1 year from January 2017 to December 2018, compared to the measurement of wind speeds at to vertical axis wind turbines.

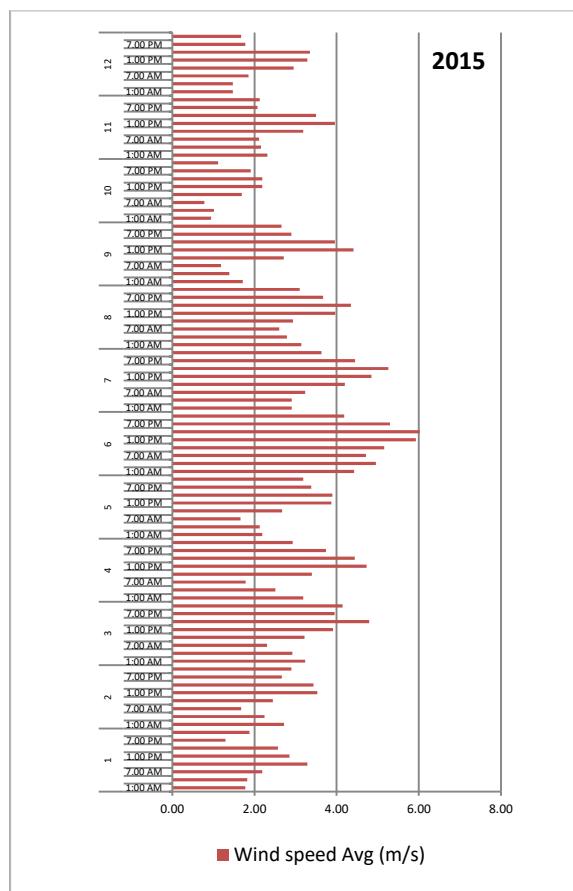


Fig 4 Wind speed in year 2015

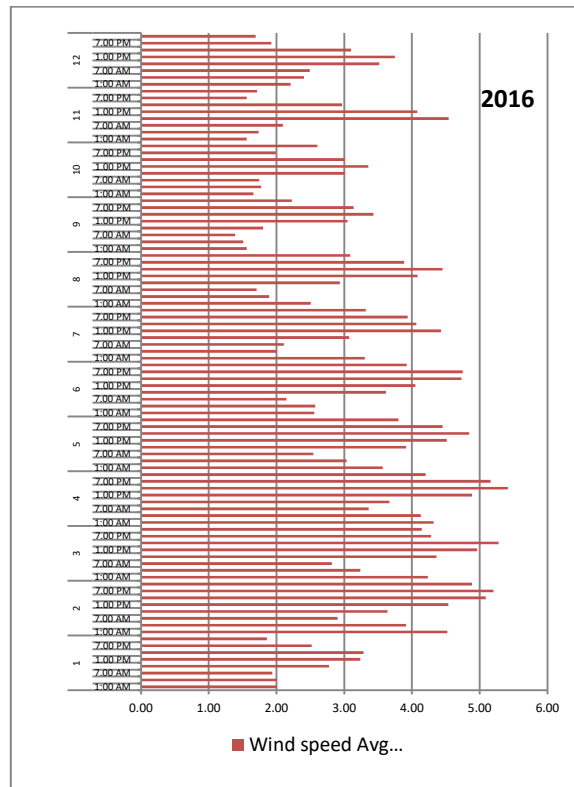


Fig 5 Wind speed in year 2016

### Experimental Setup

Data from ANN simulation was used to design low speed wind turbine. The wind turbine to generate electrical energy for this research was shown in fig. 8. The wind turbine consisted of AC generator capacity 12 VAC 600 W at wind speed 3 m/s and was installed at 20 m of height. Generating electricity would be paid to battery, 12 V 100 Ah 2 Cells, by conversion from direct current voltage into alternating current voltage by inverter size 1kW after that it would be supplied to electrical load to figure out the efficiency of electrical generating system of wind turbine.

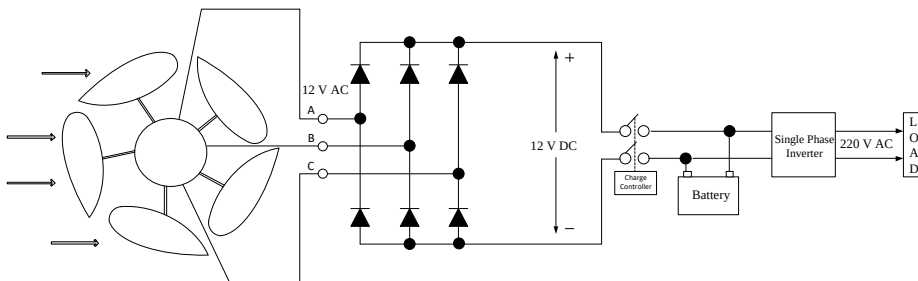


Fig. 6 Schematic of the experimental setup

Wind speed at installation area of wind turbine would be measured and recorded during the experiment. It would then calculate the average, maximum, and minimum value of wind speed. After that, the data would be used for the design of wind turbine to appropriate with wind speed at installation area to maximize efficiency of system (see. fig. 6). Average wind speed from data was about 3 m/s and then designed size of wind turbine was 600W. The formula for calculating the size of wind turbine is shown below:

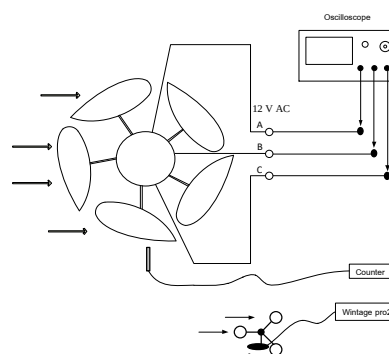
$$\text{wind turbine sizing (W)} = 0.15 \times d^2 \times \text{max speed}^3 \quad (3)$$

Hence, calculated wind turbine sizing was 2.4 meter in diameter. Selected type of wind turbine was HAWT. The calculated wind turbine was built and installed at Thung-Thalaykaew (see fig. 7).



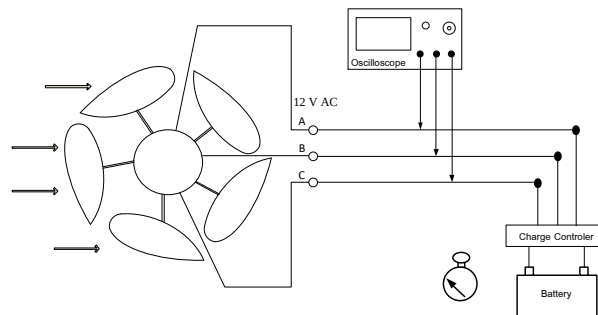
**Fig. 7** Installed Wind turbine at Thung-Thalaykaew at 20 meter of height

Electrical voltage from wind turbine would be tested by calculation for blade speed at wind speed 3 m/s, blade speed of wind turbine as calculated was 167 rpm. Blade speed would be controlled and output voltage would be measured by oscilloscope (see. fig.8).



**Fig. 8** Schematic of equipment installation

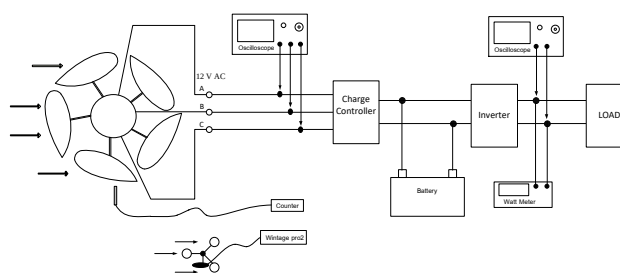
The testing of voltage charging period to battery would be tested by measuring electrical voltage and electrical current output from wind turbine by installing the charging controller to control electrical charging and recording of charging period (see. fig. 9).



**Fig. 9** Schematic of charging controller installation

Measured data would be recorded during wind turbine operation, such as wind speed, blade speed, and output voltage. Then they would be used to analyze the relationship of each value to improve wind turbine (see fig.8).

Wind turbine would be tested during the operation by installing inverter size 1kW for converting direct current voltage to alternating current voltage and supplied to car park lighting that consisted of fluorescent lamp 36 W total 15 units. At the same time, wind speed would be measured and recorded, together with output voltage of charging to battery and voltage supplied to load. The period of testing was 1 month then the recorded data would be used for analyzing to improve the system continually (see fig. 10).



**Fig. 10** Schematic of operation testing

## Result

In this section results were presented. ANN would modify the weights and thresholds to learn the optimum behavior of the system by many epochs of learning samples. The learning method used during the process was gradient descent with moment weight change and historical learning experience.

The network of ANN use Tansig of transfer function for input and Purelin of transfer function for output. Input data was value between 0 – 1 from neural weights and bias value of ANN network would start from random value. There requirement of goal was zero and ANN had been learning from wind speed record in year 2015 and year 2016 for 500 cycles. And it was obtained 0.0573294 at Epochs, which was the nearest goal from this data group showed in fig 11.

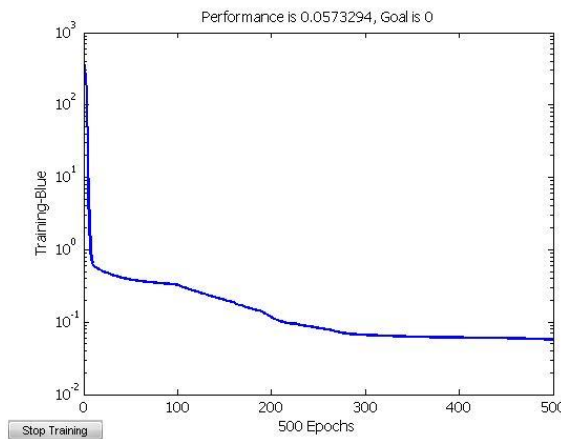


Fig 11. Training Epochs by ANN

The error of wind speed data averaged at 1.29 meter per second. The error of the lowest wind speed averaged at zero m/s and the total average error was 0.29 m/s, these could be observed from fig 12.

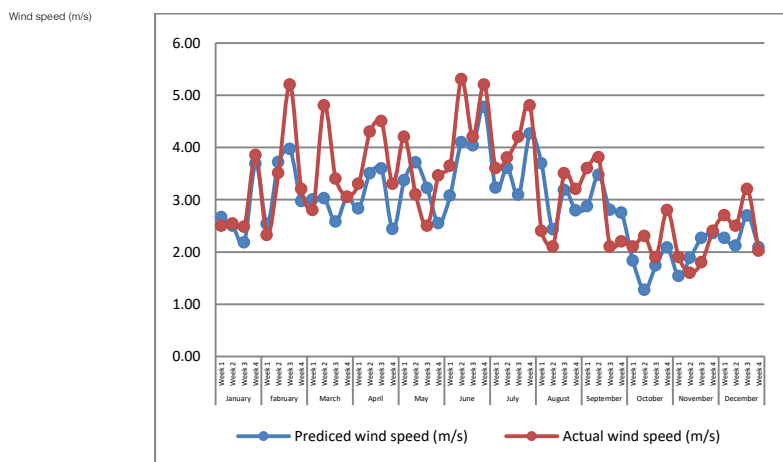


Fig 12. Comparison between predict and actual of wind speed



The testing for electrical voltage from wind turbine at blade speed 167 rpm found that electrical voltage was 12 V and frequency 16 Hz. The wave showed at oscilloscope, sine wave (see fig. 13).

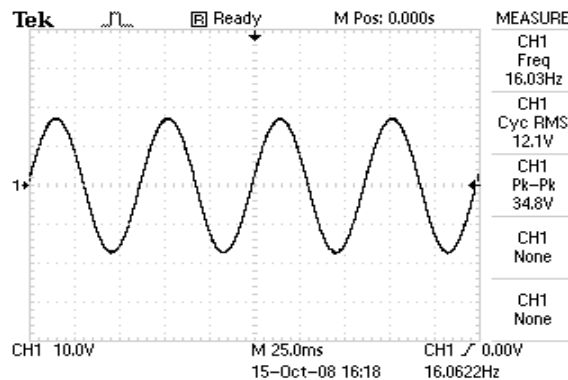


Fig. 13 Voltage from wind turbine

The relation of wind speed and blade speed of wind turbine (see fig. 14) found that maximum blade speed of wind turbine was about 170 rpm at wind speed 4.5 m/s, minimum blade speed was about 100 rpm at wind speed 1.7 m/s, and average blade speed was 133 rpm at 2.84 m/s.

The relation of wind speed and output voltages (see fig. 15) found that maximum output voltage was about 15 V at wind speed about 3.4 – 4.5 m/s, minimum output voltage was about 6 V at wind speed 1.7 m/s, and average output voltage was 13 V at wind speed 2.84 m/s.

The relation of output voltages and blade speed of wind turbine (see fig. 16) found that maximum output voltage was about 15 V at 160 – 170 rpm, minimum output voltage was about 11 V at 100 rpm and average output voltage was about 13 V at 132 rpm.

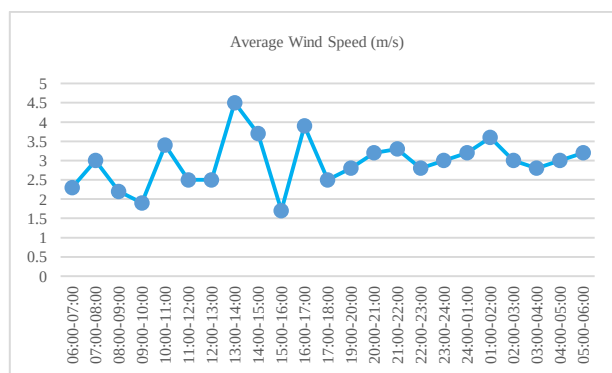


Fig. 14 Average wind speed in during time

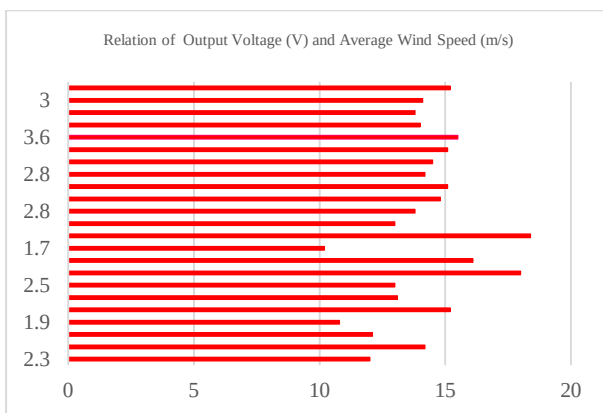


Fig. 15 Relation of wind speed and output voltage

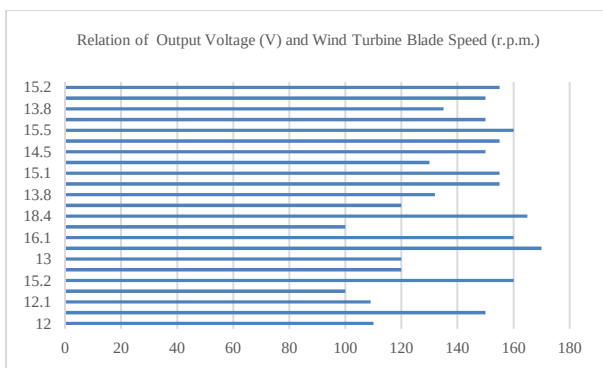


Fig. 16 Relation of output voltage and blade speed

The result of testing during the operation was shown in fig. 17. The output voltage from inverter could be supplied to fluorescent lamps of car park. The result showed that 10% of electrical cost was saved when the system was connected with the electrical generation system.

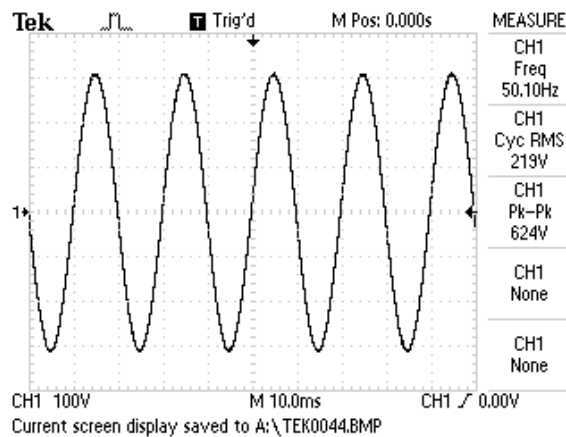


Fig. 17 Output voltage from inverter

## Conclusion

The neural network could be used to predict the wind speed from different location but there were some errors from unstable wind speed. However, the average of estimation was acceptable. The average of wind speed for the whole year 2011 at the installation point averaged at 2.2 m/s from predicted wind speed by ANN and average wind speed from actual was 2.5 m/s.

The average wind speed was at 2.2 m/s, produced the blade speed of wind turbine at approximately 110 rpm and output voltage was at about 12 V. However, if the wind speed was less than 2.2 m/s, it would be result in the decline of output voltage. Therefore, optimized wind speed should be more than or equal to 2.2 m/s.

The designed wind turbine installed at Thung-Thalaykaew, Phitsanulok province got the potential to develop but it still had some drawbacks which needed to be improved. For instance, the battery could not be charged when wind speed was both lower and higher than the average wind speed. In the case of low wind speed, the output voltage could not be charged. However, when the wind speed was high, it resulted in the folding of turbine tail. Therefore, multiple wind turbines should be installed in order to improve the system. In addition, the use of other renewable energies, such as solar energy, combined with this wind turbine is recommended. Thus, this experiment found that the designed wind turbine might be used in areas that similar to Thung-Thalaykaew.

## Acknowledgement

This research was supported by Faculty of industrial technology, Pibulsongkram Rajabhat University and Donburi Rajabhat University, Samut-Prakran

## References

- Alok Kumar, Mishra and L. Ramesh. (2009). "Application of Neural Networks in Wind Power (Generation) Prediction." **2009 International Conference on Sustainable Power Generation and Supply**. 6-7 April 2009, Nanjing, China.
- Hou Guolian, Jiang Pan, Wang Zhentao and Zhang Jianhua. (2010). "Research on Fault Diagnosis of Wind Turbine Control System Based on Artificial Neural Network." **8th World Congress on Intelligent Control and Automation**. 6-9 July 2010, Jinan, China.
- Iulia Coroama and Mihai Gavrilas. (2010). "A Study on Wind Energy Generation Forecasting Using Connectionist Models " **12th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM**. 20-22 May 2010. Basov, Romania.
- L Tarassenko. (1998). **A Guide to Neural computing applications**. New York. John : Wiley & Sons Inc.
- N.Thungsuk, N. Mungkung, A. Chaitanakulwat and T. Yuji. ( 2011). "Estimation of natural wind Using neural networks for Vertical Axis Induction Generator." **JTL-AEME 2011**. 21-23 September 2011.
- Nongkhai, Thailand N.Thungsuk, N. and Others. (2010). "Development of Vertical Axis Induction Generator Using Wind Energy." **10th WSEAS**. 4-5 October 2010. Japan.
- Oscar Barambones. (2010). "A Robust Wind Turbine Control using a Neural Network Based Wind Speed Estimator." **International Joint Conference on Neural Networks, IJCNN 2010**. 18-23 July 2010. Barcelona, Spain.
- Yanping Liu, Shuhong Liu, Hongmei Guo and Huajun Wang. (2009). "The Estimation of Wind Turbine Pitch Angle Based on ANN." **Second International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems**. 1-3 Nov. 2009. Nanjing, China.