

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
Industrial Technology
Lampang Rajabhat University Journal

วารสารกลุ่มที่ 1 ฐานข้อมูล TCI
ค่า Thai-Journal Impact Factors (T-JTF)
ปี 2559 : 0.238

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม 2561 – มิถุนายน 2561
ISSN 1906-5337

I-TECH JOURNAL LPRU



Industrial Technology
www.i-techjournal.com

**คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก**

เจ้าของ ที่ปรึกษา	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก อธิการบดี รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
บรรณาธิการ ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนางกิจกร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ สมุทรารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อติมา คุณยศยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ยิ้มละมัย

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก Peer Review)

ศ.เกียรติคุณ เสริมศักดิ์ นาคบัว	มหาวิทยาลัยศิลปากร	รศ. สุมาลี อุนทวนิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ศ.ดร. ก้องกิติ พุสสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	
ศ.ดร. ตริตศ เหล่าศิริพงษ์ทอง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รศ. สุวิช บุตรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	รศ. आयวัฒน์ สว่างผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ศ.ดร. ธนารักษ์ ธีระมันคง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ผศ.ดร. เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ศ.ดร. ปริญญา จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ.ดร. จิรพัฒน์ วาณิชวัฒนาโกศล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ผศ.ดร. นิพนธ์ เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ศ.ดร. สุพล อนันดา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร. นิวัตร พัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ศ.ดร. อภิรัฐ ศิริธราวัตร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ.ดร. บุญล้ำ สุนทร	มหาวิทยาลัยราชภัฏ
รศ.ดร. กวิน สนิธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร	พระนครศรีอยุธยา	
รศ.ดร. ชิตชัย อนันตเศรษฐ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร. ศศิธร คนทน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร. ชว่งโชติ พันธุเวช	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	ผศ.ดร. ศักดิพล เทียนเสมอ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. ดรณิ วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	ผศ.ดร. สมชาย มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ถาวร สารวิทย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร. สุธี วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.ดร. ธีรศิลป์ ทุมวิภาต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	ผศ.ดร. อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
รศ.ดร. นกมล อุทัยภักดี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ผศ.ดร. อภิชาติ แจ่งบำรุง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. นัฐพร ไชยญาติ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ผศ. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ปรงศักดิ์ อัฒพุด	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	ดร. ณัฐพร จักรวิเชียร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รศ.ดร. พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)	
รศ.ดร. พงศ์ ทรดาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	ศ. จำเนียร นันทิลก	
รศ.ดร. มนต์รี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	รศ.ดร. นันทะ บุตรน้อย	
รศ.ดร. วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียร	มหาวิทยาลัยพะเยา	ผศ.ดร. กิตติศักดิ์ สมุทรารักษ์	
รศ.ดร. วัฒนวงศ์ รัตนวราห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	ผศ.ดร. อนิรุจน์ มะโนธรรม	
รศ.ดร. วิชัย แหวนเพชร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	ผศ. พงษ์สวัสดิ์ อำนางกิจกร	
รศ.ดร. สรา อภรณ์	มหาวิทยาลัยมหิดล	Mr. James Fairhead	
รศ.ดร. เอกรัฐ บุญเชียง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร	
รศ. นิลวัฒน์ พัฒนพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก	ผศ. อติมา คุณยศยิ่ง	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
รศ. บุญชัด เนติศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก	ผศ. วิเชษฐ ยิ้มละมัย	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
รศ. ยืน ภูววรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ผศ.ดร. วศินวิโรตม์ เนติศักดิ์	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
รศ. วิชัย พฤกษ์ธาราธิกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ. นราธิป วงษ์ขัน	ฝ่ายวารสารออนไลน์
รศ. วิชัย ฤกษ์ภูริทัต	มหาวิทยาลัยนเรศวร	นาง วรวิญญา ดวงแก้ว	ฝ่ายธุรการและการเงิน
รศ. สมชาย ชื่นวัฒนาประณี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	นางสาว กมลชนก ถาแก้ว	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ
รศ. สมพงษ์ บุญเลิศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่		
รศ. สายัณห์ จันทรวิรัช	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี		

วัตถุประสงค์ : เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดออกวารสาร : ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

เว็บไซต์วารสาร : <http://www.journal.itech.lpru.ac.th>

I-TECH JOURNAL LPRU



Industrial Technology
www.i-techjournal.com

สารจาก อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

วารสารวิชาการ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม 2561 – มิถุนายน 2561 ดำเนินการจัดทำด้วยความทุ่มเทและความตั้งใจของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ด้วยการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) (กลุ่มที่ 1) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2558 - 2562 มีค่า Thai-Journal Impact Factors (T-JTF) ปี 2559 : 0.238 แสดงถึงมาตรฐานและคุณภาพของวารสารวิชาการ และเป็นการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิชาการ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศต่อไป อย่างยั่งยืน

ในโอกาสนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ ที่ร่วมกลั่นกรอง และคัดสรรผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ รวมทั้งคณะทำงานทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการนี้ จนวารสารได้รับการรับรองคุณภาพในระดับชาติ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะนำเสนอผลงานวิชาการที่มีคุณภาพและเป็นประโยชน์ต่อวงวิชาการเช่นนี้ต่อไป

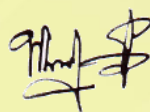
วิมล เกียรติ

รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

สารจาก บรรณาธิการ

การจัดทำวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม 2561 – มิถุนายน 2561 มีบทความจำนวน 8 เรื่อง มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผลการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) (กลุ่มที่ 1) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2558 - 2562 ค่า Thai-Journal Impact Factors (T-JIF) ปี 2559 : 0.238 ด้วยความตั้งใจและทุ่มเทของคณะทำงาน ในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการ ตามมาตรฐานวารสารวิชาการระดับชาติ

จากผลการดำเนินการของวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่เป็นสื่อกลางในการตีพิมพ์ เผยแพร่บทความวิชาการและผลงานวิจัย ของนักวิชาการ คณาจารย์และนักวิจัย ในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จนเป็นที่รู้จักและยอมรับในวงวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้คณะทำงานมีกำลังใจในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้นและยั่งยืนต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนาคิตกร
บรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สารจากบรรณาธิการ

หน้า

An Implementation of Illuminance Meter Using Light Dependent Resistor Integrated with Labview Program <i>Jassada Sarasook and Chaiyapon Thongchaisuratkrul</i>	1
การประมาณผลผลิตมะพร้าวด้วยระบบภูมิสารสนเทศ <i>ปรุ่งศักดิ์ อัดพุม</i>	12
การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควาบอย กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกควาบอย <i>พงศกร สุรินทร์, ธวัชชัย ยวนใจ, วิทวัส อุดติวงศ์ และสุทัศน์ ปานประยูร</i>	23
การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย : กรณีศึกษา อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ <i>พิทักษ์ คล้ายชม</i>	35
รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัย <i>ราชศักดิ์ สุวรรณนิจศิริ, วรวัชร ต่อวิวัฒน์ และสุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์</i>	48
การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นละอองด้วยระบบบำบัดอากาศ แบบเปียกสำหรับโรงสีข้าวชุมชน <i>วีระ พันอินทร์</i>	61
การศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมไฟโรเมตริกโคนจากวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง <i>ศิวัช ลาววัลย์วิกุล, กิตติศักดิ์ สมุทรารักษ์, วิเชษฐ ยิ้มละมัย, จักรกฤษณ์ ยันยะลา และมัตติกา บุญมา</i>	74
การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยเศษพืชผักในครัวเรือน <i>สมศักดิ์ คำมา</i>	82
ภาคผนวก	96
ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการ	97
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมิน	106

An Implementation of Illuminance Meter Using Light Dependent Resistor Integrated with Labview Program

Jassada Sarasook^{1*} and Chaiyapon Thongchaisuratkrul²

^{1,2}Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800 E-mail : jassadat77@gmail.com

Abstract

This research presents design of illuminance meter by applying light. This research presents the design of an illuminance meter by applying a light dependent resistor (LDR) for light distribution testing. The luminance value is displayed on the Labview program. In order to calibrate the proposed illuminance meter, seven types of lamp were examined. A black testing room measuring 1.5m x 1.5m x 1.5m in size was constructed with steel structure and plywood. A stepping motor was used to rotate the light from -90 to +90 degrees in order to investigate the light distribution. The driver of the motor was controlled through the Labview program. The LDR was applied to measure the illuminance and the Labview program was used to display the value. The proposed illuminance meter was calibrated with a standard digital illuminance meter. The test was done five times for each type of lamp. According to the experiment, results showed that the proposed illuminance meter could measure at the range of 0- 900 lux. The average error was 4.42% with a standard deviation of 4.85. A high error occurred at low luminosity and it decreased when luminosity levels increased.

Keywords : Lighting system, Light distribution, Illuminance meter, LDR, Labview

1. Introduction

As we recognize that the lighting system is very important on living thing dairy life activities. Hence it is necessary that how to use and design lighting system is suitable for each activity. Lighting not only needs for working but also leads to efficient work. The productive design of light system affects to see clearly, rapidly, correctly and work effectively (Thongchaisuratkrul, C., 2011). According to research in a factory shows that increasing the luminance level leads to higher production while the loss of that becomes lower. Besides this, the rate of accident is reduced occur (Ministry of Energy, 2010). In Thailand, employer needs to provide suitable illuminance on condition and work feature (Ministry of Labour, 2011). The illuminance level has been assigned for different work. Therefore suitable intensity of light should be considered before engineer will design lighting system.

Thailand has declared Energy Conservation Act since 1992. Designed building and factory needs do energy conservation (Ministry of Energy, 2010). The personnel responsible for energy are appointed for energy conservation. They need understand characteristics of lamps. One of important characteristics is light distribution. It is important factor for designing because it influences on user. For example, light distribution for street effects on safety feeling in people (Haans, A. & Kort, Y.A.W., 2012). It is not easy to study light distribution by only visual without supporting instrument. Simulation program is a tool such as Matlab application to analysis lighting distribution (Pornpojratanakul, V. 2006). But it is easier if the demonstration set is used for observing phenomenon.

To determine light distribution, illuminance meter is important device. In the past, it was expensive meter. Presently, very cheap and high efficient portable sensors are available also light dependent resistor (LDR). LDR is variable resistor which inverses with the light intensity. Therefore LDR is implemented for detecting the intensity of light. For example, LDR was used for conserving energy in lighting system (Radhakrishnan, A. & Anand, V., 2013). Because of accurate sensor, LDR has been used for measuring the light luminance (Hussein, E.A.R., 2008).

Therefore this research attempts to implement the simple illuminance meter using LDR sensor which it is low cost tool for detecting light quantity. Labview program, which is widely and simple to be used, is performed to display the illuminance. The voltage divider principle is used for detecting voltage. The voltage would vary by illuminance. The voltage signal would be changed to illuminance value by Labview program.

2. Research Proposes

2.1 To design and construct illuminance meter using light dependent resistor (LDR) for measuring the light distribution.

2.2 The constructed illuminance meter is able to display the illuminance value on computer screen and can be controlled by Labview program.

3. Relevant Principles

3.1 Circuit diagram

LDR is variable resistor which inverse with the light intensity as shown in equation (1) (Kumar, N.P. & Jatoth, R.K., 2015; Kulkarni, M.V. & Kulkarni, S.R., 2016).

$$R_{LDR} = \frac{k}{L} \quad (1)$$

which, R_{LDR} is resistance of LDR (ohm), L is illuminance (lux), k is constant.

It is applied for measuring light using voltage divider as shown in **Figure 1**. V_{output} is output voltage of voltage divider. It is sent into interface card. After that it is changed to illuminance value by Labview program as gotten by equation (2) and 3 respectively.

$$V_{output} = \frac{R_L \times V_S}{R_{LDR} + R_L} \quad (2)$$

$$L = \frac{k \times V_{output}}{R_L V_S + R_L V_{output}} \quad (3)$$

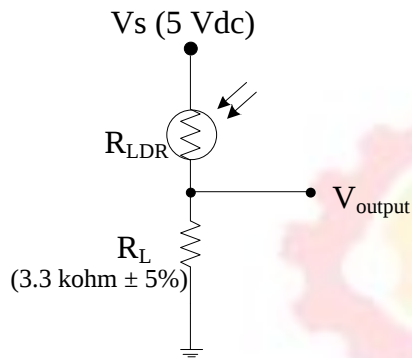


Figure 1 Voltage divider circuit.

From equation (3), the relation of L and V_{output} is plotted in **Figure 2**. It is investigated that the curve is exponential function as shown in equation (4).

$$L = k_1 e^{k_2 V_{output}} \quad (4)$$

which, k_1 and k_2 are constants.

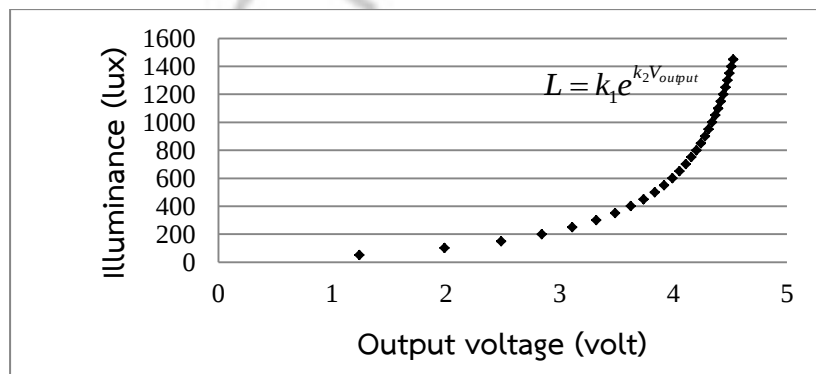


Figure 2 Relation of output voltage and illuminance.

4. Research methodology

The research procedure consisted of LDR circuit designing, construction of the testing room, creation of software to control and display using Labview program, calibration of proposed meter with standard meter and testing.

4.1 LDR illuminance meter

The proposed illuminance meter was implemented by principle of light dependent resistor (LDR) and voltage divider. LDR resistance would vary by light intensity. To implement illuminance meter, voltage divider circuit was used for detecting voltage. The voltage divider circuit consisted of 200 mW LDR resistor connected with 3.3 k Ω as shown in **Figure 1**. The voltage of 3.3 k Ω resistor was voltage signal. It would vary by LDR resistance. The voltage signal would be changed to illuminance value by Labview program.

4.2 The design of black testing room

The closed black testing room was 1.5x1.5x1.5 m in size. It was constructed from plywood and steel as shown in **Figure 3**. The center of floor was installed by proposed LDR illuminance meter. It was placed on black plastics box. The lamp was set above 1 m from illuminance meter. The lamp was hung at the steel shaft. It could rotate by stepping motor. Power supply, interface card and motor driver were contained in the insulation box besides testing room. Computer and Labview program were used to control motor and display the illuminance value.

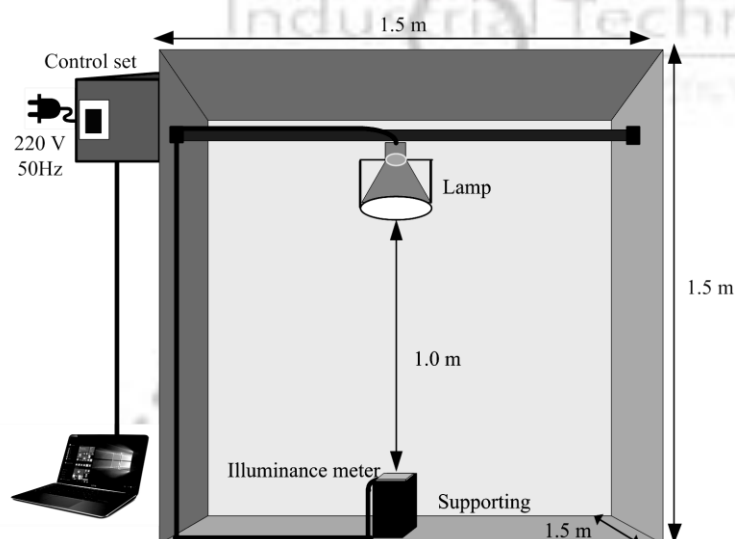


Figure 3 Construction of testing room.

4.3 Experimental diagram

The test diagram composed of 2 parts; power supply and control part as shown in **Figure 4**. Power supply consisted of $220V_{ac}/15V_{dc}$ for motor. Furthermore, AC 220 volt was distributed to the lamp. For the control part, computer linked with motor and LDR illuminance meter by interface card through USB port. Labview program was used to command rotation of stepper motor. The DC 5 volt from computer was the source for interface card. It was paralleled with voltage divider circuit. The voltage signal showed on computer screen. It was changed to illuminance value by Labview program. The testing diagram is shown in **Figure 4**. The configuration of program by Labview is shown in **Figure 5**.

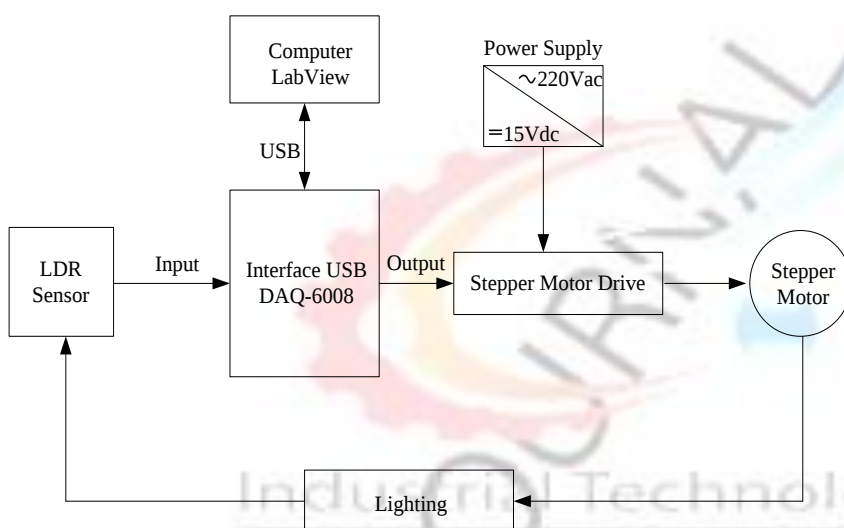


Figure 4 Testing diagram.

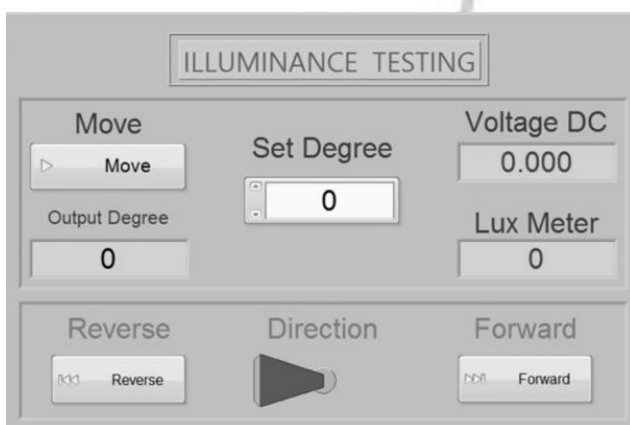


Figure 5 Configuration of program for testing.

4.4 Testing procedure

For testing meter, procedure was conveyed for calibrating the proposed LDR illuminance meter with standard digital meter in model LX1010B. The seven types of lamp; 14 watt daylight compact fluorescent (CFL) with both down light and high bay luminaire, 60 watt daylight incandescent with both down light and high bay luminaire, 7 watt daylight LED (Light Emitting Diode) with both down light and high bay luminaire, and finally 36 watt daylight fluorescent (FL) with flex were used. The angle of lamp was set from -90 to 90 degree. It was increased 5 degree a step. The test was made five times a lamp. The illuminance value was measured by standard meter. The voltage of proposed LDR illuminance meter was recorded. The value from standard illuminance meter and voltage from proposed LDR would be calibrated to find relationship functions. After that, the obtained relation functions were programed in Labview for displaying value in form of illuminance. Finally the test was done again to find error.

5. Results

5.1 The calibration

As **Figure 6**, the finding shows relationship curve between voltage and illuminance. The voltage was voltage of 3.3 k Ω resistor obtained from voltage divider (**Figure 1**). The illuminance was obtained from standard illuminance meter. The relation between voltage and illuminance is exponential function as shown in **Figure 6**. Because of being exponential function, it is observed that LDR illuminance value is not zero. From the experiment, if the voltage is less than 0.150 volt, the illuminance from standard meter is zero. Hence the first function is gotten as equation (5). Moreover, if the voltage is 0.150-1.051 volt, it shows accurate so the second function is gotten as equation (6). Additionally, if voltage is more than 1.051 volt, the illuminance value more deviates from trend line than another as shown in **Figure 6**. Therefore, function is found again at this range. Plotting curve between LDR illuminance value and standard illuminance is plotted as shown in **Figure 7**. The third function is gotten as equation (7).

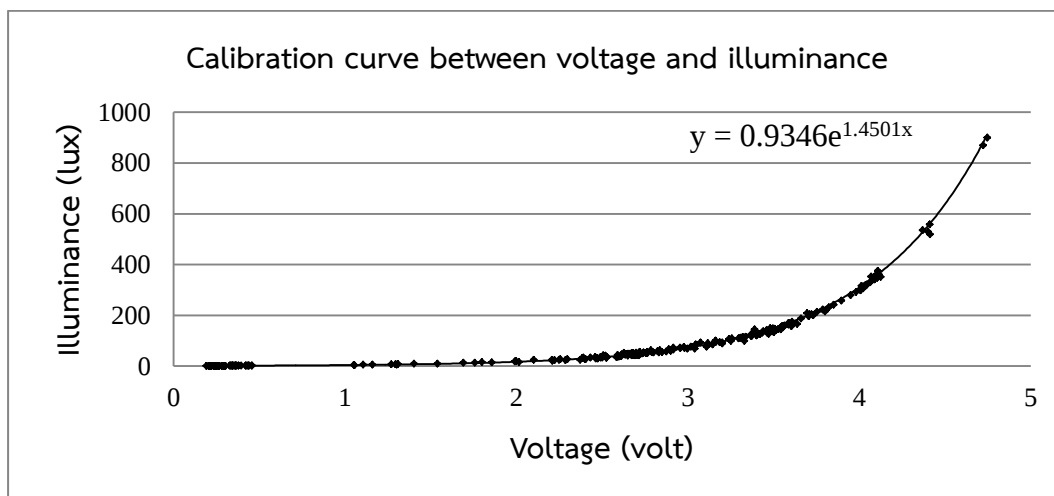


Figure 6 The calibration curve between voltage and illuminance

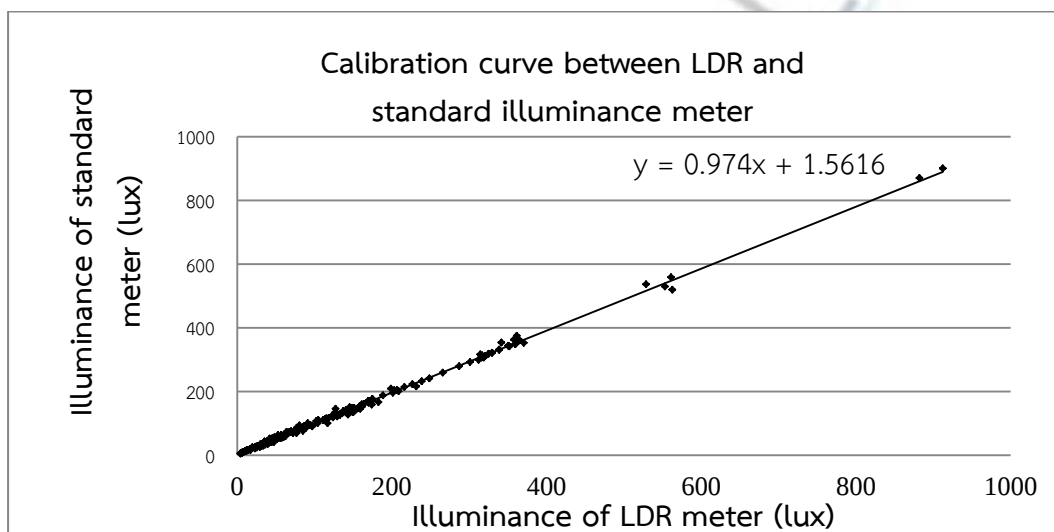


Figure 7 The calibration curve between LDR and standard illuminance meter

These equations are used for programing by Labview.

$$Lux = 0; v \leq 0.015 \quad (5)$$

$$Lux = 0.9346e^{1.4501v}; 0.015 < v \leq 1.051 \quad (6)$$

$$Lux = 0.974(0.9346e^{1.4501v}) + 1.5616; v > 1.051 \quad (7)$$

5.2 The testing of fluorescent lamp with flex

From Figure 8, it is found that at 69-171 lux the percent of error is 0.00-6.33%. Average is 2.65% with 2.03 SD. The illuminance at about 205-350 lux, the error is about

0-2.53%. Average is 0.80% with 0.68 SD. The error and SD. are lower. To sum up, all average error is 1.72% with 1.77 SD.

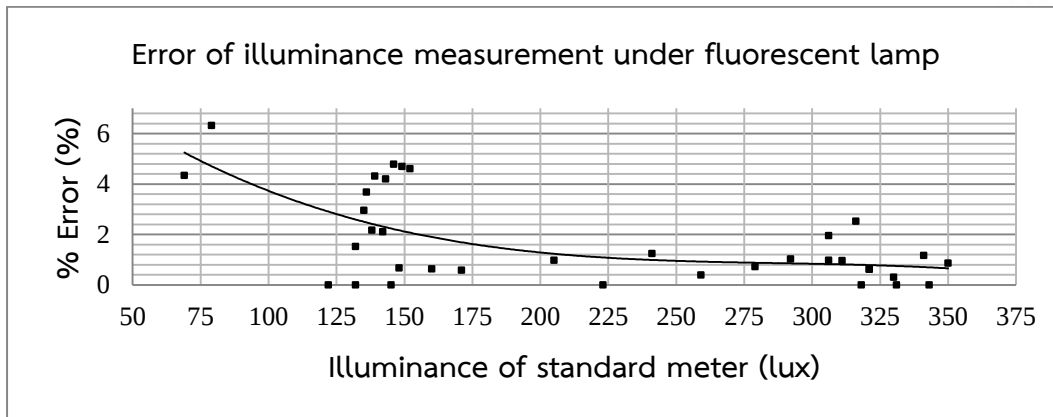


Figure 8 Error of illuminance measurement under fluorescent lamp

The light distribution of fluorescent lamp is shown in **Figure 9**. It is comparison between illuminance values obtained from proposed LDR and standard illuminance meter. It shows feature is the same. Therefore, it is said that the LDR illuminance meter can measure accurately and the experiment set can use for studying.

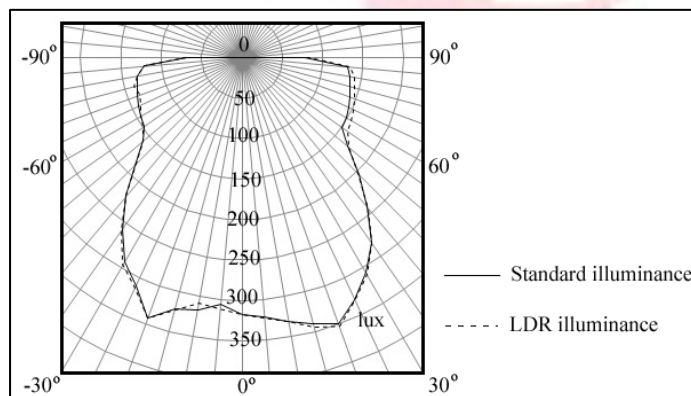


Figure 9 Light distribution of fluorescent lamp comparing between proposed LDR illuminance and standard meter

5.3 The percent of error

From **Table 1** shows the error percent of LDR illuminance meter comparing with standard meter. The error is gotten by equation (8).

$$\%error = \left| \frac{Real - Test}{Real} \times 100 \right| \quad (8)$$

Considering **Table 1**, the average error is about 4.42% with 4.85 SD. at its range of 0-900 lux. It can clearly find that the maximum error is 26.26% at the range of 0-100 lux. The minimum error is 0.00%. Moreover, if illuminance is increased, the error is decreased. At the range of 200-900 lux, average error is just 1.87% with 1.75 SD. It is lower than error of 0-100 lux and 100-200 lux.

Table 1 The error percent of proposed illuminance meter

Illuminance (lux)	Percent of Error (%)			
	Max	Min	Average	SD.
0-100	26.26	0.00	5.38	5.52
100-200	13.37	0.00	3.34	3.04
200-900	6.61	0.01	1.87	1.75
All	26.26	0.00	4.42	4.85

The error is high at low illuminance level (0-100 lux) because LDR resistor less responded. Considering **Figure 6**, the voltage depends on LDR resistance. The voltage very less increases at low illuminance but it more increases at high illuminance. Because LDR resistor well responds at high illuminance. Therefore the error is low at high illuminance.

6. Conclusions and discussion

6.1 Conclusions

According to experimental results, the research findings can be summarized that the proposed LDR illuminance meter is able to use really for the range of illuminance at 1-900 lux with average error of 4.42% and standard deviation (SD.) of 4.85. The maximum error is 26.26% occurred at the range of 0-100 lux but the average error in this range is just 5.38% with 5.52 SD. The minimum error is 0.00%. The high error occurs at low illuminance and it decreases when illuminance level increases. The proposed illuminance meter in experimental set of light distribution is correspondent to standard meter.

6.2 Discussion

From the result as shown in **Table 1**, it can investigate that the average error is approximately 5.38% at range of 0-100 lux but if light intensity is higher at 100-200 lux and 200-300 lux, the error is lower at 3.34% and 1.87% respectively.

It can be concluded that if the intensity increases, the average error would decrease. This result is correspondent to Batsungnoen, K. et al.'s research (2011). Although the maximum error is 26.26% at 6 lux, the illuminance level in working and activity area are more than 200 lux (Ministry of Labour, 2011). Therefore, it can say that the proposed meter can use for pre-checking. From the **Figure 9**, it shows the light distribution obtained by standard and proposed meter. It is observed that the both of curve intend the same. Therefore the proposed meter can use for studying light distribution. Moreover the program designed by Labview is easy for using. For example, if users want the light intensity at 45 degree, they just fill it in the angel box and select direction. After that clicks the move button. The value would show in the lux meter box. Another last interesting point is the display on computer screen. Nowadays a computer is used widely so this reason why research displays on computer. It is correspondent to Batsungnoen, K. et al (2011), Kumar, N.P. et al (2015) and Kulkarni, M.V. et al (2016). They used computer also. This research displays through Labview while Batsungnoen, K. used Microsoft Visual C#. Kumar, N.P. used HTML (HypertText Markup Language) and PHP scripting languages. These types of software are the form of code while Labview is the form of block function. Kulkarni, M.V.'s research, the value displayed on computer through serial monitor of microcontroller.

7. References

- Batsungnoen, K. and Kulworawanichpong, T. (2011). Implementation of Illuminance Meter by Light-Dependent Resistors (LDR). **The 25th Thailand National Safety Week Conference on Occupational Health and Safety**; July 7-9, 2011, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Haans, A. and Kort, Y.A.W. (2012). Light Distribution in Dynamic Street Lighting : Two Experimental Studies on Its Effects on Perceived Safety, Prospect, Concealment, and Escape. **Journal of Environmental Psychology**, 32, 342-352.
- Hussein, E.A.R. (2013). Design and implementation of digital light meter. **Journal of Babylon University**, 21(1), 263-272.
- Kulkarni, M.V. and Kulkarni, S.R. (2016). Measurement of light luminance and temperature monitoring for real time energy saving applications using Arduino Uno Atmega328. **Bonfring International Journal of Research in Communication Engineering**, 6(special), 34-37.

- Kumar, N.P. and Jatoth, R.K. (2015). Development of cloud based light intensity monitoring system using raspberry Pi. **International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)**; May 28-30, 2015, Pune, India.
- Ministry of Energy. (2010). **Handbook of Personnel Responsible for Energy in Electrical Section**. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)
- Ministry of Labour. (2011). **Occupational Safety, Health and Environment Act A.D. 2011**. Bangkok: Ministry of Labour. (in Thai)
- Pornpojratanakul, V. (2006). **Matlab Application for Lighting Distribution Analysis**, M.S. Thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.
- Radhakrishnan, A. and Anand, V. (2013). Design of an intelligent and efficient light control system. **International Journal of Computer Applications Technology and Research**, 2(2), 117-120.
- Thongchaisuratkrul, C. (2011). **Energy Management in Buildings**. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

การประมาณผลผลิตมะพร้าวด้วยระบบภูมิสารสนเทศ Coconut Productivity Estimating using a Geo-Informatics System

ปรุงศักดิ์ อุตพุฒ^{1*}

Prungsak Auttaphut^{1*}

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 1 ถนนอุทองนอก แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

E-mail : prongsaku@gmail.com, pungsak.au@ssru.ac.th

^{1*} Faculty of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University 1 U-Thong nok Road, Dusit, Bangkok 10300

Thailand E-mail : prongsaku@gmail.com, pungsak.au@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรสงคราม คือ การคำนวณเชิงพื้นที่ของการสร้างระบบชี้วัดประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยคุณสมบัติทางด้านคลื่นแสงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ช่วยในการวิเคราะห์จำแนกรายละเอียดพื้นที่การปลูกมะพร้าวจากพื้นที่เกษตร การประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ มีวัตถุประสงค์คือ การประมาณผลผลิตมะพร้าวมีวิธีการอย่างไรและการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของมะพร้าวอยู่บริเวณใด สำหรับการประมาณผลผลิตใช้เทคนิค Spectral Mixture Analysis (SMA) เพื่อค้นหาวัตถุที่ซ่อนตัวในจุดภาพ โดยเทคนิคดังกล่าวจะช่วยให้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินประเภทมะพร้าว อยู่ที่ 0.7 – 0.8 ไมโครเมตร ผลจากการวิเคราะห์ พบว่าจุดภาพขนาด 30*30 เมตร ที่มีมะพร้าวปกคลุมเต็มพื้นที่พบสูงที่สุดกว่า 15,730 จุดภาพ เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในพื้นที่เป็นจังหวัดสมุทรสงคราม เป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกมะพร้าวสูงที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย ในขณะที่จุดภาพที่มีมะพร้าวผสมร้อยละ 20 - 29 มีเพียง 345 จุดภาพ อำเภออัมพวาเป็นอำเภอที่มีจุดภาพที่มีมะพร้าวปกคลุมสูงที่สุดในพื้นที่ โดยมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องหลังจากจำแนกจากการลงสำรวจภาคสนาม 300 จุดพบว่าวิธีการดังกล่าวมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องหลังการจำแนกอยู่ที่ ร้อยละ 70 (210 จุด จากจำนวน 300 จุด)

คำสำคัญ : การประมาณผลผลิตมะพร้าว, ระบบภูมิสารสนเทศ, จ.สมุทรสงคราม

Abstract

A Geo-informatics System is proposed to automate Calculation of Coconut Productivity in Samut Songkhram Province is a system to calculate coconut productivity by using spectral reflectance of satellite image to classify coconut productivity. The objective of this research estimates coconut productivity by using spectral mixture analysis for find out object in the pixel of satellite data. This technique can help to accuracy classification. Spectral reflectance of coconut is around 0.7-0.8 micrometers. The result of this research finds out 30*30 meters' pixel of satellite data have 15,730 pixels for full of coconut in contrast 20-29% of the pixel has coconut have 345 pixels.

Amphawa district is area have most coconut. For accuracy, checking uses 300 for sampling. That find out 70% for accuracy checking (210 GCP /300 GCP)

Keywords : Geo-Informatics System, Coconut Productivity Estimating, Samut Songkhram Province

1. บทนำ

แหล่งปลูกมะพร้าวที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และจังหวัดทางภาคตะวันออก รอบ ๆ อ่าวไทย โดยมีพื้นที่โดยรวมในการปลูกมะพร้าวประมาณ 2.5 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 1.35 ล้านตัน ต่อปี (Angkana Suwankuun, 2013) มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งผลสำรวจจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8.273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผลต่อคนต่อปี จากอาหารทั้งคาวทั้งหวานในชีวิตประจำวันของคนไทย ดังนั้นในปัจจุบันประชากรไทยมีจำนวนประมาณ 64.9 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 1,152 ล้านผล หรือประมาณร้อยละ 75 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 25 ของผลผลิตทั้งหมด ใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออก

ปัญหาและความต้องการของเกษตรกรที่ปลูกมะพร้าวในประเทศไทย พบว่าส่วนใหญ่เกษตรกรที่ปลูกมะพร้าวมีความต้องการงานวิจัยด้านการประมาณผลผลิตมะพร้าวเนื่องจากพบปัญหาทั้งในอดีตและปัจจุบัน เรื่องราคามะพร้าว ที่มีทั้งราคาดลงจนชาวสวนขาดทุน และราคามะพร้าวสูงเกิดกำลังของผู้บริโภคจนมีผลกระทบต่อค่าครองชีพ

ดังนั้นคณะวิจัยจึงเล็งเห็นว่า ควรมีการวิจัยเรื่อง การสร้างระบบชี้วัดประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรจากต้นทุนที่แท้จริง ในการนำระบบชี้วัดประมาณผลผลิตมะพร้าว ที่ได้จากผลวิจัยมาบริหารจัดการและการวางแผนการทำการเกษตรได้อย่างเหมาะสม ลดปัญหาผลผลิตมะพร้าวขาดตลาด และผลผลิตมะพร้าวที่ล้นตลาด ซึ่งเป็นปัญหาหลักทางการเกษตรของเกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกมะพร้าว ในประเทศไทย

จังหวัดสมุทรสงคราม มีภูมิประเทศและการตั้งถิ่นฐานเป็นเมืองปากแม่น้ำ และติดทะเล จึงมักมีกระแสน้ำหมุนเวียนระหว่างน้ำจืด และน้ำเค็ม เป็นผลทำให้มะพร้าวที่จังหวัดสมุทรสงครามมีรสชาติที่หอมหวาน ในพื้นที่นี้เกษตรกรส่วนใหญ่มักปลูกมะพร้าวเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัย โดยงานวิจัย เรื่องการสร้างระบบชี้วัดประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรสงคราม คือระบบที่สร้างจากการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เอื้อต่อผลผลิตมะพร้าวและการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของพืชพันธุ์มะพร้าว โดยงานวิจัยนี้ใช้พืชพันธุ์มะพร้าวจากพื้นที่เกษตรในจังหวัดสมุทรสงคราม ในการศึกษาและทำวิจัย และจะใช้ระบบภูมิสารสนเทศ ในการคำนวณเชิงพื้นที่ของการสร้างระบบชี้วัดประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยคุณสมบัติทางด้านคลื่นแสงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 ของประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วยในการวิเคราะห์จำแนกรายละเอียดพื้นที่การปลูกมะพร้าวจากพื้นที่เกษตร

การประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ มีคำถามวิจัย 2 คำถามดังนี้ คำถามแรกคือการประมาณผลผลิตมะพร้าวมีวิธีการอย่างไร และคำถามที่สอง คือการกระจายตัวเชิงพื้นที่

ของมะพร้าวอยู่บริเวณใด โดยมีทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคำถามวิจัยดังต่อไปนี้
แนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้ระยะไกลและแนวคิดเกี่ยวกับระบบกำหนดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 การประมาณผลผลิตมะพร้าวมีวิธีการอย่างไร
- 2.2 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของมะพร้าวอยู่บริเวณใด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การรวบรวมข้อมูล แบ่งตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือการประมาณผลผลิตมะพร้าว และการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของมะพร้าว โดยจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า การประมาณผลผลิตมะพร้าวใช้การรวบรวมเนื้อหาด้าน Spectral Mixture Analysis (SMA) (Sakti & Tsuyuki , 2015) เพื่อค้นหาวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความเหมาะสม จากนั้นรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 โดยดาวเทียมดังกล่าวเริ่มปฏิบัติการวันที่ 30 พฤษภาคม 2556 ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS โคจรสูงเหนือพื้นโลก 705 กิโลเมตร โดยมีรายละเอียดเชิงคลิ่นดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียม

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์บันทึกข้อมูล LANDSAT 8 Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS)

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)
1	0.43 - 0.45 (Coastal Aerosol)	30
2	0.45 - 0.51 (Blue)	30
3	0.53 - 0.59 (Green)	30
4	0.64 - 0.67 (Red)	30

5	0.85 - 0.88 (Near Infrared NIR)	30
6	1.57 - 1.65 (SWIR 1)	30

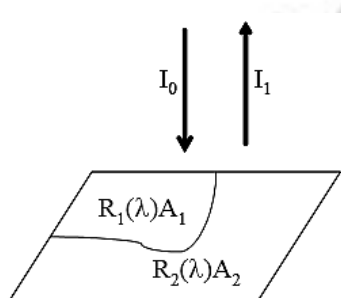
ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์บันทึกข้อมูล LANDSAT 8 Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) (ต่อ)

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)
7	2.11 - 2.29 (SWIR 2)	30
8	0.50 - 0.68 (Panchromatic)	15
9	1.36 - 1.38 (Cirrus)	30
10	10.60 - 11.19 (Thermal Infrared - TIRS 1)	100
11	11.50 - 12.51 (Thermal Infrared - TIRS 2)	100

ที่มา : Space and Space Technology Development Agency, 2016

ทั้งนี้สำหรับการประมาณผลผลิตมะพร้าวใช้แบนด์ 1 - 7 ในการค้นหาความยาวช่วงคลื่น (ไมโครเมตร) ของมะพร้าว สำหรับรายละเอียดภาพ Resolution (เมตร) 30 เมตร ซึ่งรายละเอียดสำหรับจุดภาพในภาพดาวเทียม LANDSAT 8 แบนด์ 1 - 7 จะมีรายละเอียดจุดภาพอยู่ที่ 30*30 เมตรโดยจุดภาพดังกล่าวจะมีสิ่งปกคลุมดินหลายชนิดปกคลุมอยู่ในจุดภาพดังนั้นจึงจำเป็นต้องสกัดจุดภาพโดยอาศัยเทคนิค Spectral Mixture Analysis (SMA)

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือการประมาณผลผลิตมะพร้าว และการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของมะพร้าว การประมาณผลผลิตมะพร้าวใช้การรวบรวมเนื้อหา ด้าน Spectral Mixture Analysis (SMA) (Sakti & Tsuyuki, 2015) เพื่อค้นหาวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความเหมาะสมโดยเทคนิคดังกล่าวเกิดขึ้น เพื่อค้นหาวัตถุที่ซ่อนตัวในจุดภาพ โดยเทคนิคดังกล่าว จะช่วยให้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 2

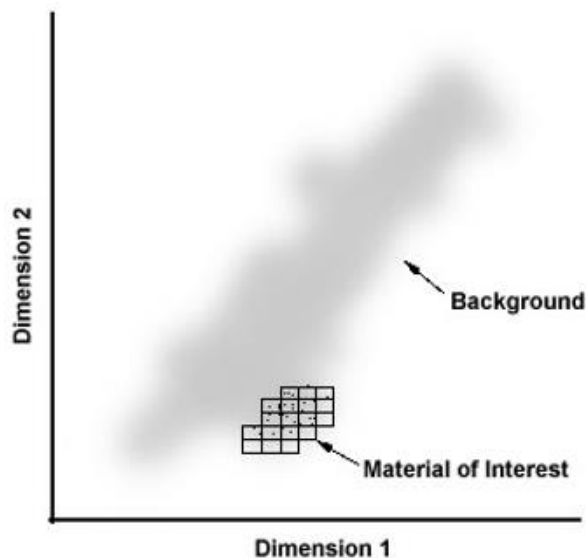


ภาพที่ 2 ภาพ Subpixel Classifier Theory (ERDAS, 2008)

จากภาพ $R_1 \lambda$ เป็นการสะท้อนแสงของพื้นที่ A_1 และ $R_2 \lambda$ เป็นการสะท้อนแสงของพื้นที่ A_2 โดย $A_1 + A_2$ เท่ากับพื้นที่ทั้งหมดของจุดภาพ สมการคือ

$$I_1 \lambda = I_0 \lambda \frac{R_1(\lambda)A_1 + R_2(\lambda)A_2}{A} \quad (1)$$

โดย $I_0 \lambda$ เป็นเหตุการณ์ที่แสงเข้ามาในพื้นที่ ณ เวลานั้น รวมกับการสะท้อนแสงของพื้นที่ A_1 และ A_2 เท่ากับ $I_1 \lambda$ คือเหตุการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในจุดภาพ



ภาพที่ 3 ภาพ Subpixel Classifier Theory (ERDAS, 2008)

จากนั้นจะเริ่มการจำแนกจุดภาพโดยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างของจุดภาพให้ชัดเจน โดยกลุ่มตัวอย่างของจุดภาพคือ Material of interest ส่วนข้อมูลที่เหลือในจุดภาพจะเป็นข้อมูล Background ในจุดภาพ หากค่ากลุ่มตัวอย่างที่เราต้องการคือข้อมูลทั้งหมดของจุดภาพ ค่าที่ออกมาของจุดภาพ อยู่ที่ 1.0 หากค่ากลุ่มตัวอย่างที่เราต้องการของจุดภาพคือกึ่งหนึ่งของจุดภาพ ค่าที่ออกมาของจุดภาพ อยู่ที่ 0.2 - 0.29 โดยเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างของจุดภาพมะพร้าวใช้เทคนิค Spectral Signature ของจุดภาพแต่ละประเภทเพื่อทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

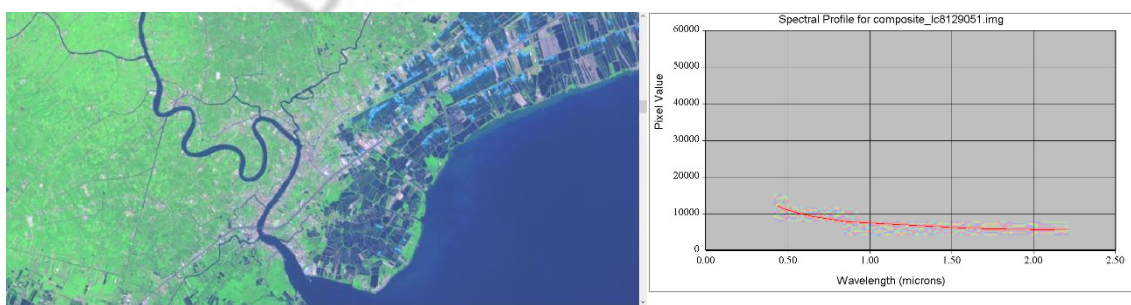


ภาพที่ 4 ภาพสีผสมจริงของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8
ที่มา : Morakot Worcharoehrung, 2016



ภาพที่ 5 ภาพสีผสมเท็จของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8
ที่มา : Morakot Worcharoehrung, 2016

จากนั้นทำการตรวจสอบคลื่นการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท เช่น มะพร้าว แหล่งน้ำ เมือง พืชพรรณ ที่โล่ง เป็นต้น



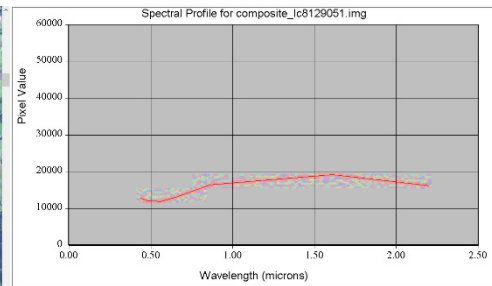
แหล่งน้ำ

การสะท้อนคลื่นของแหล่งน้ำ

ภาพที่ 6 การเลือกและค่าการสะท้อนแสงของแหล่งน้ำในพื้นที่



เมือง

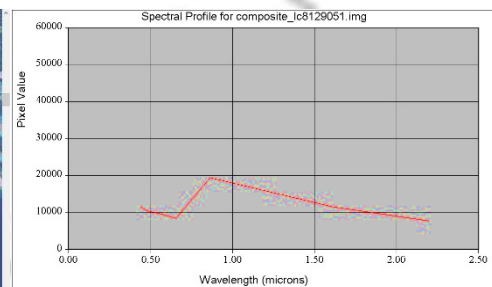


การสะท้อนคลื่นของเมือง

ภาพที่ 7 การเลือกและค่าการสะท้อนแสงของเมืองในพื้นที่



มะพร้าว

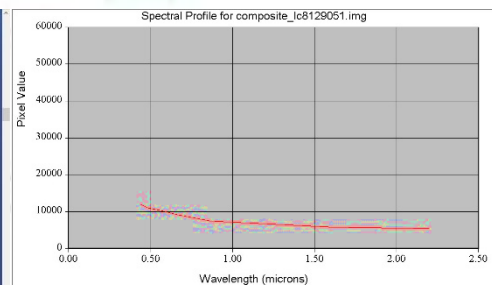


การสะท้อนคลื่นของมะพร้าว

ภาพที่ 8 การเลือกและค่าการสะท้อนแสงของมะพร้าวในพื้นที่

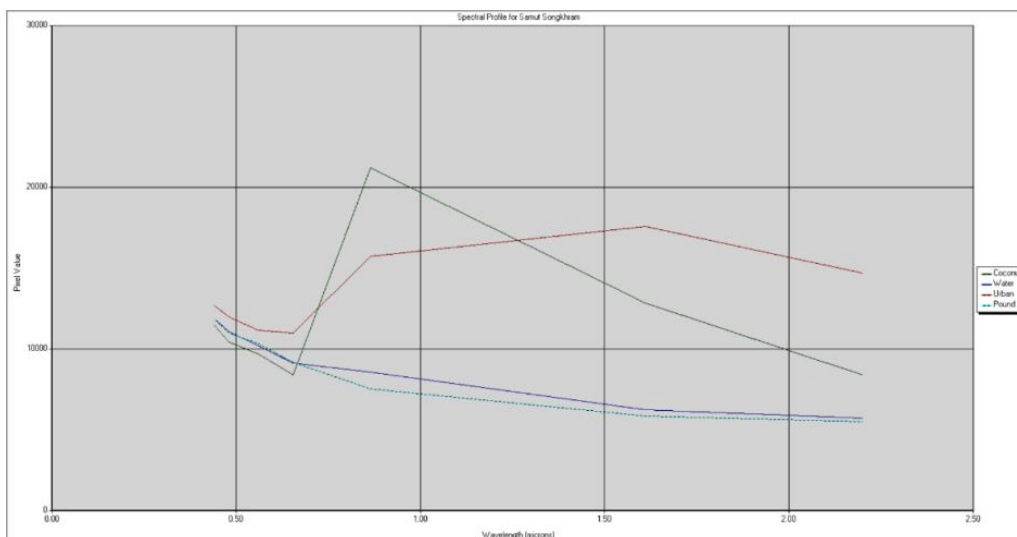


นาเกลือ



การสะท้อนคลื่นของนาเกลือ

ภาพที่ 9 การเลือกและค่าการสะท้อนแสงของนาเกลือในพื้นที่



ภาพที่ 10 ภาพ Spectral Signature ของจุดภาพแต่ละประเภท

โดยค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินประเภทมะพร้าว อยู่ที่ 0.7 – 0.8 ไมโครเมตร คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกจุดภาพจากค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินดังกล่าวประมาณ 300 จุดเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างมากพอต่อการจำแนกข้อมูลต่อไป โดยการสำรวจภาคสนาม จากนั้นใช้กระบวนการ The Kappa coefficient of agreement หรือสัมประสิทธิ์แคปปา

$$K_c = \frac{P_a - P_e}{100 - P_e} \quad (2)$$

K_c = ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา

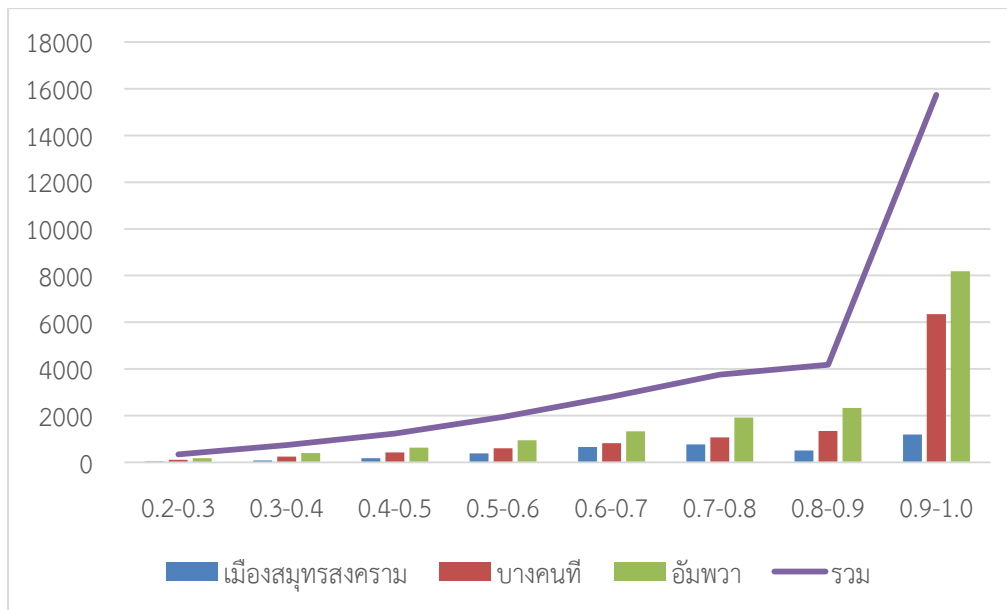
P_a = ค่าสังเกต

P_e = ค่าคาดหวัง

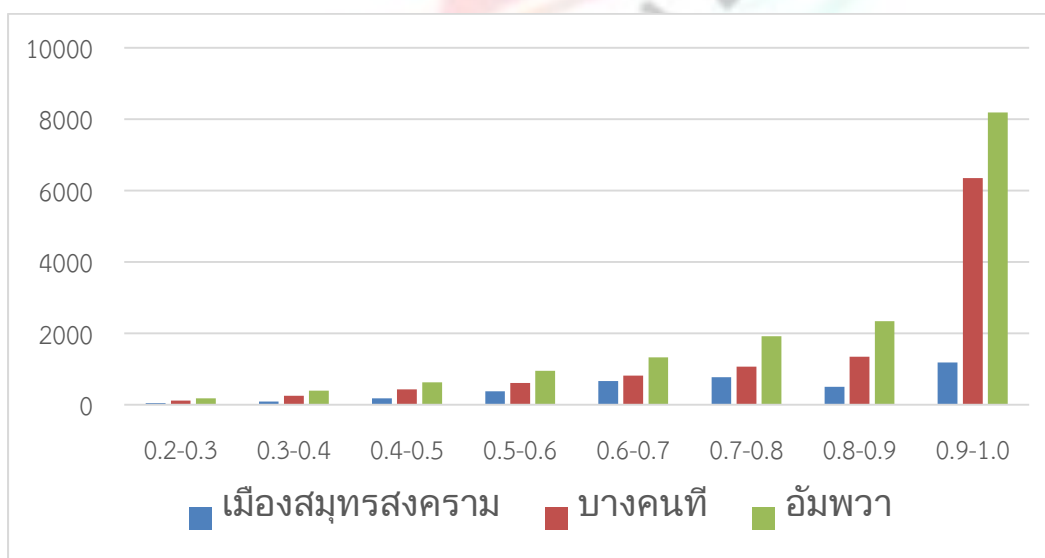
ในทางทฤษฎีค่า K_c = ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ควรมีค่าตั้งแต่ 0 แต่ไม่เกิน 100 หากค่า K_c มีค่ามากกว่า 0.67 หมายถึงมีความสอดคล้องกับสภาพข้อมูล

4. ผลการวิจัย

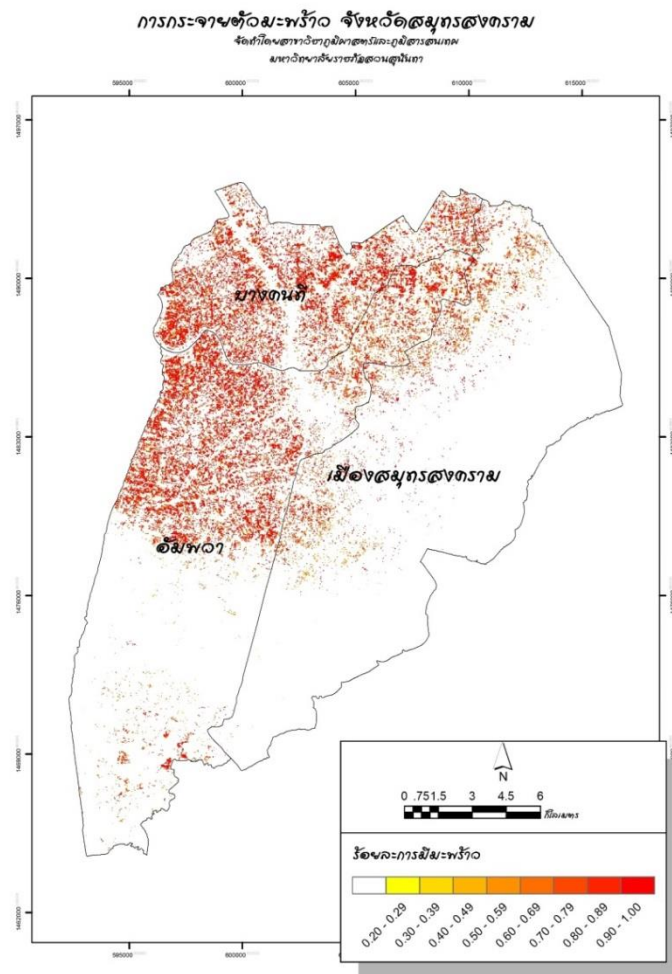
ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศึกษา พบว่าจุดภาพขนาด 30*30 เมตร ที่มีมะพร้าวปกคลุมเต็มพื้นที่พบสูงที่สุดกว่า 15,730 จุดภาพ เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในพื้นที่เป็นจังหวัดสมุทรสงคราม เป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกมะพร้าวสูงที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย ในขณะที่จุดภาพที่มีมะพร้าวผสมร้อยละ 20 - 29 มีเพียง 345 จุดภาพ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การกระจายตัวของจุดภาพตามร้อยละการปกคลุมดิน



ภาพที่ 12 การกระจายตัวของจุดภาพตามร้อยละการปกคลุมดินแยกรายอำเภอ



ภาพที่ 13 การกระจายตัวของจุดภาพตามร้อยละการปกคลุมดินแยกตามรายอำเภอ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศึกษา พบว่า อำเภออัมพวาเป็นอำเภอที่มีจุดภาพที่มีมะพร้าวปกคลุมสูงที่สุดในพื้นที่ รองลงมา คือ บางคนที และอำเภอเมืองสมุทรสงคราม โดยมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องหลังจากจำแนกจากการลงสำรวจภาคสนาม 300 จุดพบว่าวิธีการดังกล่าวมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องหลังการจำแนกอยู่ที่ ร้อยละ 70 (210 จุด จากจำนวน 300 จุด) หรือ K_C มีค่ามากกว่า 0.67 หมายถึง มีความสอดคล้องกับสภาพข้อมูลสามารถยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

ตารางที่ 2 ตารางตรวจสอบความถูกต้องหลังการจำแนก (Accuracy Assessment)

Ground Observation	Total	Accuracy Assessment				
		แหล่งน้ำ (False)	เมือง (False)	มะพร้าว (True)	นาเกลือ (False)	เบ็ดเตล็ด (False)
มะพร้าว	Pixel	21	21	210	21	27
	Percent	7%	7%	70%	7%	9%

5. สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการประมาณผลผลิตมะพร้าว ด้วยระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศึกษา พบว่าจุดภาพขนาด 30*30 เมตรในพื้นที่ศึกษาที่มีความถูกต้องภายหลังใช้วิธีการดังกล่าวในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 70 กระบวนการดังกล่าวสามารถลดเวลาการสำรวจภาคสนามได้เป็นอย่างดี ในส่วนของการกระจายตัวเชิงพื้นที่พบว่าอำเภออัมพวา เป็นอำเภอที่มีการกระจายตัวของจุดภาพประเภทมะพร้าวสูงที่สุดเนื่องจากปัจจัยในเรื่องของทรัพยากรต้นทุนในการเพาะปลูกและตลาดในการรับซื้อผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวสามารถลดเวลาการสำรวจข้อมูลภาคสนามได้เป็นอย่างดี ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ผลผลิตล้นตลาดหรือผลผลิตขาดตลาดสามารถตอบคำถามเชิงพื้นที่ในส่วนของการจำแนกเนื้อที่ ของพื้นที่เพาะปลูก นอกจากนี้ผู้วิจัยเชื่อว่าหากมีการลดขนาดของจุดภาพโดยอาศัยภาพดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงขึ้นเชื่อว่าจะสามารถประมาณผลผลิตทางการเกษตรได้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการวิจัยในครั้งนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประมาณผลผลิตทางการเกษตรของพืชชนิดอื่นได้อีกต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาและสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามา ณ โอกาสนี้ที่ช่วยดำเนินการประสานงานและสนับสนุนงบประมาณในการหาข้อค้นพบเพื่อการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- ERDAS, I. (2008). **IMAGINE Subpixel Classifier User's Guide**. United States of America.
- Sakti, A. D., & Tsuyuki, S. (2015). SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS (SMA) OF LANDSAT IMAGERY FOR LAND COVER STUDY OF HIGHLY DEGRADED PEATLAND IN INDONESIA. 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment (pp. 495-501). Berlin, Germany: **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XL-7/W3, 2015 .
- Space and Space Technology Development Agency. (2016, 77). **Satellite LANDSAT 8** (Online). Form : <http://www.gistda.or.th/main/th/node/93> [2017, Dec 20]

การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกคาวบอย กรณีศึกษาของกลุ่มผลิตหมวกคาวบอย

Design and Construction of Cowboy Hat Drill Part Machine : A Case Study of Cowboy Hat Production Group

พงศกร สุรินทร์^{1*}, ธวัชชัย ยวนใจ², วิทวัส อุดตังค์³ และสุทัศน์ ปานประยูร⁴

Pongsakorn Surin^{1*}, Tawatchai Yonjai², Witthawat Autdeewong³ and Sutat Parprayood⁴

^{1*,2,3,4} หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

200 หมู่ที่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000 โทรศัพท์ (054) 342547-8 โทรสาร (054) 342549

E-mail : p.surin1980@yahoo.co.th

^{1*,2,3,4} Department of Industrial Technology Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna

Lampang 200 Moo 17 Tumbon Pichai Amphur Muang Lamphang 52000

Tel. +66 54342547-8 Fax. +66 54342549 E-mail : p.surin1980@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

นวัตกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกคาวบอย และหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกคาวบอย การออกแบบมีส่วนสำคัญ โครงสร้างเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกคาวบอย แผ่นกดกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ ถังน้ำมันไฮดรอลิกส์ เสาประคองไฮดรอลิกส์ม วาล์วควบคุม แม่พิมพ์เจาะรู ผลการทดสอบ การเจาะรูชิ้นส่วนหมวกด้วยแรงงานคนเฉลี่ย 0.39 นาทีต่อชิ้น การเจาะรูชิ้นส่วนหมวกด้วยเครื่องเฉลี่ย 0.19 นาทีต่อชิ้น ลดเวลาการเจาะรูเฉลี่ย 0.20 นาทีต่อชิ้น และประสิทธิภาพการเจาะเพิ่มขึ้นร้อยละ 51.28 การเจาะรูชิ้นส่วนหมวกด้วยแรงงานคนเฉลี่ย 2.20 นาทีต่อชิ้น การเจาะรูชิ้นส่วนหมวกด้วยเครื่องเฉลี่ย 0.44 นาทีต่อชิ้น ลดเวลาการเจาะรูเฉลี่ย 1.76 นาทีต่อชิ้น และประสิทธิภาพการเจาะเพิ่มขึ้นร้อยละ 80.00 การเจาะรูชิ้นส่วนปีกหมวกด้วยแรงงานคนเฉลี่ย 2.57 นาทีต่อชิ้น การเจาะรูชิ้นส่วนปีกหมวกด้วยเครื่องเฉลี่ย 0.39 นาทีต่อชิ้น ลดเวลาการเจาะรูเฉลี่ย 2.18 นาทีต่อชิ้น และประสิทธิภาพการเจาะเพิ่มขึ้นร้อยละ 84.82

คำสำคัญ : การออกแบบและสร้าง, หมวกคาวบอย, ประสิทธิภาพ

Abstract

This innovation project aims to design and construct a drilling machine for making cowboy hats as well as defining the efficiency of the drilling machine. The design of the most important structures are: the drilling cowboy hat machine, the hydraulic plate press, the hydraulic cylinder, the motor, the hydraulic oil tank, the hydraulic column support, the control valve, and the drill mold. The results showed that the manual labour on the perforation of the hats was 0.39 minutes per piece, the operation of the drill bit was 0.19 minutes per piece, giving a reduction in the drilling time on average of 0.2 minutes per piece and an average improvement

of drill efficacy of 51.28%. The operation punching holes in the hats had an average labor time of 2.20 minutes per piece, the operation of the drill bit per piece averaged 0.44 minutes per piece, giving a reduced drill average time of 1.76 minutes per part and an increased drill efficiency average of 80%. The operation to pierce the hat averaged 2.57 minutes per piece, the perforation operation with the drill machine averaged 0.39 minutes per piece, with a reduction in drill time average of 2.18 minutes per part and an increased drill efficiency average of 84.82%.

Keywords : Design and Construction, Cowboy Hat, Efficiency

1. บทนำ

จากแผนพัฒนาจังหวัดลำปาง พ.ศ.2557 – 2560 ประเด็นยุทธศาสตร์ 1 การพัฒนาเศรษฐกิจบนพื้นฐานของเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและบริการและเสริมสร้างความเข้มแข็งให้เศรษฐกิจชุมชนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง กลยุทธ์ส่งเสริมและพัฒนาผู้ผลิตและผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์เซรามิก และหัตถอุตสาหกรรมในด้านการออกแบบและผลิตสินค้าที่มีคุณภาพมาตรฐานตรงตามความต้องการของตลาดเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการต้นทุนบนพื้นฐานของเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Strategy and Information Development Group, 2015) สำหรับกลุ่มผู้ผลิตหมวกควายอย่างพารา เลขที่ 67 หมู่ที่ 2 บ้านแลง ตำบลบุญนาควพัฒนา อำเภอมือง จังหวัดลำปาง ได้รวมตัวและจัดตั้งกลุ่มเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ.2543 มีสมาชิกจำนวน 33 คน โดยผลิตหมวกควายอย่างพาราจำนวน 3 ขนาด ได้แก่ หมวกควายอย่างพาราขนาดใหญ่ หมวกควายอย่างพาราขนาดกลาง และหมวกควายอย่างพาราเล็ก ซึ่งกระบวนการผลิตหมวกควายอย่างพาราประกอบด้วย 1. ขั้นตอนการตัดชิ้นส่วนหมวก 2. ขั้นตอนการตอกเจาะรู 3. ขั้นตอนการประกอบหมวกและมัดร้อย

จากการลงพื้นที่ของคณะทำงานเพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มผู้ผลิตหมวกควายอย่างพาราได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาด้านการผลิตในขั้นตอนการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควายเพื่อนำไปประกอบเป็นหมวกควาย ซึ่งปัจจุบันทำการเจาะรูด้วยการตอกจากแรงงานคนเป็นหลัก ดังนั้นวิธีการเจาะรูด้วยการตอกจากแรงงานคนทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของรูเจาะที่มีจำนวนไม่เท่ากันเนื่องจากอาศัยความชำนาญ และความสูญเสียจากการทำงานด้านเวลาที่ล่าช้าในขั้นตอนการเจาะรู อันส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มผู้ผลิตหมวกควายอย่างพาราโดยตรง ดังที่ (Wantang, T., et al., 2015, p. 24) ทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขาม กลุ่มสตรีก้าวหน้า อำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการออกแบบแม่พิมพ์ใช้โปรแกรมเขียนแบบ NX 8.5 ออกแบบแม่พิมพ์โปรเกรสซีฟมีขนาด 280 x 180 x 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้อลูมิเนียมเกรด 1,100 เป็นวัสดุสำหรับการตัดเป็นรูปฝักมะขามทำให้ลดอัตราการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 663 ชิ้นต่อชั่วโมง หรือประมาณ 3,304 ชิ้นต่อวัน และอัตราการเกิดของเสียมีค่าเท่ากับ 1.30 ชิ้นต่อชั่วโมง และการออกแบบเครื่องมือที่เหมาะสมของ (Chaisathaporn V., et al., 2010, p. 25) ทำการพัฒนาใบมีดตัดขึ้นสำหรับเครื่องตัดเนื้อปลาแผ่นอบแห้งโดยใช้วัสดุสแตนเลส เบอร์ 440 B เหล็กกล้าไร้สนิม ทำให้ปริมาณของเสียลดลงเหลือ

ร้อยละ 9.4 นอกจากนี้ปัจจัยที่ (Pornputtisiri, N., 2002) ได้กำหนดค่าเฉลี่ยแรนซ์ที่เหมาะสมของแม่พิมพ์ตัดปั๊มอลูมิเนียมเกรด 1,100 มีค่าเฉลี่ยแรนซ์ที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 5 ของความหนาวัสดุทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงาน ดังนั้นการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอย จึงเป็นแก้ไข้ปัญหาในกระบวนการเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอยและพัฒนา ด้านคุณภาพสินค้า เพื่อพัฒนาศักยภาพของกลุ่มผู้ผลิตหมวกควบอยอย่างพาราต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอย
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอย

3. วิธีการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการศึกษากระบวนการผลิตหมวกควบอย

การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอย ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

1) การศึกษาสภาพปัญหาในกระบวนการผลิตหมวกควบอยของกลุ่มผู้ผลิตหมวกควบอยพารา เลขที่ 67 หมู่ที่ 2 บ้านแลง ตำบลบุญนาควพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง โดยการสังเกตและการจับเวลาในขั้นตอนเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอยด้วยการตอกจากแรงงานคน ซึ่งปรากฏให้เห็นในภาพที่ 1



1. ค้อนไม้
2. เข็มตอกเจาะรู
3. ขึ้นส่วนหมวกควบอย

ภาพที่ 1 การเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอยด้วยการตอกจากแรงงานคน

2) การศึกษาประสิทธิภาพการเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอยด้วยการตอกจากแรงงานคน โดยทำการจับเวลาจำนวน 5 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ยของการเจาะรูขึ้นส่วนหมวกควบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนจำนวน 3 ส่วน คือ หัวหมวก ตัวหมวก และปีกหมวกดังที่ได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควาบอยด้วยการตอกจากแรงงานคน

จำนวน ครั้ง	หัวหมวกเวลา ที่ใช้ (นาที่ต่อชิ้น)	จำนวน รูเจาะ	ตัวหมวกเวลา ที่ใช้ (นาที่ต่อชิ้น)	จำนวน รูเจาะ	ปีกหมวกเวลา ที่ใช้ (นาที่ต่อชิ้น)	จำนวน รูเจาะ
1	0.37	76	2.12	148	2.58	239
2	0.38	80	2.30	145	2.44	248
3	0.40	75	2.18	149	2.69	244
4	0.35	75	2.27	144	2.40	242
5	0.43	74	2.15	147	2.75	245
เฉลี่ย	0.39	76	2.20	147	2.57	244

3) การออกแบบและสร้างเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควาบอย ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษาการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควาบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการออกแบบ โดยได้คำนึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนและมีความปลอดภัยในการทำงานเป็นแนวคิดที่สำคัญ จึงสามารถสรุปสมรรถนะของเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควาบอยได้ดังนี้

(1) สามารถทำการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควาบอยจำนวน 3 ส่วน คือ หัวหมวก ตัวหมวก และปีกหมวก โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูแยกกัน

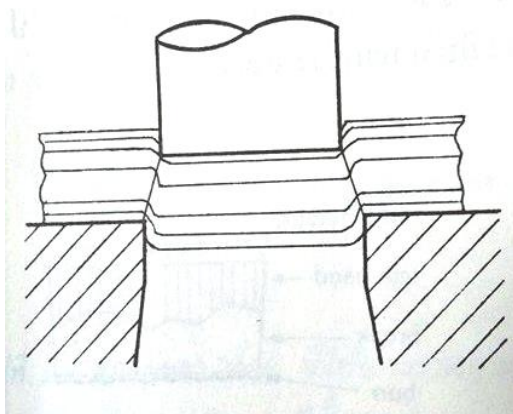
(2) มีความแข็งแรง ทนทานในการใช้งาน

(3) การบำรุงรักษาทำได้ง่าย

(4) ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ในการทำงาน

4) แนวคิดการออกแบบเกี่ยวกับงานตัด

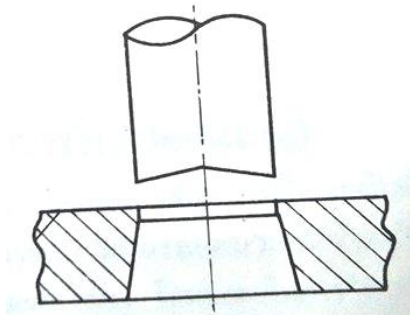
(Sumpayakorn, C., et al., 1997, p. 9) Shearing Process คือ การตัดโลหะออกจากกันโดยใช้คมตัดของ Punch และ Die กดโลหะจนเลยจุด Ultimate Strength ซึ่งจะทำให้โลหะฉีกขาดออกจากกันดังปรากฏให้เห็นในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การตัด (Sumpayakorn, C., et al., 1997, p. 9)

5) แนวคิดการออกแบบคมตัดของ Punch และ Die

(Sumpayakorn, C., et al., 1997, p.14) การแต่งคมตัดของ Punch และ Die เพื่อลดแรงในการตัดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงาน คือ ถ้าต้องการนำไปใช้ก็ให้แต่งคมตัดของ Punch แต่ถ้าต้องการนำเอา Blank ไปใช้ให้แต่งคมตัดของ Die ดังปรากฏให้เห็นในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแต่งคมตัดของ Punch (Sumpayakorn, C., et al., 1997, p. 15)

6) การคำนวณหาแรงตัด

(Sumpayakorn, C., et al., 1997, p. 13) ในกรณีของการตัดรูกลม (ตัดเจาะ) สามารถคำนวณจากสมการที่ 1

$$P_P = d \pi t \sigma_s \frac{1}{1000} \quad (1)$$

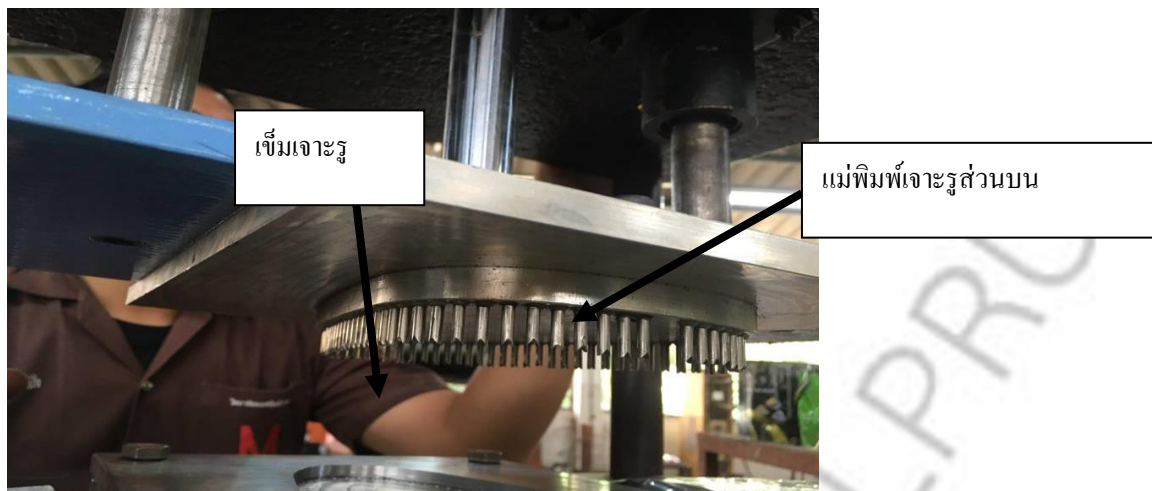
เมื่อ d = เส้นผ่าศูนย์กลางของรูกำหนดไว้ 3 มม.
 T = ความหนาชิ้นงานกำหนดไว้ 3 มม.
 σ_s = ค่า Shear Strength กำหนดไว้ 25 กก./มม.²

$$P_P = 3 \times 3.14 \times 3 \times 25 \times \frac{1}{1000} \quad (2)$$

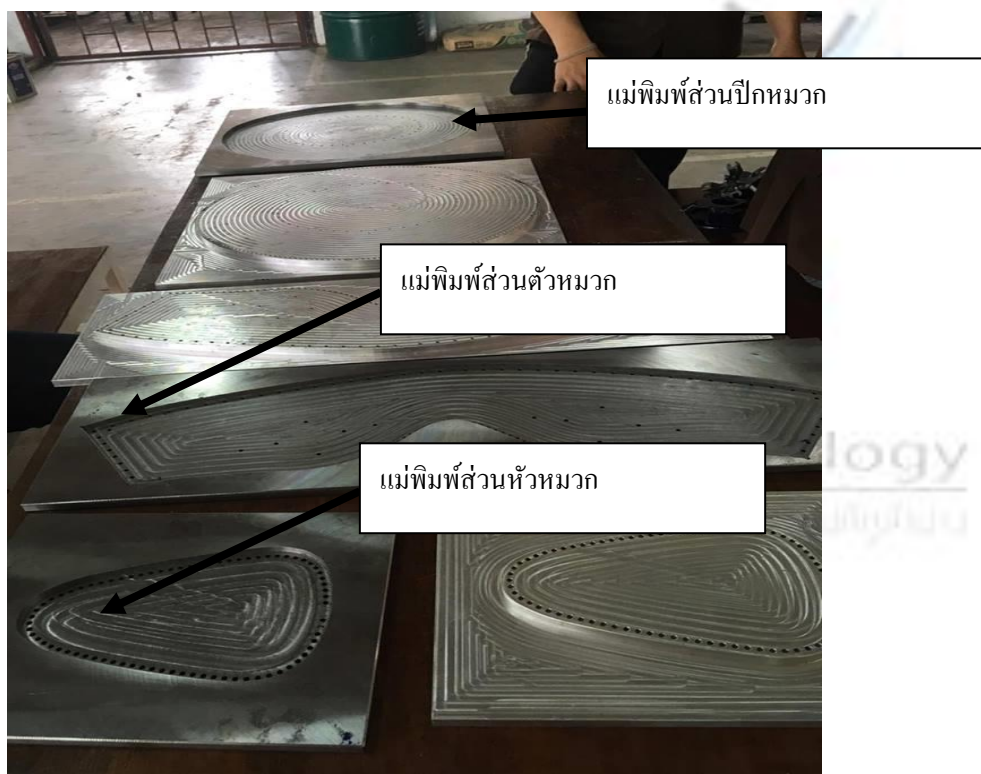
แรงตัด = 0.71 ตัน หรือ 710 กิโลกรัม

7) การเลือกวัสดุ

แม่พิมพ์เจาะรูส่วนบนและแม่พิมพ์เจาะรูส่วนล่างใช้อะลูมิเนียมอัลลอยเกรด 6061 (Aluminum Alloy 6061) ซึ่งมีความแข็งแรงสูง ทนการกัดกร่อนได้ดี มีคุณสมบัติทางกลที่หลากหลาย และสามารถใช้งานกับความร้อนได้ด้วยทั้ง 2 ชิ้น ซึ่งทำการผลิตและขึ้นรูปให้ได้ขนาดโดยเครื่องจักรอัตโนมัติที่ให้ความแม่นยำในการผลิตสูง และในส่วนของเข็มเจาะรูใช้สแตนเลสเกรด 304 (Stainless Steel 304) ซึ่งไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อนสูง สามารถขึ้นรูปเย็น และเชื่อมได้ดีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ความยาว 6 มิลลิเมตร และทำการประกอบเข็มเจาะรูเข้าแม่พิมพ์เจาะรูส่วนบน และแม่พิมพ์เจาะรูส่วนล่าง โดยใช้กาวติดเหล็กแรงยึดสูงพิเศษ (Epoxy Adhesive) ดังปรากฏให้เห็นในภาพที่ 4 – 5



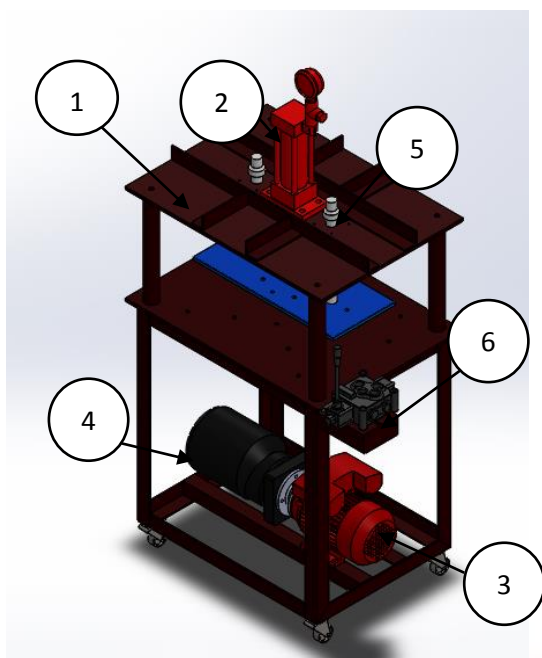
ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์เจาะรูด้านบน



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์เจาะรูด้านล่าง

8) การออกแบบเครื่อง

คณะผู้จัดทำจึงได้นำเอาข้อสรุปสมรรถนะของเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกคาวบอยมาทำการออกแบบ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ มาช่วยในการออกแบบเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกคาวบอยและทำการผลิตแม่พิมพ์เจาะรูส่วนล่าง และแม่พิมพ์เจาะรูส่วนบนโดยเครื่องจักรอัตโนมัติซึ่งปรากฏให้เห็นในภาพที่ 6



- 1 แผ่นกดกระบอกสูบไฮดรอลิกส์
- 2 กระบอกสูบไฮดรอลิกส์
- 3 มอเตอร์
- 4 ถังน้ำมันไฮดรอลิกส์
- 5 เสาประคองไฮดรอลิกส์
- 6 วาล์วควบคุม

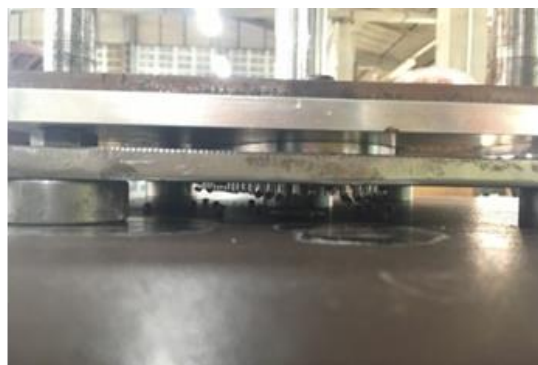
ภาพที่ 6 เครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอย

4. ผลการดำเนินการ

4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1) ทำการตัดแผ่นยางพาราให้ได้ตามขนาดของหัวหมวก ตัวหมวก และปีกหมวก จำนวน 5 ชิ้นต่อการทดสอบ

- 2) นำเอาชิ้นส่วนหมวกควบอยใส่ลงในแม่พิมพ์เจาะรูด้านล่าง
- 3) ปิดสวิทช์และกดคันโยกเพื่อทำการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอย
- 4) ทำการจับเวลารอบการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยต่อชิ้น
- 5) ทำการนับจำนวนรูเจาะที่ได้ต่อชิ้น



ภาพที่ 7 ลักษณะการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยส่วนหัวหมวก



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 8 ชิ้นส่วนหมวกควบอยที่เครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยออกมา (ก) ส่วนหัวหมวก (ข) ส่วนตัวหมวก (ค) ส่วนปีกหมวก

4.2 ผลการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอย

สำหรับขั้นตอนนี้ทำการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยโดยทำการจับเวลาจำนวน 5 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ยของการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอย จำนวน 3 ส่วน คือ หัวหมวก ตัวหมวก และปีกหมวกดังที่ได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอย

จำนวน ครั้ง	หัวหมวกเวลา ที่ใช้ (นาทิต่อชิ้น)	จำนวน รูเจาะ	ตัวหมวกเวลา ที่ใช้ (นาทิต่อชิ้น)	จำนวน รูเจาะ	ปีกหมวกเวลา ที่ใช้ (นาทิต่อชิ้น)	จำนวน รูเจาะ
1	0.19	75	0.49	143	0.35	235
2	0.18	75	0.41	143	0.46	235
3	0.17	75	0.43	143	0.35	235
4	0.21	75	0.46	143	0.39	235
5	0.18	75	0.43	143	0.41	235
เฉลี่ย	0.19	75	0.44	143	0.39	235

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนกับการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบอยดังที่ได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 3 – 5

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนหัวหมวก

จำนวน ครั้ง	เวลาที่ใช้ในการเจาะรู ชิ้นส่วนหมวกควบบอย ด้วยการตอกจาก แรงงานคน (นาทิต่อชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการเจาะรู ชิ้นส่วนหมวกควบบอย ด้วยเครื่องเจาะรู ชิ้นส่วนหมวกควบบอย (นาทิต่อชิ้น)	ผลต่าง (นาทิต่อชิ้น)	ประสิทธิภาพ ด้านเวลา เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)
1	0.37	0.19	0.18	48.65
2	0.38	0.18	0.20	52.63
3	0.40	0.17	0.23	57.50
4	0.35	0.21	0.14	40.00
5	0.43	0.18	0.25	58.14
เฉลี่ย	0.39	0.19	0.20	51.28

จากตารางที่ 3 ได้นำเสนอการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนกับการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนหัวหมวก เวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนมีเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 นาทิต่อชิ้น ซึ่งสูงกว่าเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 นาทิต่อชิ้น

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนตัวหมวก

จำนวน ครั้ง	เวลาที่ใช้ในการเจาะรู ชิ้นส่วนหมวกควบบอย ด้วยการตอกจาก แรงงานคน (นาทิต่อชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการเจาะรู ชิ้นส่วนหมวก ควบบอยด้วยเครื่อง เจาะรูชิ้นส่วนหมวก ควบบอย (นาทิต่อชิ้น)	ผลต่าง (นาทิต่อชิ้น)	ประสิทธิภาพ ด้านเวลา เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)
1	2.12	0.49	1.63	76.89
2	2.30	0.41	1.89	82.17
3	2.18	0.43	1.75	80.28
4	2.27	0.46	1.81	79.74
5	2.15	0.43	1.72	80.00
เฉลี่ย	2.20	0.44	1.76	80.00

จากตารางที่ 4 ได้นำเสนอการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนกับการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอย ด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนตัวหมวก เวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอย ด้วยการตอกจากแรงงานคนมีเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 นาทิต่อชิ้น ซึ่งสูงกว่าเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 นาทิต่อชิ้น

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนปีกหมวก

จำนวน ครั้ง	เวลาที่ใช้ในการเจาะรู ชิ้นส่วนหมวกควบบอย ด้วยการตอกจาก แรงงานคน (นาทิต่อชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการเจาะรู ชิ้นส่วนหมวก ควบบอยด้วยเครื่อง เจาะรูชิ้นส่วนหมวก ควบบอย (นาทิต่อชิ้น)	ผลต่าง (นาทิต่อชิ้น)	ประสิทธิภาพ ด้านเวลาเพิ่มขึ้น (ร้อยละ)
1	2.58	0.35	2.23	86.43
2	2.44	0.46	1.98	81.15
3	2.69	0.35	2.34	86.99
4	2.40	0.39	2.01	83.75
5	2.75	0.41	2.34	85.09
เฉลี่ย	2.57	0.39	2.18	84.82

จากตารางที่ 5 ได้นำเสนอการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนกับการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนปีกหมวกเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยการตอกจากแรงงานคนมีเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 2.57 นาทิต่อชิ้นซึ่งสูงกว่าเวลาที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 นาทิต่อชิ้น

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

ผลการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนหัวหมวกด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 นาทิต่อชิ้น ซึ่งสามารถลดเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 นาทิต่อชิ้น ทำให้ประสิทธิภาพด้านการเจาะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 51.28 การเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนตัวหมวกเท่ากับ 0.44 นาทิต่อชิ้น ซึ่งสามารถลดเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 1.76 นาทิต่อชิ้น ทำให้ประสิทธิภาพด้านการเจาะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.00 และการเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยด้วยเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยส่วนปีกหมวกเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 นาทิต่อชิ้น ซึ่งสามารถลดเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 2.18 นาทิต่อชิ้น ทำให้ประสิทธิภาพด้านการเจาะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 84.82

ด้านคุณภาพของรูเจาะมีขนาดเท่ากันทุกรูเจาะที่ผ่านจากเครื่องเจาะรูโดยส่วนหัวหมวกมีจำนวน 75 รูเจาะ ซึ่งได้มาตรฐาน ส่วนตัวหมวกมีจำนวน 143 รูเจาะ และส่วนปีกหมวกมีจำนวน 235 รูเจาะ โดยมีต้นทุนการเจาะต่อชิ้น จำนวน 1.50 บาทต่อชิ้น ลดต้นทุนการเจาะรูต่อชิ้นได้ 4.50 บาท คิดเป็นร้อยละ 75 ในส่วนของจุดคุ้มทุน ต้นทุนคงที่สำหรับตัวเครื่องเจาะรูชิ้นส่วนหมวกควบบอยระบบไฮดรอลิกส์ 40,000 บาท อัตราการผลิตสูงสุดส่วนหัวหมวก เท่ากับ 1,894 ชิ้นต่อวัน ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจะอยู่ที่ 43 วัน อัตราการผลิตสูงสุดส่วนตัวหมวกเท่ากับ 818 ชิ้นต่อวัน ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจะอยู่ที่ 98 วัน และอัตราการผลิตสูงสุดส่วนปีกหมวกเท่ากับ 923 ชิ้นต่อวัน ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจะอยู่ที่ 87 วัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยเรื่อง An integrated framework for die and mold cost estimation using design features and tooling parameter

พบว่าการใช้แม่พิมพ์ในการผลิตทำให้สามารถลดต้นทุนให้ต่ำลงได้กว่าร้อยละ 25 (Ravi, B., & Mukherjee, N.P., 2005) สอดคล้องกับผลงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องแยกใบตาลที่สามารถลดระยะเวลาในการดำเนินงานระหว่างวิธีการเดิมกับเครื่องที่พัฒนา (Prombunmar, P., 2013, p. 24) และสอดคล้องกับผลงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขาม กลุ่มสตรีก้าวหน้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และสำรวจความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์การเกิดของเสียในช่วงเริ่มต้นเท่านั้น และจะลดลงที่มีค่าของเสียเท่ากับ 0 แสดงว่าอัตราของเสียจะลดลงเมื่อมีการปั๊มอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากความชำนาญในการปฏิบัติ (Wantang, T., et al., 2015, p. 24)

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนทุนภายใต้โครงการบริการวิชาการเพิ่มขีดความสามารถสถานประกอบการ และภาคอุตสาหกรรมประจำปีงบประมาณ 2560 ภายใต้โครงการยกระดับคุณภาพชีวิตชุมชน และภาคอุตสาหกรรมและขอขอบคุณกลุ่มผู้ผลิตหมวกควายอย่างพารา เลขที่ 67 หมู่ที่ 2 บ้านแลง ตำบลบุญนาครพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ที่ให้ความสะดวกต่อการดำเนินงานทุกด้านจนสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

- Chaisathaporn V., Wongyutthakai, P., & Kuwattanasiri, K. (2010). Develop the cutter mold for dried fish cutting machine. *Journal Industrial Education*, 4(1), 25–30.
- Prombunmar, P. (2013). Design and Construction of Palm Leaf Separation Machine. *Industrial Technology LampangRajabhat University Journal*, 6(2), 24–34.
- Pormputtisiri, N. (2002). *Study on Influence of Die Clearance on Wear Behavior in Blanking Process*. Retrieved January 27, 2017, from <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1947>
- Ravi, B., & Mukherjee, N.P. (2005). *An integrated framework for die and mold cost estimation using design features and tooling parameter*. Retrieved January 29, 2017, from <http://www.rd.springer.com/article/10.1007/s00170-004-2084-9>
- Strategy and Information Development Group. (2014). *Development Plan for Lampang Province, 2014 – 2017*. Retrieved January 23, 2017, from <http://www.lampang.go.th/strategic/index7.html>
- Sumpayakorn, C., Sawatdisup P., & Prasertworanan V. (1997). *Die Design*. Bangkok: S.ASIA PRESS (1989) CO.,LTD. (in Thai)
- Tonchewawong, N. (2003). *Hydraulic System*. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan) Publisher. (in Thai)

- Ungbhakorn, V. & Thanadngarn, C. (2001). **Machine Design**. Bangkok: Se-ed Publisher. (in Thai)
- Wantang, T., Junchaipum, H., & Tierkatum, S. (2015). The Design and Production of a Stamping-Die Used to Manufacture Souvenir Key-chains. **Industrial Technology LampangRajabhat University Journal**, 8(1), 24–33.

การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย
: กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
Indoor Positioning Using Wireless Lan Network Signal
: a Case Study of Technology and Engineering Laboratory
Building, Faculty of Industrial Technology
Uttaradit Rajabhat University

พิทักษ์ คล้ายชม^{1*}

Pitak Khlaichom^{1*}

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ 27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000
โทร (055) 416629 โทรสาร (055) 416629 Email: pitakkh@hotmail.com

^{1*} Faculty of Industrial Technology Uttaradit Rajabhat University 27 Injaimee Road, T. Tha-It
A. Muang Uttaradit 53000 Tel. (055) 416629 Fax. (055) 416629 Email: pitakkh@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบ GPS มีข้อจำกัดในการระบุตำแหน่งกรณีการใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางสัญญาณดาวเทียมทำให้ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย และใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) มาเป็นข้อมูลสำคัญควบคู่กับการเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM) และเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งจากการประมวลผลข้อมูลตำแหน่ง 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าฐานนิยม (Mode) 2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min MSE) และ 3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.) ผลการวิจัยพบว่า กรณีภายในห้องขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร ที่ติดตั้งแอคเซสพอยต์จำนวน 3 ตัว การประมวลผลวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่ากับ 2.33 เมตร ใกล้เคียงกับวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 เมตร ส่วนกรณีภายในอาคารชั้นที่ 1 2 และ 3 โดยใช้แอคเซสพอยต์ ที่ใช้งานอยู่เดิม พบว่าการประมวลผลวิธีฐานนิยมมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่ากับ 7.10 เมตร ใกล้เคียงกับวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.45 เมตร และแตกต่างกับวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าในบริเวณที่มีความเข้มของสัญญาณแอคเซสพอยต์มากจะส่งผลให้ค่าความผิดพลาดการระบุตำแหน่งน้อยลง และวิธีการประมวลผลตำแหน่งที่มีความแม่นยำมากที่สุดคือวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด เหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายด้วยวิธีเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM)

คำสำคัญ : ระบุตำแหน่งภายในอาคาร, ความเข้มของสัญญาณไร้สาย, การประมวลผลข้อมูลตำแหน่ง

Abstract

Limitation of GPS System for indoor using is the obstacle of satellite signal which is unable to calculate for the position. The objectives of this research are development of indoor positioning system using wireless lan network signal and received signal strength indicator (RSSI) as the comparative information along with data comparing module (DCM) and positioning error from data position processing in 3 methods, namely 1) Mode 2) Minimum Mean Square Error and 3) Minimum Standard Deviation. Research. The Result for the room with 8 metres width and the length 10 metres. Together with three access points installed using minimum mean square error has minimum average error at 2.33 metres which is close to minimum average standard deviation at 2.38 metres. For indoor case on 1st, 2nd and 3rd floor using the existing access points. Mode for position data processing found that minimum error average equals to 7.10 metres which is close to minimum average mean square error at 7.45 metres and differ from minimum standard deviation with in statistical significance at confident level of 95% ($p < 0.05$). This research indicates that in the area of access point the signal strength the positioning error decrease. Moreover, the most accuracy in position processing is minimum mean square error, it is suitable for applying to indoor positioning system using wireless LAN network signal along with data comparing module (DCM).

Keywords : Indoor positioning, Wireless signal strength, Position data processing

1. บทนำ

จีพีเอส (Global Positioning System : GPS) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System, 2016) ปัจจุบันนิยมใช้ GPS เป็นระบบนำร่องระบบติดตามยานพาหนะ การสำรวจพื้นที่ หรือการทำแผนที่ เป็นต้น และนำมาใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ เช่น ระบบบริการสอบถามข้อมูลตำแหน่งสถานที่ ที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่อยู่ใกล้บุคคลนั้น จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Jaroenrat, K. and Kaiprasitthaworn, J., 2012) แต่อุปกรณ์ที่รองรับระบบ GPS นั้น มีข้อจำกัดในการระบุตำแหน่งกรณีการใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากกำแพงหรือสิ่งกีดขวางภายในอาคารจะกีดขวางสัญญาณดาวเทียม (Paramvir, B. and Venkata, N. P., 2000) และ GPS ใช้การวัดเวลาในการส่งข้อมูลระหว่างดาวเทียมกับวัตถุด้วยความเร็วแสง เมื่อใช้ในอาคารหรือพื้นที่ที่มีแต่ตึกสูงในพื้นที่ย่านธุรกิจหรือในชอยแคบ จะเกิดการกีดขวางสัญญาณดาวเทียม ตัวเครื่องจับสัญญาณได้น้อยลง จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้

ด้วยเหตุนี้การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารจึงได้ถูกนำมาพิจารณา ซึ่งการเทียบเคียงจากฐานข้อมูล (DCM) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ระบุตำแหน่งภายในอาคาร ด้วยการคำนวณตำแหน่งโดยใช้หลักการคือ ในแต่ละตำแหน่งของวัตถุที่ส่งสัญญาณไปที่ไหน จะให้ค่าที่เป็นเอกลักษณ์ เมื่อต้องการค้นหาตำแหน่งก็เพียงรับค่าสัญญาณที่ทำการวัดค่าเอกลักษณ์ และทำการเปรียบเทียบค่าเอกลักษณ์ ที่วัดได้กับค่าเอกลักษณ์ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล เมื่อทราบค่าเอกลักษณ์

ที่เหมือนกันก็สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุได้ (Laitinen, H. et al., 2001) และการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) ในการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณนั้นสามารถเรียกใช้ค่าจากตัวชิปได้โดยตรง ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม และการกระจายของสัญญาณวิทยุนั้นสามารถผ่านกำแพงและสิ่งกีดขวางได้ ประกอบกับปัจจุบันมีเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (WLAN) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคารได้ (Kemppi, P., 2005) เนื่องจากเซ็นเซอร์มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้สะดวก ใช้พลังงานต่ำ สามารถสร้างเครือข่ายและการติดตั้งสามารถทำได้ง่าย สามารถประยุกต์ใช้ในด้านความปลอดภัย การดูแลจัดการและการควบคุมการทำงาน เช่น การระบุตำแหน่งดูแลผู้ป่วยพิเศษภายในโรงพยาบาล การระบุตำแหน่งอุปกรณ์การแพทย์เพื่อความเร็วแก่การใช้งาน การระบุตำแหน่งของสินค้าราคาแพงในห้างสรรพสินค้าเพื่อป้องกันการเกิดการขโมย การระบุตำแหน่งผู้สูงอายุที่มีความจำสั้นและเด็กที่อาจจะเกิดการพลัดหลงกับครอบครัวภายในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น (Satasawapak, P. and Khunboa, C., 2009) จากแนวคิดการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยทำการศึกษาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายไร้สาย ด้วยวิธีการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) มาเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์ตำแหน่งควบคู่กับวิธีเทียบเคียงจากฐานข้อมูล (DCM) โดยใช้การสื่อสารแบบไร้สาย (WLAN) เชื่อมต่อโดยคลื่นสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ด้วยวิธีเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM)

2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการประมวลผลข้อมูลตำแหน่งด้วยวิธีค่าฐานนิยม วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ด้วยวิธีเทียบเคียงฐานข้อมูล (DCM) เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งจากการประมวลผลเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่ง 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าฐานนิยม (Mode) 2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error) และ 3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.) ทำการทดลองโดยใช้สมาร์ทโฟน เครื่องหมายการค้าซัมซุง รุ่นแกแลกซี โน้ต 2 (N7100)

3.2 สถานที่ทำการวิจัย

ทำการทดลองห้อง EN504 และชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

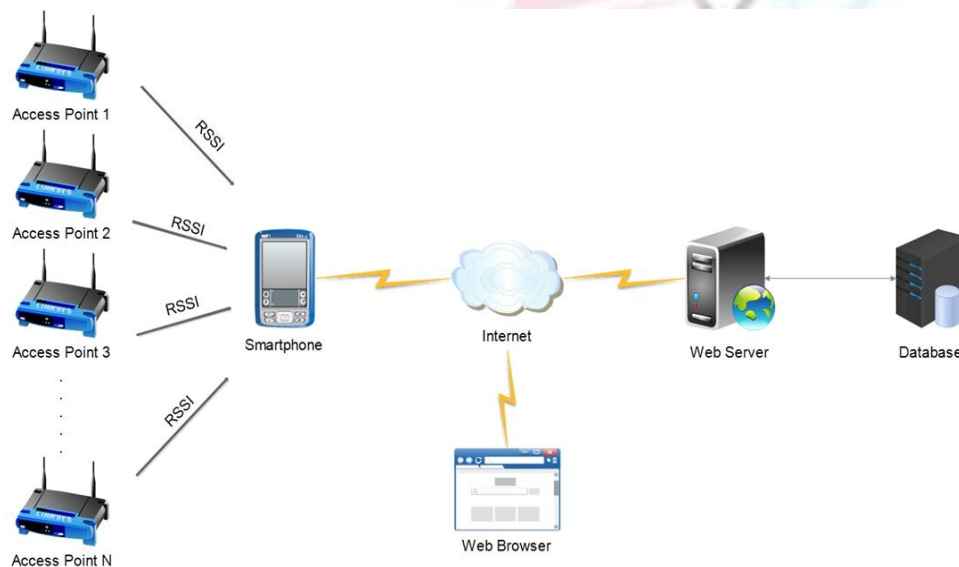
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย แอ็กเซสพอยต์ (Access Point) สมาร์ทโฟน (Smart Phone) และเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server)

2) ซอฟต์แวร์ประกอบด้วย แอปพลิเคชันสำหรับเก็บข้อมูล แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน เว็บไซต์และฐานข้อมูล

3.4 วิธีการทดสอบ

1) การออกแบบภาพรวมของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายไร้สาย เป็นการทำงานร่วมกันของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังภาพที่ 1 การทำงานในช่วงแรกจะต้องสำรวจวัดค่าความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวไว้เป็นค่าเอกลักษณ์ในแต่ละตำแหน่ง โดยสมาร์ตโฟนจะรับค่าความเข้มสัญญาณจากแอคเซสพอยต์ที่มีความเข้มมากกว่า -80 dBm ขึ้นไป ส่งข้อมูลหมายเลขประจำตัวของสมาร์ตโฟน ชื่อ และหมายเลขประจำตัวของแอคเซสพอยต์ (SSID, Mac Address) ค่าความเข้มสัญญาณ (RSSI) ตำแหน่ง X Y และ Z และ วัน เวลาของข้อมูล บันทึกลงในฐานข้อมูลผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ ส่วนการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน ระบบจะให้สมาร์ตโฟนวัดค่าความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์แต่ละตัว และส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าเอกลักษณ์ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และประมวลผลหาตำแหน่งแล้วแสดงผลออกทางหน้าจอ



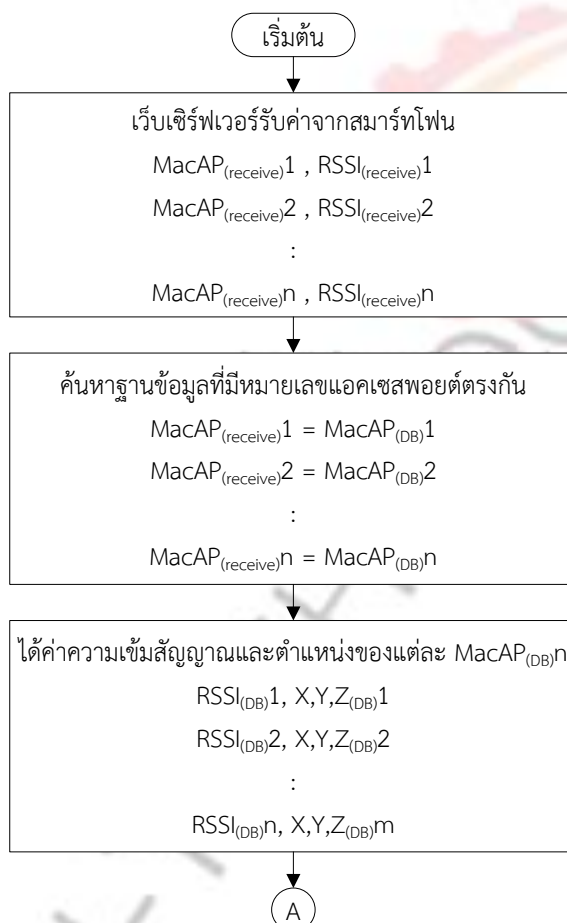
ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย

2) วิธีการประมวลผลตำแหน่ง งานวิจัยนี้หาตำแหน่งด้วยหลักการเทียบเคียงฐานข้อมูล โดยเมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับค่าหมายเลขประจำตัว ($MacAP_{(receive)n}$) และความเข้มสัญญาณ ($RSSI_{(receive)n}$) ของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวอย่างน้อย 3 ตัวแล้ว ระบบจะค้นหาข้อมูลความเข้มสัญญาณ ($RSSI_{(DB)n}$) และตำแหน่ง ($X,Y,Z_{(DB)n}$) จากฐานข้อมูลของแอคเซสพอยต์ที่มีค่าหมายเลขประจำตัวตรงกัน ($MacAP_{(DB)n}$) ดังภาพที่ 2 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการประมวลตำแหน่ง 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีคำนวณนิยม (Mode) 2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error) และ 3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.)

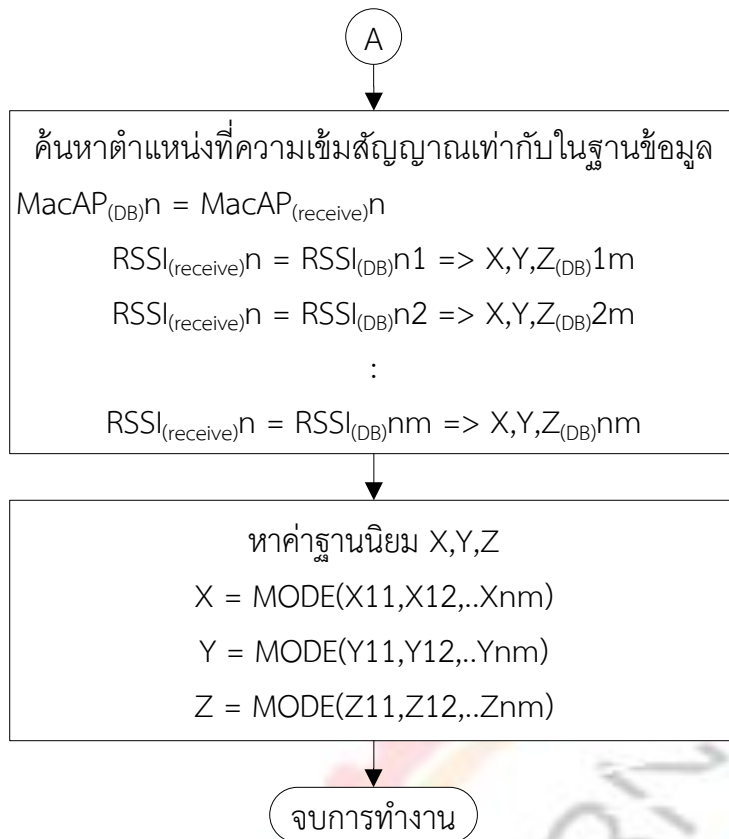
2.1) วิธีฐานนิยม (Mode) ประมวลผลตำแหน่งโดยในแต่ละหมายเลขแอดเซสพอยต์ที่ตรงกันให้นำตำแหน่ง $(X,Y,Z_{(DB)}n)$ ที่มีค่าความเข้มสัญญาณในฐานข้อมูล $(RSSI_{(DB)}n)$ เทากับค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ $(RSSI_{(receive)}n)$ ดังภาพที่ 3 มาหาค่าฐานนิยม ตามสมการที่ 1 (Medhi, J., 1992)

$$\text{Mode} = L_1 + \left(\frac{d_1}{d_1 + d_2} \right) c \quad (1)$$

โดยที่ L_1 คือ ค่าขอบล่างของชั้นที่มีฐานนิยมอยู่
 d_1, d_2 คือ ผลต่างของความถี่ของชั้นที่มีฐานนิยมอยู่กับความถี่ของชั้นที่ติดกัน ซึ่งเป็นช่วงคะแนนที่ต่ำกว่าและสูงกว่าตามลำดับ
 c คือ ขนาดของช่วงชั้น



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการหาค่าความเข้มสัญญาณและค่าตำแหน่งของแต่ละหมายเลขแอดเซสพอยต์

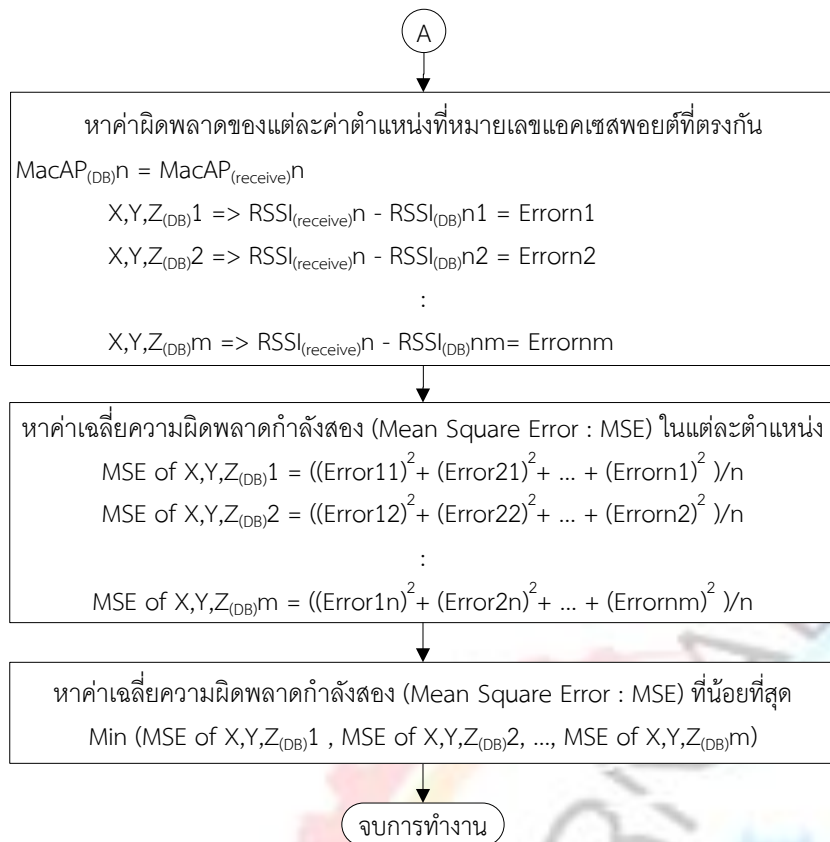


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการประมวลผลตำแหน่งด้วยวิธีฐานนิยม (Mode)

2.2) วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error) ประมวลผลตำแหน่งโดยในแต่ละหมายเลขแอดเดสอพอยต์ที่ตรงกัน ให้นำค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ ($RSSI_{(receive)n}$) มาลบกับค่าความเข้มสัญญาณในฐานข้อมูล ($RSSI_{(DB)n}$) เพื่อหาค่าผิดพลาดของแต่ละค่าตำแหน่ง ($X,Y,Z_{(DB)n}$) ของแต่ละหมายเลขแอดเดสอพอยต์ หลังจากนั้น ให้คำนวณหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ตามสมการที่ 2 (Harville, D. A. and Jeske, D. R., 1992) ในแต่ละตำแหน่ง ตำแหน่งใดมีค่าน้อยที่สุดคือคำตอบ ดังภาพที่ 4

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \left(\hat{Y}_i - Y_i \right)^2} \quad (2)$$

โดยที่	N	คือ จำนวนตัวอย่าง
	Y_i	คือ ค่าที่แท้จริง
	$\hat{Y}_i$	คือ ค่าที่ประมาณได้

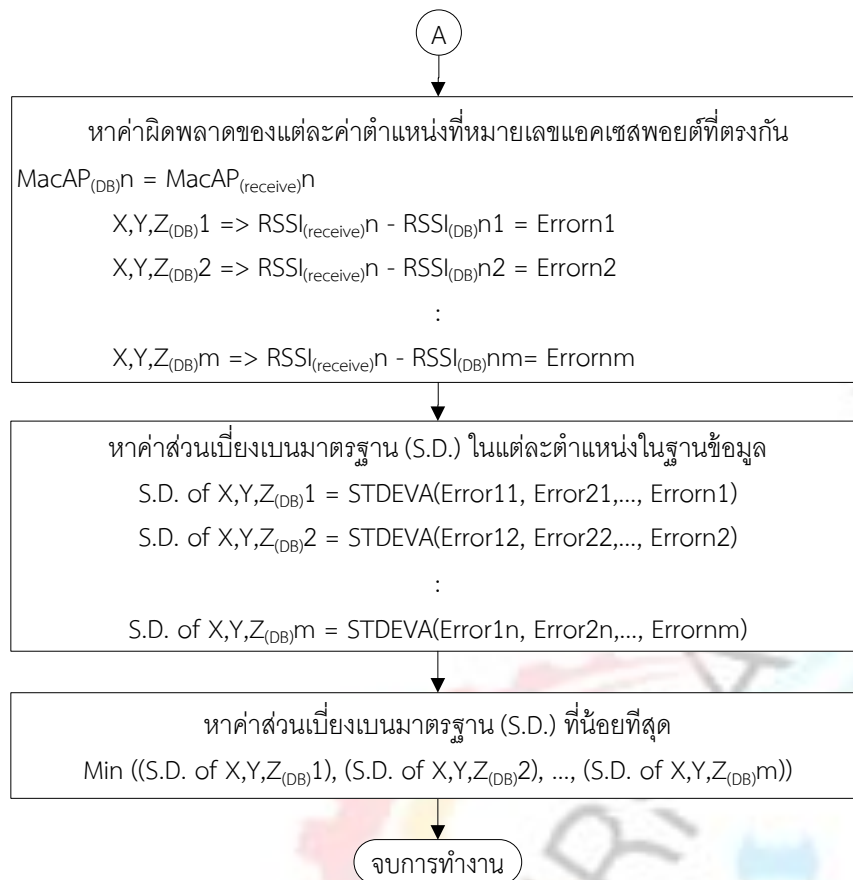


ภาพที่ 4 ขั้นตอนการประมวลผลตำแหน่งด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Min Mean Square Error)

2.3) วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.) ประมวลผลตำแหน่งโดยในแต่ละหมายเลขแอดเซสพอยต์ที่ตรงกัน ให้นำค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ ($RSSI_{(receive)n}$) มาลบกับค่า ความเข้มสัญญาณในฐานข้อมูล ($RSSI_{(DB)n}$) เพื่อหาค่าผิดพลาดของแต่ละค่าตำแหน่ง ($X,Y,Z_{(DB)n}$) ของแต่ละหมายเลขแอดเซสพอยต์ หลังจากนั้น ให้คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละตำแหน่งตามสมการที่ 3 (Medhi, J., 1992) ตำแหน่งใดมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน น้อยที่สุด คือคำตอบดังภาพที่ 5

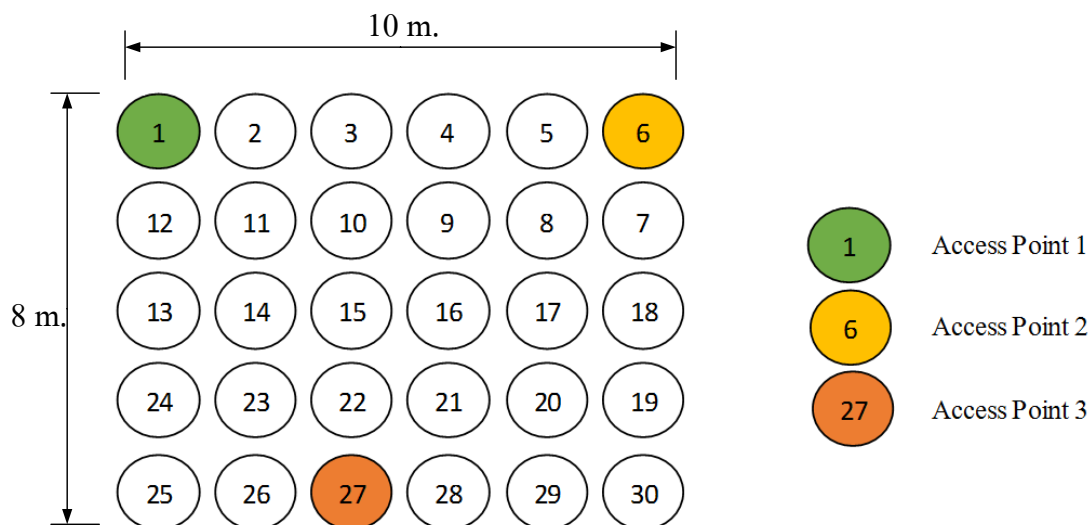
$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (3)$$

โดยที่	S.D.	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	x_i	คือ	ข้อมูล ($i = 1,2,3...N$)
	$\bar{x}$	คือ	มัชฌิมเลขคณิต
	N	คือ	จำนวนข้อมูลทั้งหมด



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการประมวลผลตำแหน่งด้วยวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (Min S.D.)

การหาประสิทธิภาพระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร กรณีภายในห้อง EN502 เพื่อทดสอบหาค่าความผิดพลาดการระบุตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN502 ของวิธีการประมวลผลตำแหน่งทั้ง 3 วิธี โดยกำหนดตำแหน่งทดสอบทุกระยะ 2 เมตร ภายในห้องซึ่งมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร รวมทั้งหมด 30 ตำแหน่ง ทำการติดตั้งแอดเซสพอยต์ยี่ห้อ TP-Link รุ่น TL-WA701ND จำนวน 3 เครื่อง ไว้ที่ตำแหน่ง 1 6 และ 27 สูงจากพื้น 1 เมตร ทำการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสัญญาณของแอดเซสพอยต์แต่ละตัวไว้เป็นค่าเอกลักษณ์ในแต่ละตำแหน่ง จากตำแหน่งที่ 1 ไปจนถึงตำแหน่งที่ 30 โดยวางสมาร์ตโฟนไว้บนแท่นสูง 1 เมตร แล้วใช้แอปพลิเคชันเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลในทุก ๆ ตำแหน่ง หลังจากนั้นทำการทดลองการระบุตำแหน่งโดยใช้แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานในแต่ละวิธี ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 30 และบันทึกผลการทดลอง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตำแหน่งทดสอบและตำแหน่งติดตั้งแอคเซสพอยต์

นำค่าตำแหน่งที่ระบุได้มาคำนวณหาค่าผิดพลาดโดยใช้สมการยูคลิดีเนียน ดังสมการที่ (4)

$$\text{Error} = \sqrt{(X - X_{\text{ref}})^2 + (Y - Y_{\text{ref}})^2} \quad (4)$$

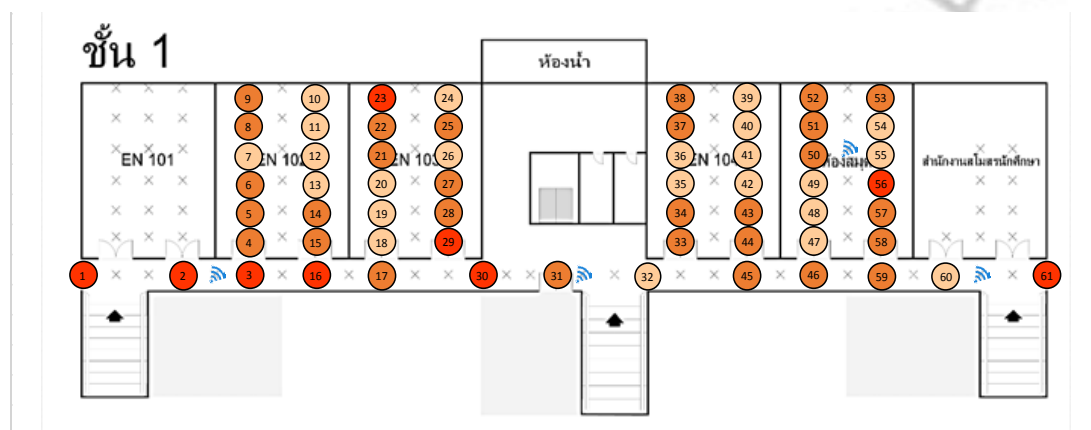
โดย X และ Y คือ ค่าตำแหน่งที่ระบุได้ ส่วน Xref และ Yref คือ ค่าตำแหน่งจริง

การหาประสิทธิภาพระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร กรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เพื่อทดสอบหาค่าความผิดพลาดการระบุตำแหน่งกรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น ของวิธีการประมวลผลตำแหน่งทั้ง 3 วิธี โดยกำหนดตำแหน่งทดสอบทุกระยะ 2 เมตร ภายในอาคารเฉพาะพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้ทั้ง 3 ชั้น จำนวน 260 ตำแหน่ง คำนวณตำแหน่งประชากรตัวอย่างด้วยวิธีของ Yamane (1967) ดังตัวอย่างในภาพที่ 7 ใช้สัญญาณแอคเซสพอยต์ที่ใช้งานจริงซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณชั้น 1 จำนวน 4 ตัว บริเวณชั้น 2 จำนวน 3 ตัว และบริเวณชั้น 3 จำนวน 1 ตัว รวมทั้งหมด 8 ตัว ทำการบันทึกข้อมูลค่าความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวไว้เป็นค่าเอกลักษณ์ในแต่ละตำแหน่ง จากตำแหน่งที่ 1 ไปจนถึงตำแหน่งที่ 260 โดยใช้แอปพลิเคชันเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลในทุก ๆ ตำแหน่ง

หลังจากนั้นทำการคำนวณตัวอย่างตำแหน่งทดสอบ โดยใช้ความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ตามสมการที่ 5 ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง จำนวน 158 ตัวอย่างตำแหน่งทดสอบ ทำการทดลองการระบุตำแหน่งโดยใช้แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานในแต่ละวิธี ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 158 และบันทึกผลการทดลอง

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (5)$$

โดยที่ n คือ จำนวนประชากรตัวอย่าง
 N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด
 e คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (ในการทดลองนี้กำหนดให้เป็น 0.05)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างสถานที่และตำแหน่งทดลอง ในอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม

4. ผลการวิจัย

4.1 จากการทดลองการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่ง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งภายในห้อง EN504 ของอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรมซึ่งเป็นห้องเรียนที่โล่งและมีสิ่งกีดขวางน้อย ดังตารางที่ 1 และ 2 พบว่า ค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด และฐานนิยม โดยค่าเฉลี่ยเป็น 2.33 2.38 และ 4.13 ตามลำดับ จากการทดสอบความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบของ LSD พบว่า การระบุตำแหน่งด้วยวิธีฐานนิยม (ค่าเฉลี่ย = 4.13 (a)) มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดรวมแตกต่างจากวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.33 (b)) และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.38 (b)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN504

แหล่งของความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F-Value
ระหว่างกลุ่ม	2	63.278	31.639	12.355*
ภายในกลุ่ม	87	222.795	2.561	
รวม	89	286.073		

หมายเหตุ : * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN504

วิธีการระบุตำแหน่ง	ค่าความผิดพลาดรวม (เมตร)			
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	S.D
วิธีค่าฐานนิยม	1.00	7.81	4.13a	1.56
วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด	0.00	5.83	2.33b	1.72
วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด	0.00	5.39	2.38b	1.52

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในตารางในแนวนอน ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่ง ในอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม ชั้นที่ 1 2 และ 3 ดังตารางที่ 3 และ 4 พบว่า ค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งด้วยวิธีฐานนิยม มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเป็น 7.10 7.45 และ 9.33 ตามลำดับ จากการทดสอบความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบของ LSD พบว่า การระบุตำแหน่งด้วยวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 9.33 (a)) มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดรวมแตกต่างจากวิธีฐานนิยม (ค่าเฉลี่ย = 7.10 (b)) และวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 7.45 (b)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความผิดพลาดรวมของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม

แหล่งของความแปรปรวน	d.f.	SS	MS	F-Value
ระหว่างกลุ่ม	2	451.391	225.696	8.701*
ภายในกลุ่ม	471	12,216.932	25.938	
รวม	473	12,668.323		

หมายเหตุ : * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งของแต่ละวิธีการประมวลผลตำแหน่งกรณีชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม

วิธีการประมวลผลตำแหน่ง	ค่าความผิดพลาด (เมตร)			
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	S.D
วิธีค่าฐานนิยม	0.00	10.00	7.10b	3.8618
วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด	0.00	15.00	7.45b	5.7414
วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด	0.00	14.00	9.33a	5.4715

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในตารางในแนวนอน ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 การระบุตำแหน่งกรณีภายในห้อง EN504 พบว่าการระบุตำแหน่งที่มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือการประมวลผลด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 เมตร น้อยกว่างานวิจัยของ Kotanen A. et al. (2003) ซึ่งมีค่าความผิดพลาด 2.6 เมตร รองลงมาได้แก่ วิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด และฐานนิยม มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 และ 4.13 เมตร ตามลำดับ และในกรณีภายในอาคาร ชั้นที่ 1 2 และ 3 ของตึก 5 ชั้น อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม พบว่าการประมวลผลด้วยวิธีฐานนิยม มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.10 เมตร รองลงมาได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 7.45 และ 9.32 เมตร ตามลำดับ

5.2 จากผลการทดลองการระบุตำแหน่งกรณีภายในห้องมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยกว่ากรณีภายในอาคาร แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่มีความเข้มสัญญาณของแอคเซสพอยต์มาก ส่งผลให้ค่าความผิดพลาดน้อยลง โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสิ่งของหรือคน สอดคล้องกับผลการศึกษาค่าความเข้มของสัญญาณในที่โล่ง และภายในอาคาร โดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ของ Satsaowapak, P. and Khunboa, C., 2009 พบว่าการเก็บข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณในที่โล่ง จะได้รูปแบบความเข้มของสัญญาณที่วิเคราะห์ได้ง่ายกว่า เนื่องจากไม่มีสิ่งรบกวนต่อค่าความเข้มของสัญญาณ ส่วนการเก็บข้อมูลภายในอาคาร ความเข้มของสัญญาณจะวิเคราะห์ได้ยาก และมีความแปรปรวนมาก จึงจำเป็นต้องเก็บรูปแบบความเข้มของสัญญาณในแต่ละพื้นที่หรือในห้องต่าง ๆ โดยมีความสัมพันธ์กับระยะทาง หากต้องการระบุตำแหน่งให้มีความแม่นยำมากขึ้นควรติดตั้งแอคเซสพอยต์เพิ่มเติมโดยมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu et al. (2011) ได้ศึกษาความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับ พบว่า เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ค่าความเข้มสัญญาณที่รับได้จะมีการลดทอนประมาณ -5 dBm การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร นอกจากจะใช้วิธีการวัดค่าความเข้มของสัญญาณแล้ว ควรมีการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย เพื่อความถูกต้องแม่นยำ ในการระบุตำแหน่ง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Maneerat, K., 2012 ทำการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งไร้สายภายในอาคารแบบหลายชั้น โดยใช้การระบุตำแหน่งด้วยเทคนิคระยะห่างยูคลิเดียน ที่ใช้ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมร่วมกับค่าความเข้มสัญญาณที่รับได้จะมีสมรรถนะความถูกต้องที่ดีกว่าเทคนิคระยะห่างยูคลิเดียนที่ใช้ค่าความเข้มสัญญาณที่ได้รับเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การระบุตำแหน่งที่มีการวิเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้า ได้แก่ ขนาด (Amplitude) เฟส (phase) และการสะท้อนของคลื่น (Wave Reflection) จะทำให้ค่าผิดพลาดน้อยลงได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัยทดลองในครั้งนี้ และขอขอบคุณนายเกรียงศักดิ์ อุบนันชัย และคณะ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

- Global Positioning System. (2016). **GPS**. Retrieved December 10, 2016, from <http://www.gps.gov/system/gps/index.html>
- Harville, D. A. and Jeske, D. R. (1992). Mean Squared Error of Estimation or Prediction under a General Linear Model, **Journal of the American Statistical Association**, 429(84), 724-731.
- Jaroenrat, K. and kaiprasitthaworn, J. (2012). Positioning system on wireless lan, **paper presented in the 4 Rd NPRU National Conference 2012**, Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Kemppi, P. (2005). **Database Correlation Method for Multi-System Location**. The degree Master of Science in Electrical and Communications Engineering, Department of Electrical and Communications Engineering, Espoo Finland.
- Kotanen, A. et al. (2003). Positioning with IEEE 802.11b wireless LAN, **paper presented in the 14th IEEE Proceedings IEEE Conference Publication, Indoor and Mobile Radio Communications**, Tampere University of Technology, Finland.
- Laitinen, H., Lahteenmaki, J and Nordstrom, T., (2001). Database Correlation Method for GSM location, **paper presented in the IEEE 51st VTC**, Rhodes, Greece.
- Maneerat K., (2012). **Development of Wireless Indoor Positioning Systems for Multi-Floor Building Using Hybrid**. Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Medhi J., (1992). **Statistical Methods: An Introductory Text**. New Delhi: New Age International.
- Paramvir, B. and Venkata N., P. (2000). RADAR: an in building RF based user location and tracking system, **paper presented in the IEEE Computer and Communications Societies**, Tel Aviv, Israel.
- Satasaowapak, P. and Khunboa, C. (2009). indoor object location system using Wireless Sensor Network (IEEE 802.15.4). **paper presented in the ECTI-CARD 2009**, 149-154. (in Thai)
- Xu, L., Yang, F., Jiang, Y., Zhang, L., Feng, C., and Bao, N. (2011). Variation of Received Signal Strength in Wireless Sensor Network, **3rd International Conference on Advanced Computer Control (ICACC)**, pp. 151-154.
- Yamane, T. (1967). **Statistics: An Introductory Analysis**, 2th edition. New York: Harper & Row.

รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัย Installation Formation of Flash Flood Warning System in Risky Community Areas

ราชศักดิ์ สุวรรณนิจศิริ^{1*}, วรวัชร ทอวิวัฒน์² และสุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์³

Ratchasak Suvannatsiri^{1*}, Worawat Thowiwat² and Suttisak Soralum³

^{1*} สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

46 ม.3 ต.จอมบึง อ.จอมบึง จ.ราชบุรี 70150 โทรศัพท์ (032) 261790 โทรสาร (032) 261078

E-mail: ratchasak_suv@hotmail.com

^{2,3} ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^{1*} Department of Civil Technology, Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University,

46 M. 3, Chombueng, Chombueng, Ratchaburi 70150

Tel. +66 32 261790 Fax. +66 32 261078 E-mail: ratchasak_suv@hotmail.com

^{2,3} Geotechnical Engineering Research and Development Center, Department of Civil Engineering,

Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและกำหนดเลือกรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัย ณ ตำแหน่งที่ดีที่สุด เพื่อออกแบบระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยในหมู่บ้าน ห้วยน้ำหนัก ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี เนื่องจากเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยและเคยได้รับผลกระทบน้ำป่าไหลหลาก โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ครั้งนี้ใช้ทั้งข้อมูลจากเอกสารและข้อมูลภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่า ระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติเชื่อมต่อเครื่องประมวลผลแม่ข่ายและกล่องรับ สัญญาณโดยติดตั้งไว้ประจำบ้านแต่ละหลังในชุมชนจนเกิดเป็น “กล่องเตือนภัยประจำบ้าน” ของชุมชนบ้านห้วยน้ำหนัก กล่องเตือนภัยประจำบ้านสามารถแสดงผลการส่งสัญญาณเตือนภัยด้วย แสงและเสียงเพื่อให้ชุมชนปลายน้ำใช้ในการอพยพได้อย่างมีประสิทธิภาพร้อยละ 95.5 ส่งผลให้ สมาชิกในชุมชนสามารถอยู่ร่วมกับภัยพิบัติทางธรรมชาติได้อย่างปลอดภัย

คำสำคัญ : ระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก, พื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัย, รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์

Abstract

The objective of this research was to study and determine the most effective installation layout position of flood warning devices which form part of the development of the Flash Flood Warning System located in at-risk areas. In this study, the area was Huai Nam Nak village, Ta Nao Si sub-district, Suang Phueng district, in Ratchaburi province. This has been classed as a risky area as it has been affected by flash flooding in the past. By applying an action research methodology, data collection and analysis was conducted in real life contexts. The results of research were as follows: the flash flood warning system consists of a device that measure the rain levels which are

automatically linked to the master station and the remote station which are installed locally in each community. These are known as a “Household Warning Box” in the Huai Nam Nak village community. The Household Warning Box will show a disaster warning light level bar and sound an alarm in the event of an evacuation for the community who live downstream at a 95% level of effectiveness. As a result, community members can co-exist safely even in those areas where natural disasters occur.

Keywords : Flash Flood Warning System, Risky Community Area Installation Formation

1. บทนำ

จังหวัดราชบุรีมีพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มทั้งหมด 4 อำเภอ 21 หมู่บ้าน โดยเฉพาะตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง สภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงระดับความสูงตั้งแต่ 200-1,100 เมตร มีแม่น้ำลำภาชีและลำห้วยสาขาเป็นสายน้ำหลัก มีหมู่บ้านเสี่ยงภัย 5 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ 2 บ้านท่ามะขาม หมู่ 7 บ้านบ่อเก่าบน หมู่ 4 บ้านบ่อหวี หมู่ 3 บ้านห้วยม่วง และหมู่ 6 บ้านห้วยน้ำหนัก ซึ่งพื้นที่หมู่ 6 บ้านห้วยน้ำหนัก จะมีผู้ประสบภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากในทุก ๆ ปี บ้านห้วยน้ำหนักเป็นที่ราบหุบเขา และภูเขามีสภาพเขตด้านทิศตะวันตกติดต่อกับสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า มีพื้นที่ 35.05 ตารางกิโลเมตร หรือ 21,906.25 ไร่ อยู่ห่างจากอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี 94 กิโลเมตร จำนวนครัวเรือนทั้งหมด 469 หลังคาเรือน จำนวนประชากร 1,727 คน (Department of Agricultural Extension, 2017) เคยเกิดเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากครั้งใหญ่เมื่อ ปี พ.ศ.2528 มีผู้เสียชีวิตจำนวน 10 คน และ ปี พ.ศ.2538 ในครั้งนั้นบ้านเรือนของราษฎรที่ตั้งอยู่ตามแนวสองฝั่งแม่น้ำภาชีได้รับความเสียหายและมีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ตั้งบ้านเรือนอยู่ในร่องเขาใกล้ชิดติดทางน้ำ อีกทั้งในพื้นที่ไม่มีระบบเตือนภัยล่วงหน้า เช่น เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Department of Disaster Prevention and Mitigation, 2014) ซึ่งคล้ายกับเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลัน Big Thompson Flood ที่เกิดขึ้นที่รัฐ Colorado ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1976 เหตุการณ์นั้นประชาชนพยายามจะขับรถออกจากหุบเขา แทนที่จะลงทิ้งรถและหนีขึ้นไปยังที่สูงจึงทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก โดยมีสาเหตุจากการไม่สามารถประเมินและแปลผลสภาพน้ำท่วมฉับพลันได้ ประกอบกับการไม่มีการสื่อสารและคำแนะนำที่ชัดเจนต่อประชาชน (Jarrett, R.D. & Costa, J.E., 2006)

น้ำป่าไหลหลากและดินถล่มเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่นับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น อาทิเช่น เมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2554 ที่อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ มีผู้เสียชีวิต 10 คน และมีผู้ได้รับบาดเจ็บอีกเป็นจำนวนมาก (Department of Mineral Resources, 2011) (Soralump, S., 2011) Soralump, S., et al. (2015) จึงได้พัฒนาและติดตั้งระบบเตือนภัยชุมชนหรือระบบเตือนภัยประจำบ้านในพื้นที่อำเภอเขาพนม โดยติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่สถานีต้นน้ำ เชื่อมต่อสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ (Encoder Box) ที่จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลน้ำฝนจากเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนอัตโนมัติมายังกล่องแปลรหัสสัญญาณ (Decoder Box) ที่เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย (Master Station) ในชุมชนเพื่อนำมาประมวลผลสำหรับการเตือนภัยจากเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้และส่งสัญญาณเตือนภัยไปยังเครื่องลูกข่าย (Remote Station) หรือที่เรียกว่ากล่องเตือนภัยประจำบ้าน (Household

Warning Box) โดยมีระยะส่งสัญญาณได้ 6 กิโลเมตร เพื่อเตือนภัยให้ประชาชนในพื้นที่ปลายน้ำอพยพ จากหลายเหตุการณ์ที่ผ่านมาสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการป้องกันที่เกี่ยวข้องกับระบบเฝ้าระวังภัยพิบัติ โดยในพื้นที่บ้านห้วยน้ำหนัก ยังไม่มีระบบเตือนภัยล่วงหน้าจึงทำให้สมาชิกในชุมชนไม่สามารถอพยพได้ทันทั่วทั้งที่ บ้านห้วยน้ำหนักจึงถูกเลือกเป็นพื้นที่ต้นแบบในการวิจัยรวมทั้งการต่อยอดและนำระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากที่มีอยู่เดิมที่พัฒนาโดย Soralump, S., et al. (2015) มาวิจัยต่อยอดเพื่อให้การเตือนภัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและกำหนดเลือกรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัย ณ ตำแหน่งที่ดีที่สุด เพื่อกออกแบบระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัยประกอบด้วย

1) ประชากร คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่หมู่ 6 บ้านห้วยน้ำหนัก ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี จำนวน 449 หลังคาเรือน โดยพิจารณาจากแผนที่จากกรมทรัพยากรธรณี

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่หมู่ 6 บ้านห้วยน้ำหนักจำนวน 9 หลังคาเรือนจากการใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยพิจารณาจากจำนวนหลังคาเรือนที่เคยได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากในอดีต

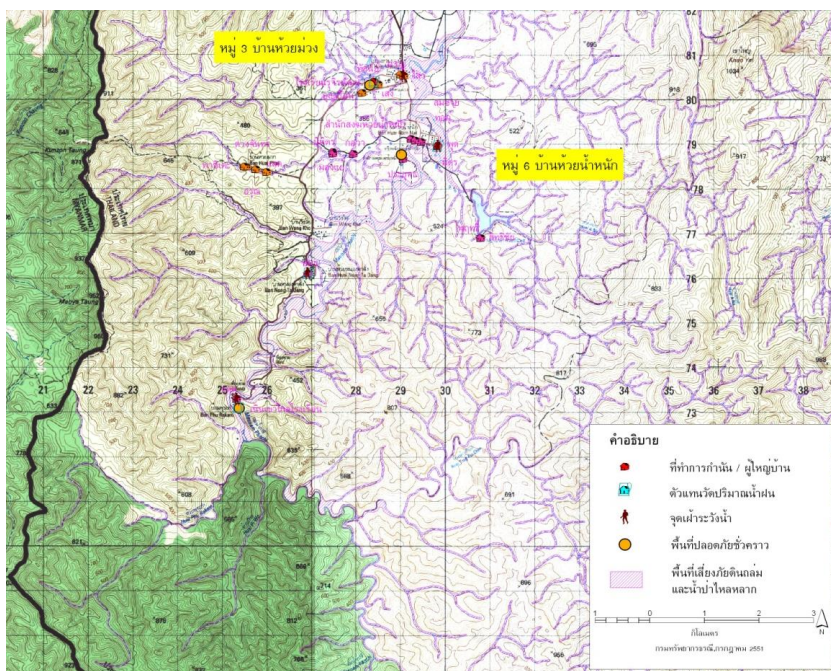
3) ตัวแปรที่ศึกษา กำหนดให้ ตัวแปรต้นคือ ตำแหน่งและรูปแบบการวางระบบเตือนภัย

3.2 เครื่องมือการวิจัย

ระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่ายและลูกข่ายโดยมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

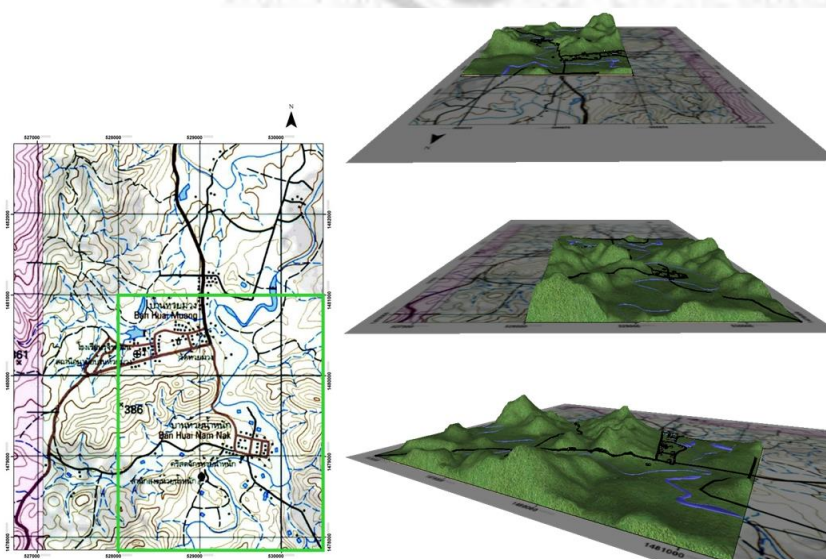
1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน โดยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาลักษณะของภูมิประเทศและภูมิอากาศของพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยต้นแบบ ตำบลตะนาวศรี จังหวัด (Department of Mineral Resources, 2008) ดังแสดงในภาพที่ 1 รวมทั้งผลกระทบทั้งทางด้านชีวิตและทรัพย์สินในอดีต และการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในชุมชน



ภาพที่ 1 แผนที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มของหมู่ 6 บ้านห้วยน้ำหนัก

2) สํารวจข้อมูลภาคสนาม โดยตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลและทำการสำรวจในภาคสนาม ด้วยการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาธรรมชาติและสัตว์ป่าราชบุรี (อ่างเก็บน้ำห้วยอะนะ) ผู้นำชุมชน และประชาชนที่เคยได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากในอดีต

3) วิเคราะห์แผนที่และตำแหน่งติดตั้งระบบ โดยวิเคราะห์แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยและตำแหน่งติดตั้งระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากดังแสดงในภาพที่ 2 อีกทั้งเชิญอาสาสมัครประจำหมู่บ้านมามีส่วนร่วมในการเขียนแผนที่ติดตั้งเครื่องมือและแผนที่อพยพของชุมชน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ขอบเขตแผนที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยต้นแบบ



ภาพที่ 3 การมีส่วนร่วมของชุมชนในการเขียนแผนที่อพยพ

4) สร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย จากการนำระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากที่มีอยู่เดิมที่พัฒนาโดย Soralump, S., et al. (2015) มาวิจัยต่อยอดเพื่อให้การเตือนภัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบว่าถ้าลดขั้นตอนระบบการรับและส่งสัญญาณเพิ่มความรวดเร็วในการส่งข้อมูลและระบบสามารถใช้งานได้ในขณะที่ฝนตกหนัก น่าจะเป็นวิธีที่สามารถลดผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างมาก ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้นำแนวคิดมาออกแบบและกำหนดเลือกรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยพื้นที่ดังกล่าว โดยอาศัยเกณฑ์การเตือนภัยอย่างง่ายของข้อมูลตรวจวัดและประมวลปริมาณน้ำฝนสะสม (Rainfall Data) ด้วยเครื่องประมวลผลแม่ข่าย (Master Station) ดังแสดงในภาพที่ 4 (ก) ตรวจวัดในพื้นที่ต้นน้ำที่มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางซึ่งประกอบด้วย เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติหรือเครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก ระบบ Tipping Bucket แบบ Real Time ดังแสดงในภาพที่ 4 (ข) ใช้หลักการของแกนกระดอง โดยมีถ้วยสำหรับรองรับน้ำฝน 2 ส่วน ที่สามารถรองรับน้ำฝนได้ 0.01 นิ้ว หรือ 0.25 มิลลิเมตรต่อการกระดกหนึ่งครั้ง กระดกสลับไปมา และมีหน่วยความจำในการบันทึกข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าปริมาณน้ำฝนต่อวันและปริมาณน้ำฝนต่อนาที พร้อมทั้งอุปกรณ์การให้พลังงานคือแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการชาร์จและแบตเตอรี่แห่ง ดังแสดงในภาพที่ 4 (ค) - 4 (จ)

โดยสามารถกระจายการเตือนภัยไปสู่กล่องรับสัญญาณหรือเครื่องลูกข่าย (Remote Station) ดังแสดงในภาพที่ 4 (ฉ) ด้วยการกระเปิดของสัญญาณวิทยุคลื่นสั้นช่วงความถี่ต่ำในช่วงความถี่ 433 MHz ไปยังกล่องรับสัญญาณ ที่ติดตั้งไว้ประจำบ้านแต่ละหลังในชุมชน เรียกว่า “กล่องเตือนภัยประจำบ้าน” “Household Warning Box” ระยะทาง 1 - 3 กิโลเมตร ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า 12VDC หรือจากแบตเตอรี่ 12VDC มีจอ LCD แสดงผลแถบระดับการแจ้งเตือนภัย สามารถแจ้งสถานะเตือนภัยได้ 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับเฝ้าระวัง (Alert) ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติอยู่ในเกณฑ์ที่เริ่มผิดปกติควรเฝ้าระวังการแจ้งเตือนอย่างใกล้ชิด 2) ระดับเตือนภัย (Alarm) ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติอยู่ในเกณฑ์ที่ผิดปกติในระดับอันตรายควรเตรียมพร้อมอพยพ และ 3) ระดับอพยพหนีภัย (Action) ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติอยู่ในเกณฑ์ที่อันตรายควรอพยพไปอยู่ในที่ปลอดภัยที่จัดเตรียมไว้ โดยใช้เกณฑ์น้ำฝนในพื้นที่เชิงสถิติกำหนดค่า

ระดับของระบบเตือนภัย อีกทั้งแสดงผลเสียงเตือนภัยจากเครื่องแม่ข่ายมีระดับเสียง 80-150 dB และเครื่องลูกข่ายมีระดับเสียง 80 dB เพื่อเตือนพื้นที่ชุมชนปลายน้ำด้านล่างในการอพยพ



ภาพที่ 4 (ก) เครื่องแม่ข่าย (Master Station), (ข) เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ (Rain Gauge Automatic), (ค) แผงโซลาร์เซลล์, (ง) เครื่องควบคุมการชาร์จ, (จ) แบตเตอรี่, (ฉ) เครื่องลูกข่าย/กล่องเตือนภัยประจำบ้าน (Remote Station)

จากนั้นทำการค้นหาสัญญาณตำแหน่งติดตั้งเครื่องลูกข่ายและติดตั้งเครื่องลูกข่ายในบ้านหรือในห้องนอนพื้นที่เสี่ยงภัย เมื่อติดตั้งครบทุกตำแหน่งแล้วทำการประเมินประสิทธิภาพการส่งสัญญาณโดยส่งสัญญาณจากเครื่องแม่ข่ายมาที่เครื่องลูกข่ายพร้อมกันทุกตำแหน่งเพื่อตรวจสอบการรับสัญญาณและนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 5 - 6 ตามลำดับ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลระบบการเชื่อมต่อสัญญาณไร้สายมา ณ ตำแหน่งเตือนภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างน้อยทุก 5 นาที



ภาพที่ 5 ค้นหาสัญญาณตำแหน่งติดตั้งเครื่องลูกข่าย



ภาพที่ 6 ค้นหาสัญญาณตำแหน่งติดตั้งเครื่องลูกข่ายในห้องนอนในบ้านพื้นที่เสี่ยงภัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

คณะผู้วิจัยใช้สถิติพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลระบบการเชื่อมต่อสัญญาณไร้สายของระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก

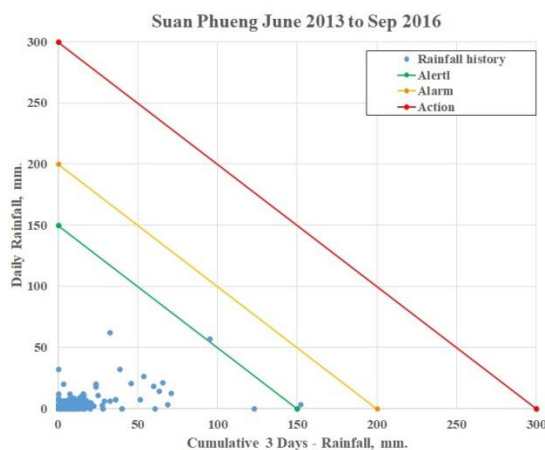
4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการศึกษาและกำหนดเลือกรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัย ณ ตำแหน่งที่ดีที่สุด เพื่อออกแบบระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยให้มีประสิทธิภาพสามารถอธิบายผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 การกำหนดเกณฑ์น้ำฝนเชิงสถิติสำหรับใช้แจ้งเตือนกล่องเตือนภัยประจำบ้าน

ประเทศไทยนิยมใช้เกณฑ์การเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากที่เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันกับปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน (Soralump, S. & Nuimak, T., 2013) คณะผู้วิจัยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2556 ถึงเดือนกันยายน 2559 ในบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยอะนะ บ้านห้วยน้ำหนัก ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งอยู่บริเวณต้นน้ำของหมู่บ้านห้วยน้ำหนักและอยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่เคยเกิดเหตุ โดยที่ประชาชนใช้กระบอกวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรธรณีขนาดปากกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หรือประมาณ 10 เซนติเมตร วัดระดับความลึกของน้ำฝนในกระบอกวัดน้ำฝน หน่วยที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนคือหน่วยมาตรฐานได้แก่หน่วยมิลลิเมตร ทำการวัดปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาที่กำหนดในรอบ 24 ชั่วโมง ที่เวลา 07.00 น. เพื่อให้สอดคล้องกับการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จากนั้นนำข้อมูลมาสร้างกราฟเพื่อกำหนดเกณฑ์น้ำฝนเชิงสถิติสำหรับใช้แจ้งเตือนกล่องเตือนภัยประจำบ้าน ที่ติดตั้งไว้ประจำบ้านแต่ละหลังในชุมชน แล้วนำมากำหนดเกณฑ์เตือนภัยเชื่อมโยงกับเครื่องตรวจวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติระบบถาดกระดก (Tipping Bucket) แบบ Real Time ใช้การวัดน้ำฝน 1 มิลลิเมตร จะเทียบเท่าปริมาณน้ำฝน 1 ลิตรต่อตารางเมตร ซึ่ง Bucket จะถูกต่อเข้ากับ Switch และนำเอาสัญญาณจาก Switch มาต่อเข้ากับ Digital Input ของ RTU ซึ่งลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณ Pulse โดยปริมาณน้ำฝนที่ทำให้เกิดสัญญาณ Pulse 1 สัญญาณหรือ 1 ครั้ง จะมีค่า 0.2 มิลลิเมตร ตามข้อกำหนดของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน แกน Y หมายถึง ปริมาณน้ำฝนรายวันและแกน X หมายถึงปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน ทำให้สามารถตั้งเกณฑ์การแจ้งเตือนภัยได้ 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับเฝ้าระวัง (Alert): 150 มิลลิเมตร 2) ระดับเตือนภัย (Alarm): 200 มิลลิเมตร 3) ระดับอพยพหนีภัย (Action): 300 มิลลิเมตร

ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งเกณฑ์การแจ้งเตือนระดับอพยพหนีภัย (Action) ไม่ได้แจ้งเตือนขณะที่มีน้ำป่าไหลหลากแต่ตั้งค่าไว้ให้เตือนก่อนช่วงเวลาวิกฤตเพื่อเป็นการสร้างความตระหนักให้กับประชาชนในการตัดสินใจการอพยพหนีภัย



ภาพที่ 7 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนรายวันกับปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน

4.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก

คณะผู้วิจัยได้ติดตั้งระบบเตือนภัยชุมชนหรือระบบเตือนภัยประจำบ้าน พัฒนาขึ้นโดย Soralump, S., et al. (2015) โดยได้วิจัยต่อยอดระบบด้วยการลดขั้นตอนการส่งข้อมูลตรวจวัดน้ำฝนผ่านระบบกล่องรับสัญญาณ (Encoder Box) และกล่องถอดสัญญาณรหัสข้อมูล (Decoder Box) ซึ่งใช้คลื่นวิทยุคลื่นสั้นช่วงความถี่ 245.00-245.975 MHz ที่จะส่งมายังเครื่องแม่ข่ายในหมู่บ้าน ส่งผลให้ช่วยลดเวลาการส่งข้อมูลเพิ่มความเร็วในการแจ้งสถานะเตือนภัยไปยังกล่องลูกบ้านได้เร็วขึ้น กล่าวคือ เครื่องตรวจวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติเชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลแม่ข่ายที่ตรวจวัดในพื้นที่ต้นน้ำโดยตรง จากนั้นระเบิดสัญญาณวิทยุคลื่นสั้นช่วงความถี่ 433 MHz ในรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร เพื่อส่งสถานะเตือนภัยไปยังกล่องรับสัญญาณเครื่องลูกข่ายที่ติดตั้งไว้ประจำบ้านแต่ละหลังในชุมชน ซึ่งเป็นบ้านที่เคยได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากในอดีต

1) ตำแหน่งติดตั้งระบบเตือนภัย

ระบบเตือนภัยมีตำแหน่งติดตั้งที่สำคัญได้แก่บริเวณเครื่องแม่ข่ายและบริเวณเครื่องลูกข่าย มีพื้นที่ขนาด 3 กิโลเมตร x 3 กิโลเมตร พิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูด 13 องศา 21 ลิปดา 39.9 ฟลิปดา เหนือ ลองจิจูด 99 องศา 17 ลิปดา 05.4 ฟลิปดา ตะวันออก (13°21'39.9"N 99°17'05.4"E)

เครื่องแม่ข่าย ถูกติดตั้งที่พื้นที่ต้นน้ำบริเวณศูนย์ศึกษาธรรมชาติและสัตว์ป่าราชบุรี (อ่างเก็บน้ำห้วยอะนะ) ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 500 ม.รทก. (Mean Sea-Level) จำนวน 1 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง จึงเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งสถานีทอดสัญญาณ ดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งคณะผู้วิจัยได้แนะนำวิธีการใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องมือให้กับผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ฯ ให้ระบบพร้อมใช้งานตลอดเวลา เช่น ระบบการชาร์จไฟจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ ซึ่งแนะนำให้เปลี่ยนแบตเตอรี่ทุก ๆ 1 - 2 ปี เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงการชาร์จตัวแปลงไฟเข้ากับเครื่องลูกข่าย ดังแสดงในภาพที่ 9 - 10



ภาพที่ 8 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องแม่ข่าย (Master Station)



ภาพที่ 9 แนะนำวิธีการใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องมือให้กับผู้ดูแล



ภาพที่ 10 ทดสอบและสาธิตการชาร์จตัวแปลงไฟเข้ากับเครื่องลูกข่าย

เครื่องลูกข่าย (กล่องเตือนภัยประจำบ้าน) ถูกติดตั้งที่พื้นที่ปลายน้ำบริเวณ หมู่ 6 บ้านห้วยน้ำหนัก ต.ตะนาวศรี อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 300 ม.รทก. (Mean Sea-Level) เกณฑ์ในการคัดเลือกตำแหน่งในการติดตั้งนั้น ขึ้นอยู่กับระยะในการส่งสัญญาณ และจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากเจ้าของบ้านที่ได้ทำการติดตั้งด้วย ซึ่งแต่ละตำแหน่งเป็นบ้านที่เคยได้รับผลกระทบจากภัยน้ำป่าไหลหลากในอดีต จำนวน 9 ตำแหน่ง

2) การทดสอบระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก

ทำการทดสอบส่งสัญญาณจากเครื่องแม่ข่าย 1 ตำแหน่ง ส่งไปยังเครื่องรับสัญญาณลูกข่าย 9 ตำแหน่ง จำนวน 10 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพของระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากสามารถรับส่งสัญญาณได้ร้อยละ 95.5 จอ LCD แสดงผลมีแถบระดับการแจ้งเตือนภัยและเสียงเตือนภัยโดยสามารถแจ้งเตือนภัยได้ 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับเฝ้าระวัง (Alert): 150 มม. 2) ระดับเตือนภัย (Alarm): 200 มม. 3) ระดับอพยพหนีภัย (Action): 300 มม. และเสียงเตือนภัยจากเครื่องลูกข่ายในระยะ 1 เมตรมีระดับเสียง 80 dB ดังแสดงผลการทดสอบในตารางที่ 1 ซึ่งข้อดีคือสามารถรับส่งข้อมูลได้รวดเร็วขึ้นแบบ Real Time แต่ข้อเสีย คือสามารถรับส่งสัญญาณได้ระยะทางที่สั้นกว่าเพียง 3 กิโลเมตร ในขณะที่ระบบต้นแบบเดิมโดย Soralum, S., et al. (2015) สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 6 กิโลเมตร จากนั้นได้ส่งมอบเครื่องลูกข่ายดังแสดงในภาพที่ 11 - 12 ซึ่งได้แนะนำวิธีการใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องมือบ้านที่ได้ติดตั้งเครื่องลูกข่ายประกอบไปด้วย บ้านผู้ใหญ่บ้าน บ้านผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านและบ้านลูกบ้านให้ระบบพร้อมใช้งานตลอดเวลา เช่น การชาร์ตตัวแปลงไฟ เข้ากับเครื่องลูกข่ายและการสังเกตจอ LCD แสดงผล

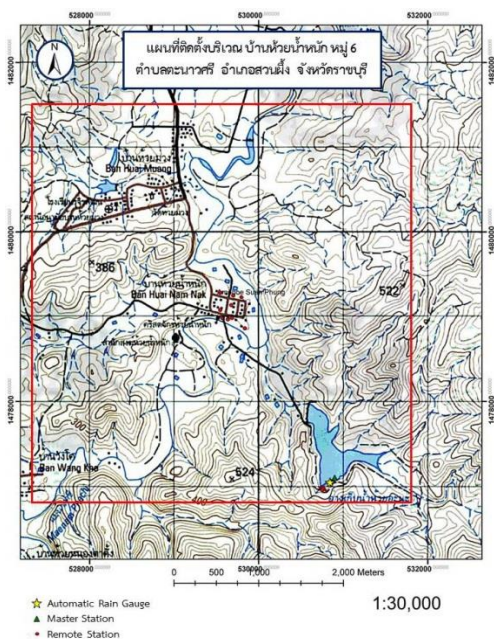
ตารางที่ 1 การทดสอบการรับส่งสัญญาณระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก

ครั้งที่ ทดสอบ	ตำแหน่งเครื่องลูกข่าย									จำนวนตำแหน่ง เครื่องลูกข่าย ที่รับสัญญาณได้
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
3	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	8
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	8
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	8
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
9	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
	รวม									86 หรือ มีประสิทธิภาพ ร้อยละ 95.5

หมายเหตุ: ✓ = รับส่งสัญญาณได้ทันที ○ = รับส่งสัญญาณไม่ได้ทันทีแต่รับส่งสัญญาณได้ใน 2 นาที



ภาพที่ 11 มอบกล่องเตือนภัยประจำบ้านให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัย



ภาพที่ 12 แผนที่ติดตั้งเครื่องแม่ข่ายและลูกข่ายรวม 10 ตำแหน่ง

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

ในการศึกษาและกำหนดเลือกรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัย ณ ตำแหน่งที่ดีที่สุด เพื่อออกแบบระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่หมู่บ้านเสี่ยงภัย คณะผู้วิจัยมุ่งเน้นให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์จริงในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาสำคัญของการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก คือ การแจ้งสัญญาณเตือนภัยล่าช้าเนื่องจากมีขั้นตอนระบบการรับส่งสัญญาณมากอันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศที่มีต้นไม้ปกคลุมและเทือกเขาบดบังการรับส่งสัญญาณเตือนภัยและระบบไม่สามารถใช้งานได้ ในขณะที่ฝนตกหนัก ดังนั้นจึงได้นำระบบเตือนภัยจากการสื่อสารด้วยสัญญาณวิทยุของ Soralump, S., et al. (2015) มาต่อยอดโดยส่งข้อมูลการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจากเครื่องตรวจวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติในพื้นที่บริเวณต้นน้ำโดยตรง ใช้การระเบิดของสัญญาณวิทยุคลื่นสั้น ช่วงความถี่ต่ำในช่วงความถี่ 433 MHz จากเครื่องแม่ข่ายส่งไปยังกล่องรับสัญญาณเครื่องลูกข่าย “กล่องเตือนภัยประจำบ้าน” ที่ติดตั้งไว้ประจำบ้านแต่ละหลังในชุมชนที่มีรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร อาศัยการกำหนดเกณฑ์น้ำฝนเชิงสถิติสำหรับใช้แจ้งสถานะกล่องเตือนภัยประจำบ้าน แบบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันกับปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน (Soralump, S. & Nuimak, T., 2013) ซึ่งการส่งสัญญาณระหว่างเครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่ายจำนวน 10 ตำแหน่ง มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 95.5

โดยเน้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่และตั้งค่าไว้ให้เตือนก่อนช่วงเวลาวิกฤตเพื่อเป็นการสร้างความตระหนักให้กับประชาชนในการตัดสินใจการอพยพรวมทั้งควรใช้แผนที่ในชุมชนเพื่อกำหนดจุดอพยพก่อนเกิดภัย ปัญหาอีกประการหนึ่งที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ตรวจวัดที่ติดตั้งไว้ในสนามซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากตำแหน่งของการติดตั้งมีส่วนสำคัญมากเพื่อการเฝ้าระวังแล้ว การบำรุงรักษาจากสภาพแวดล้อมและการใช้งานมากก็เป็นส่วนสำคัญ ดังนั้นระบบการเตือนภัยจะมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีส่วนร่วมของชุมชนที่มีความเข้าใจ อีกทั้งสมาชิกในชุมชนมีระดับการศึกษาไม่สูงมากนัก ดังนั้นอุปกรณ์และเครื่องมือจึงต้องสามารถเข้าใจได้ง่าย การศึกษาและกำหนดเลือกรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เตือนภัยดังกล่าว พบว่า ระบบเตือนภัยประจำบ้านที่ได้ออกแบบขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องด้วยได้รับความร่วมมือของชุมชนที่มีส่วนร่วมในการดูแลบำรุงรักษาให้ระบบสามารถใช้งานได้ตลอดเวลา ส่งผลให้สมาชิกในชุมชนสามารถอยู่ร่วมกับภัยพิบัติทางธรรมชาติได้อย่างปลอดภัย งานวิจัยเป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) สามารถใช้เป็นเพียงแนวทางในการออกแบบระบบเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่อื่น ๆ เท่านั้น เนื่องจากในแต่ละพื้นที่เสี่ยงภัยจำเป็นต้องมีเครื่องมือในการเตือนภัยที่เหมาะสมและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

6. กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำงานวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่ช่วยผลักดันให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- Department of Agricultural Extension (2017). **Information of Physical Biological and Social Section, Ta Nao Si District**. Retrieved January 2, 2017, from <http://suanphueng.ratchaburi.doe.go.th/ATSC/Mainpage/040.html> (in Thai)
- Department of Disaster Prevention and Mitigation. (2014). **Announcement of Ratchaburi Flash Floods Disaster Victims Relief Area**. Retrieved January 2, 2017, from <http://www.disaster.go.th/th/link-aboutweblink-9-1/> (in Thai)
- Department of Mineral Resources. (2008). **Flash Flood and Landslide Risky Area in Ta Nao Si Subdistric, Suan Phueng District, Ratchaburi Province**. Bangkok: Ministry of Natural Resource and Environment. (in Thai)
- Department of Mineral Resources. (2011). **Manual on the Reduction of the Impact of Geohazards**. Bangkok: Ministry of Natural Resource and Environment. (in Thai)
- Jarrett, R.D. & Costa, J.E. (2006). **The 1976 Big Thompson Flood, Colorado**. Fact Sheet 2006-3095. July, U.S. Geological Survey, U.S.A.

- Soralump, S. (2011). 2011 Disastrous Landslides at Khao Panom, Krabi, Thailand. **EIT-Japan Symposium 2011 on Human Security Engineering**, Bangkok, Thailand, August 29-30.
- Soralump, S. & Nuimak, T. (2013). Estimation of Statistical Critical Rainfall Envelope for Landslide Warning. In: **Proceedings of the 18th National Convention on Civil Engineering**. Chiang Mai, May 8-10. (in Thai)
- Soralump, S. PUNGSUWAN, D. Yangsanpu, S. Thowiwat, W. Sricharoen, L. Pattanaprateep, S. Nuimak, T. Sirising, S. & Mairaing, W. (2015) **Study and Development of Landslide Warning System for Ban Huinamkaew, Khao Phanum, Krabi Province (Phase III)**, Final Report, Geotechnical Engineering Research and Development Center (GERD), Kasetsart University. (in Thai)

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นละอองด้วยระบบบำบัดอากาศแบบเปียก สำหรับโรงสีข้าวชุมชน

A study on the efficiency of dust removal using a wet air scrubber treatment system on a local community rice mill

วีระ พันอินทร์^{1*}

Weera Punin^{1*}

^{1*} สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 119 หมู่ 9 ถนนลำปาง-แม่ทะ ตำบลชมพู

อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100 โทร (054) 237399 ต่อ 2306 โทรสาร (054) 241052 E-mail: weerapunin@lpru.ac.th

^{1*} Department of Physics, Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, 119 Moo 9 Lampang - Mae Tha Road,
Muang District, Lampang, Thailand, 52100 Tel. +66 54 237399 ext. 2306 Fax. +66 54 241052

Email: weerapunin@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นละอองด้วยอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียกที่เหมาะสมสำหรับโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เพื่อช่วยลดปัญหาฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายในอากาศซึ่งเป็นปัญหามลพิษทางอากาศในเขตพื้นที่ชุมชน โดยทำการศึกษาค่าความหนาแน่นของฝุ่นละอองจากการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชน ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของฝุ่นละอองจากการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชนพบว่าค่าความหนาแน่นฝุ่นละอองขณะเดินระบบสีข้าวมีค่า 1.12 mg/m^3 เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานฝุ่นละออง ณ จุดปล่อยกำหนดไว้ไม่เกิน 0.10 mg/m^3 ความเร็วลมในท่อระบายอากาศเสีย อัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมต่ออัตราการไหลของอากาศ รวมทั้งทำการออกแบบตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle นำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบ สครับเบอร์แบบเปียกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Scrubber design สครับเบอร์แบบเปียกที่ออกแบบมีพื้นที่หน้าตัดของตัวถังเท่ากับ 0.25 m^2 และความยาว 1.5 m ตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle ทำจากดินเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำและฝุ่นดีที่สุดในบรรดาตัวกลางที่ทดสอบ สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชนได้ถึงร้อยละ 91 ที่ระดับแรงดันของน้ำสเปรย์ 0.30 bar

คำสำคัญ : โรงสีข้าวชุมชน, สครับเบอร์แบบเปียก, ฝุ่นละออง, ตัวกลางดูดซึม

Abstract

This research study investigated the efficiency of a wet scrubber dust catcher that was able to be implemented in a community rice mill at Gardmek Village, Chompoo sub-district, Mueang district, Lampang province, to reduce airborne dust pollutants which were causing problems in the community, by studying the bulk density of dust from the community rice mill. The result of rice dust density while running the system was approximately 1.12 mg/m^3 . The standard value of dust density at the release point was specified as being no more than 0.10 mg/m^3 . In addition, other

parameters were investigated to evaluate the theoretical efficiency of the collecting system. These were the velocity in the air duct, the flow rate of water appropriate to the flow rate of air, and the design of the light clay ceramic berl saddle with its dust catching efficiency located inside the wet air scrubber. The scrubber design program was employed to create the data that was used in the scrubber design. The result of the designing and building of the wet air scrubber dust catcher suitable for community rice mills found the cross-section area of the barrel to be 0.25 m^2 and 1.5m in length. The ceramic berl saddle found that was produced at 900 degrees Celsius had the best water and dust absorbance. When the designed air scrubber was installed and tested at the community rice mill, it was found that the amount of flying dust in the mill was reduced by 91% with water at 3 bar of pressure.

Keywords : Community Rice Mill, wet scrubber, dust, ceramic berl saddle

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ พื้นที่เพาะปลูกข้าวในปี 2558 มีประมาณ 61.18 ล้านไร่ ทำให้มีผลผลิต 26.58 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 434 กิโลกรัม (Charnpittaya Chim Pali, 2015) แนวโน้มพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวมค่อนข้างคงที่แต่ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเป็นผลจากการขยายตัวของพื้นที่นาปรัง โดยเฉพาะการปรับเปลี่ยนพื้นที่นาข้าวที่เดิมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองมาปลูกข้าวพันธุ์ไวแสง สามารถปลูกได้สองครั้งต่อปีและทำให้มีผลผลิตสูงกว่าปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง จังหวัดลำปาง มีพื้นที่การปลูกข้าว 525,757 ไร่ กระจายทั้ง 13 อำเภอ (Chatree Bunnak, 2013) ภายหลังการเก็บเกี่ยวชาวนาจะนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้ไปสีเป็นข้าวสารที่โรงสีข้าวภายในพื้นที่ชุมชนเพื่อใช้สำหรับการบริโภคในครัวเรือนหรือในชุมชนนั้น ๆ แต่เนื่องจากลักษณะประกอบกิจการโรงสีข้าวชุมชนส่วนใหญ่เป็นแบบระบบเปิดขาดอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศจึงทำให้ถูกร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายออกมาจากขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการสีข้าวซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนในชุมชนและชุมชนใกล้เคียงจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ตำบมพญา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นโรงสีข้าวระดับชุมชนขนาดเล็กมีปริมาณค่าความหนาแน่นของฝุ่นละอองเกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด (Pollution Control Department, 2015) ซึ่งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้กำหนดค่ามาตรฐานความหนาแน่นของฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายออกจากการประกอบกิจการโรงสีข้าวต้องมีค่าความแตกต่างของความหนาแน่นฝุ่นละอองหรืออนุภาคขนาดเล็ก (PM_{10}) ระหว่างจุดตรวจวัดเหนือลมกับจุดตรวจวัดใต้ลมไม่เกิน 0.100 mg/m^3

การควบคุมและป้องกันฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายออกจากการประกอบกิจการโรงสีข้าวที่ดีและมีประสิทธิภาพ คือ การควบคุมที่แหล่งกำเนิด โดยติดตั้งอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละอองซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีการ เช่น การใช้ห้องตกตะกอน ไซโคลน การจับด้วยละออง การดักจับด้วยการกรอง รวมถึงการดักจับด้วยสนามไฟฟ้า (Pramote Cheowchan, 2009) ซึ่งแต่ละวิธีจะมีประสิทธิภาพที่ต่างกันไป อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างและติดตั้งระบบดังกล่าวนี้ค่อนข้างสูงแปรผันตาม

ประสิทธิภาพในการควบคุมของแต่ละอุปกรณ์ ลักษณะดังกล่าวจึงเป็นปัญหาสำหรับสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีจำนวนเงินลงทุนในการประกอบกิจการไม่มากนัก ระบบบำบัดอากาศแบบเปียกหรือ Wet Scrubber มีประสิทธิภาพสูงในการเก็บกักอนุภาค ก๊าซ และไอเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ (Jin et al., 2006; Choi et al., 2007; Chandrasekara Pillai et al., 2009) โดยอาศัยหลักการทำงานแบบสัมผัสกันระหว่างอากาศเสียกับของเหลว ซึ่งก็คือ น้ำ หรือสารละลายเคมี เริ่มจากอากาศเสียจะถูกดูดเข้าสครับเบอร์ แล้วผ่านชั้นตัวกลางแพ็คกิ้งมีเดีย (Packing Media) ซึ่งแพ็คกิ้งมีเดียนี้ จะทำหน้าที่เพิ่มพื้นผิวสัมผัสระหว่างอากาศเสียกับน้ำ ด้วยการฉีดพ่นละอองน้ำเพื่อดักจับฝุ่นละอองหรือสารปนเปื้อนที่มากับอากาศ ซึ่งมวลสารต่าง ๆ นี้ จะถูกดักจับด้วยน้ำ ทำให้ไม่สามารถหลุดออกไปสู่ภายนอกได้ (Meikap et al., 2002; Sarkar et al., 2007; Deshwal et al., 2008) ส่วนอากาศที่ผ่านการบำบัดภายในอุปกรณ์สครับเบอร์จะถูกพัดลมไฟเบอร์กลาสเพื่อปล่อยอากาศที่ดีออกทางปล่องอากาศต่อไป ระบบบำบัดอากาศแบบเปียกมีหลายชนิด เช่น สครับเบอร์แบบสเปรย์ สครับเบอร์แบบหอบรรจุ สครับเบอร์แบบลาด และสครับเบอร์แบบเวนทูรี เป็นต้น แต่ชนิดของสครับเบอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น คือ สครับเบอร์แบบหอบรรจุ ซึ่งพบว่า มีประสิทธิภาพเก็บกักอนุภาคฝุ่นละอองร้อยละ 99 (Raj Mohan et al., 2009)

การควบคุมปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายที่เกิดจากกระบวนการสีข้าว ผู้วิจัยทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียกสำหรับดักจับฝุ่นละอองด้วยละอองน้ำ ซึ่งประยุกต์ใช้วัสดุที่มีความทนทาน ง่ายในชุมชน เพื่อเป็นการลดต้นทุน แล้วนำไปติดตั้งในโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ตำบวมพู่ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นละอองของอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียกสำหรับลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าวสู่ชุมชนช่วยให้การประกอบกิจการโรงสีข้าวสามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืนโดยไม่สร้างปัญหาให้ประชาชนในชุมชน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียกสำหรับลดปัญหาฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการสีข้าวอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียก

2.2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียก

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดขั้นตอนการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียก ตลอดจนการทดสอบประสิทธิภาพและการนำไปติดตั้งให้กับโรงสีข้าวชุมชนโดยมีการดำเนินงานที่สำคัญดังนี้

3.1 เก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่กระจายบริเวณโดยรอบโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ

การวัดและเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่กระจายบริเวณโดยรอบโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆก่อนและหลังทำการติดตั้งระบบควบคุมรวมทั้งอุปกรณ์ดักจับฝุ่นเพื่อแก้ปัญหาฝุ่นละอองที่แพร่กระจายจากโรงสีข้าวชุมชน

1) เครื่องมือการตรวจวัด

1.1) การตรวจวัดหาค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมหรือฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 100 ไมครอน ใช้เครื่องมือตรวจวัดระบบกราวิเมตริก (Gravimetric) ชนิดไฮโดรลุ่มเป็นการวัดค่าฝุ่นละอองโดยดูดอากาศผ่านกระดาศกรองตลอดช่วงการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง แล้วหาน้ำหนักฝุ่นละอองจากกระดาศกรองนั้น

1.2) แผ่นกระดาศกรองที่จะใช้กับเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายให้นำมาซังน้ำหนักและจดบันทึกไว้ก่อนและหลังการติดตั้งกับเครื่องมือตรวจวัด

2) การกำหนดตำแหน่งการวางเครื่องตรวจวัดเพื่อเก็บตัวอย่าง

2.1) ผู้วิจัยกำหนดจุดติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าวบริเวณเหนือลม และใต้ลม โดยเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายทั้งสองจุดต้องอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน และเป็นจุดที่มีลมพัดผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าวนั้นมากที่สุด

2.2) ให้เครื่องมือตั้งอยู่ห่างจากขอบรั้วด้านในหรือขอบรั้วด้านนอกของโรงสีข้าวไม่เกิน 1 เมตร

3) การตรวจวัดทิศทางลม

3.1) การตรวจวัดทิศทางลมบริเวณเหนือและใต้โรงสีข้าวด้วยเครื่องวัดสภาพอุตุนิยมวิทยา

3.2) กำหนดให้ทิศทางลมที่พัดผ่านจุดติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าวบริเวณเหนือลมและใต้ลมต้องมีการตรวจวัดสะสมในแนวเดียวกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ตลอดช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย 5 ชั่วโมง หรือไม่ต่ำกว่า 290 นาที แต่ไม่เกิน 310 นาที

4) การวิเคราะห์ตัวอย่าง การคำนวณผลการตรวจวัด และการบันทึกผลการตรวจวัดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าว

การวิเคราะห์ตัวอย่าง และการคำนวณผลการตรวจวัด ให้คำนวณหาปริมาณอากาศจากเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยนำปริมาตรของฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้งหมดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาปรับแก้ตามสภาวะมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความกดอากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท บันทึกผลการตรวจวัดดำเนินการตามแบบบันทึกผลการตรวจวัดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าว

3.2 การพิจารณาระบบควบคุมฝุ่นละอองกระบวนการสีข้าว

จากผลการสำรวจกรรมวิธีการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชนพบว่า กระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชนกรณีศึกษานี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) ขั้นตอนการทำความสะอาดข้าวเปลือกเป็นการทำความสะอาดแบบแห้งโดยใช้ตะแกรงร่อนเพื่อแยกสิ่งแปลกปลอม เช่น ฟาง เศษพืช ฝุ่น ผง กรวด และทราย ออกจากข้าวเปลือก

2) ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกเป็นการแยกเอาเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเรียกว่า แกลบ ออกจากเมล็ดข้าว ข้าวที่ได้จากขั้นตอนนี้ว่า ข้าวกล้อง ซึ่งยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดและคัพภะติดอยู่

3) ขั้นตอนการขัดขาวและขัดมันเป็นการขัดชั้นรำ ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากข้าวกล้อง ให้เหลือเฉพาะส่วนของเอนโดสเปิร์ม และขัดมัน เพื่อให้ผิวเรียบเป็นเงาสวย

4) ขั้นตอนการคัดขนาดข้าวสาร ใช้ตะแกรงขนาดที่มีรูเปิดที่มีความยาวแตกต่างกัน เพื่อแยกข้าวสารเต็มเมล็ดต้นข้าวออกจากข้าวหักและปลายข้าว

ผู้วิจัยได้เลือกตำแหน่งการจัดวางระบบควบคุมปริมาณฝุ่นละอองที่ขั้นตอนของการกะเทาะข้าวเปลือกและการทำความสะอาดข้าวเปลือกในกระบวนการสีข้าว เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของฝุ่นละออง โดยใช้พัดลมดูดอากาศเป็นตัวควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองและรวบรวมส่งเข้าสู่ระบบบำบัดชนิดสครับเบอร์แบบเปียกในลำดับต่อไป

3.3 การคำนวณเพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียก

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลความเร็วลมที่มาจากพัดลมดูดอากาศที่ปะปนฝุ่นละอองก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดและพื้นที่หน้าตัดของปากปล่องท่อระบายอากาศ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณขนาดของอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียกจากสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Scrubber design จากนั้นสร้างตัวถังและส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียกตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ (Worapot Kanokananapong, 2008)

1) คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศที่ไหลออกจากปากปล่องโรงสีข้าวชุมชนได้จากสมการ ดังนี้

$$Q_{air} = u_{wb} \times A_{wb} \quad (1)$$

โดยที่ Q_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลออกจากปล่องโรงสีข้าว (m^3/s)
 A_{wb} คือ พื้นที่หน้าตัดของปากปล่องท่อระบายอากาศ (m^2)
 u_{wb} คือ ความเร็วลมปล่องโรงสีข้าว (m/s)

จากอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากปล่องระบายฝุ่นละอองโรงสีข้าวชุมชนนำ Q_{air} มาคำนวณหาสัดส่วนของอนุภาคที่สามารถทะลุผ่านออกไปจากอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียก

2) คำนวณหาสัดส่วนของอนุภาคที่สามารถทะลุผ่านออกไปจากอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียกได้จากสมการ ดังนี้

$$P_{ti} = \exp \left(\frac{-3Q_L Z \eta_d}{4Q_{air} r_d} \right) \quad (2)$$

โดยที่ P_{ti} คือ สัดส่วนอนุภาคที่ไม่สามารถดักจับด้วยสครับเบอร์แบบเปียก
 Q_L คือ อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)
 Q_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

Z คือ ความสูงของระยะสัมผัส (m)

η_d คือ ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคของหยดน้ำหนึ่งหยด

r_d คือ ความยาวรัศมีของหยดน้ำ (m)

3) นำค่าที่ได้คำนวณขนาดของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียก ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Scrubber design (Ngala G. M. Sulaiman A. I. and Sani M. U., 2008)

3.4 ศึกษาตัวกลางในชั้นดูดซึมที่มีผลต่อการดักจับฝุ่นในสครับเบอร์แบบเปียก

ตัวกลางในหอดูดซึม (Packing materials) เป็นหัวใจสำคัญของระบบดูดซึมเพราะทำให้เกิดพื้นที่ในการสัมผัสระหว่างฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวและละอองน้ำ (Ritunesh Kumar, P.L. and Dhar, Sanjeev Jain., 2010)



ภาพที่ 1 Ceramic raschig rings



ภาพที่ 2 Ceramic berl saddle

ขั้นตอนการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic raschig rings (ภาพที่ 1) กับตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle (ภาพที่ 2) ที่มีผลต่อแรงต้านอากาศในสครับเบอร์แบบเปียก โดยใช้เครื่องทดสอบอุโมงค์ลมรุ่น Print & Partners Ltd., TE43 Modular Air Flow Laboratory สำหรับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศมีความสำคัญต่อการ

ออกแบบตัวกลางในชั้นดูดซึมเป็นอย่างดีเพราะยิ่งค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศมีค่าน้อยค่าแรงต้านอากาศก็มีค่าน้อยลง

2) คำนวณหาขนาดของตัวกลางดูดซึมที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Packed column calculator การผลิตขึ้นรูปตัวกลางดูดซึมด้วยดินเบา ซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายและมีราคาถูกภายในพื้นที่จังหวัดลำปาง

3) นำตัวกลางดูดซึมมาเผาที่อุณหภูมิ 900 950 1000 1050 และ 1100 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบหาการดูดซึมน้ำ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองหากการดูดซึมน้ำมากนั้นหมายความว่าตัวกลางดูดซึมมีความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองมากและในทางตรงกันข้ามหากการดูดซึมน้ำน้อยจะมีความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองน้อยลง

3.5 คำนวณหาขนาดช่องน้ำจากหัวสเปรย์ที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับฝุ่นละออง

หัวสเปรย์ฉีดละอองน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้ของเหลวกระจายได้อย่างทั่วถึง (A.G. Bhawe et al., 2007) โดยหัวสเปรย์นี้ติดตั้งอยู่ส่วนบนของหอเหนือชั้นของตัวกลางชนิด Ceramic berl saddle เพื่อทำหน้าที่กระจายฝุ่นละอองให้เข้าสู่บริเวณช่องน้ำได้อย่างทั่วถึง ลักษณะของหัวสเปรย์ที่ใช้เป็นชนิด Netafim คือ ของเหลวจะกระจายตัวในลักษณะที่เป็นวงกลม และสามารถถอดทำความสะอาดได้ง่าย

1) คำนวณขนาดของหยดน้ำได้ดังสมการต่อไปนี้ (A.G. Bhawe et al., 2007)

$$D_d = \frac{5 \times 10^5}{V_{air}} + 29.6 \left(\frac{Q_L}{Q_{air}} \right)^{1.5} \quad (3)$$

โดยที่	D_d	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำ (μm)
	V_{air}	คือ	ความเร็วอากาศ (m/s)
	Q_L	คือ	อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)
	Q_{air}	คือ	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

2) ต่อหัวฉีดสเปรย์น้ำที่เหมาะสมเข้ากับสายยางน้ำแล้วนำไปติดตั้งบนชั้นบรรจุตัวกลางดูดซึมของสกรับเบอร์แบบเปียก

3) ทดลองระดับแรงดันน้ำ 5 ระดับดังนี้ 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30 bar เพื่อหา ระดับแรงดันน้ำที่เหมาะสมสำหรับดักจับฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าว

3.6 วิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสกรับเบอร์แบบเปียก

1) อัตราส่วนของฝุ่นละอองที่สามารถดักจับได้ต่อฝุ่นละอองทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาในระบบเครื่องดักจับฝุ่นละอองโดยตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละออง ได้แก่ การกระจายขนาดของฝุ่นละอองขนาดของหยดน้ำ และขนาดแรงดันลมซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

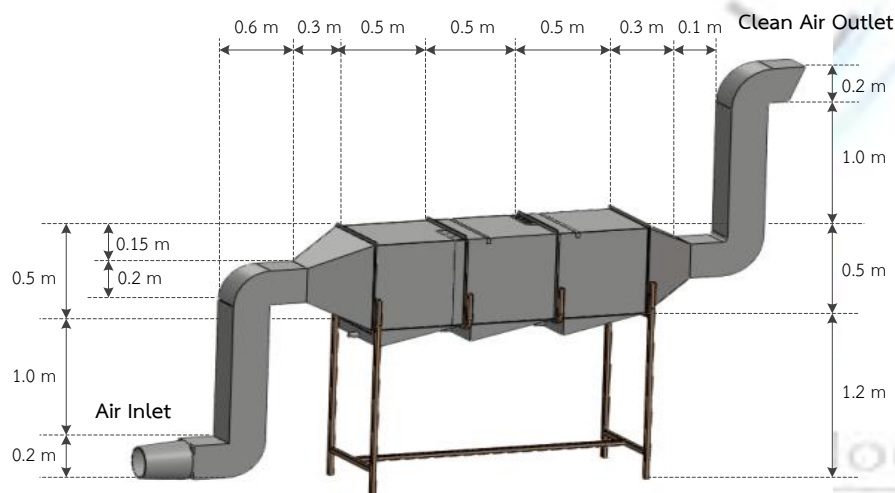
$$\text{Collection efficiency} = \frac{\text{inletloading} - \text{outletloading}}{\text{inletloading}} \times 100\% \quad (4)$$

2) เปรียบเทียบผลก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ดักจับฝุ่นชนิดสครับเบอร์แบบเปียก ภายในโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

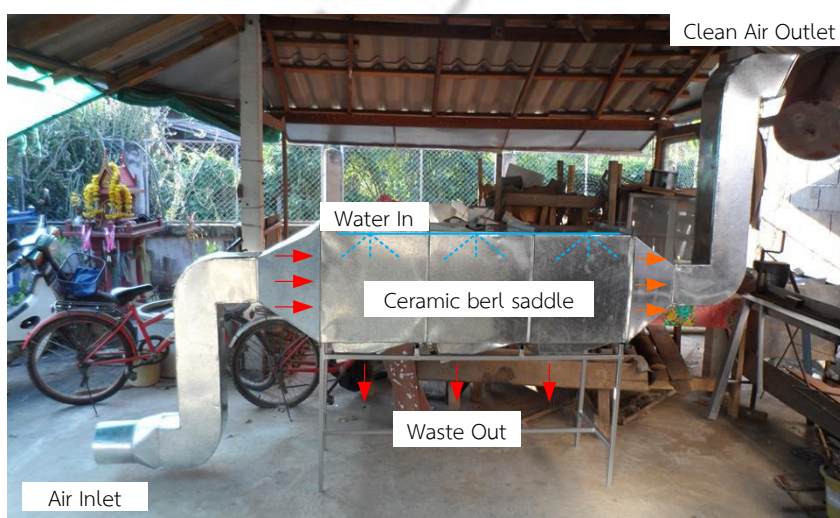
4. ผลการวิจัย

ผลการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียก การติดตั้งสครับเบอร์แบบเปียก กับโรงสีข้าวชุมชนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ การตรวจวัดความหนาแน่นฝุ่นละอองภายในและบริเวณรอบโรงสีข้าวชุมชน

4.1 ผลการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียก



ภาพที่ 3 การออกแบบสครับเบอร์แบบเปียกสำหรับโรงสีข้าวชุมชน



ภาพที่ 4 การสร้างสครับเบอร์แบบเปียกสำหรับโรงสีข้าวชุมชน

ตารางที่ 1 ผลการออกแบบอุปกรณ์สครับเบอร์แบบเปียก

เกณฑ์ในการออกแบบ Wet Scrubber System	Wet Scrubber System
1. พื้นที่หน้าตัดของปากปล่องที่ระบายอากาศ (m^2)	0.03
2. ความยาวของตัวถังสครับเบอร์แบบเปียก (m)	1.50
3. พื้นที่หน้าตัดตัวถังสครับเบอร์แบบเปียก (m^2)	0.25
4. ขนาดของหยดน้ำ (μm)	250
5. ความเร็วลมปากปล่องที่ระบายอากาศ (m/s)	15.00
6. ปริมาตรอากาศที่ไหลออกจากปล่องระบาย ฝุ่นละอองโรงสีข้าว (m^3/s)	0.47
7. อัตราส่วนระหว่างปริมาตรอากาศต่อความเร็วลมที่ เพิ่มขึ้นในสครับเบอร์แบบเปียก (m^3/s)	13.32

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของตัวถังสครับเบอร์แบบเปียกมีค่าเท่ากับ $0.25 m^2$ และมีความยาวของตัวถังสครับเบอร์เท่ากับ 1.5 m เป็นแบบสเปรย์ไหลตามขวางอัตราการไหลของอากาศภายในตัวถังสครับเบอร์แบบเปียกเท่ากับ $13.32 m^3/s$ เป็นอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านตัวกลางชั้นดูดซับชนิด Ceramic berl saddle แล้วไม่เกิดปัญหาการอันตรกิริยาทำให้เกิดความเสียหาย

4.2 ผลการออกแบบตัวกลางในชั้นดูดซับชนิด Ceramic berl saddle

1) สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของตัวกลางดูดซับ

จากผลการศึกษารูปทรงของตัวกลางในชั้นดูดซับที่มีผลต่อการดักจับฝุ่นในสครับเบอร์แบบเปียกสำหรับโรงสีข้าวชุมชนโดยเครื่องทดสอบอุโมงค์ลมรุ่น Print & Partners Ltd., TE43 Modular Air Flow Laboratory ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองตัวกลางในชั้นดูดซับสครับเบอร์แบบเปียก

ชนิดตัวกลางดูดซับ	พื้นที่ผิวสัมผัส (m^2/m^3)	แรงต้านอากาศ (N)	ความเร็วลม (m/s)	สัมประสิทธิ์แรง ต้านอากาศ
Ceramic berl saddle	110	0.0012	4.50	0.0005
Ceramic Raschig	180	0.0035	4.50	0.0018

ตารางที่ 2 ตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic berl saddle มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานมากกว่าตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic raschig rings เนื่องจากตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic berl saddle มีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเท่ากับ 0.0005 ซึ่งน้อยกว่าตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic Raschig มีค่าเท่ากับ 0.0018 แสดงให้เห็นว่าตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic berl saddle มีรูปทรงที่ลู่ลมได้ดีกว่าตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic raschig rings ดังนั้นจึงเลือกตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic berl saddle มาใช้สำหรับดักจับฝุ่นละอองในงานวิจัยนี้

2) ตัวกลางดูดซับชนิด Ceramic berl saddle ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ผลการดูดซึมน้ำของตัวกลาง Ceramic berl saddle

อุณหภูมิ (°C)	มวล Ceramic berl saddle ก่อนเผา (g)	มวล Ceramic berl saddle หลังเผา (g)	ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
900	33.98	25.31	34.24
950	33.86	25.25	34.10
1,000	33.02	24.99	32.15
1,050	32.75	25.04	30.79
1,100	32.74	25.29	29.46

จากตารางที่ 3 แสดงผลการดูดซึมน้ำในชั้นดูดซึมแต่ละอุณหภูมิพบว่า ตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle ผลิตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 34.24 รองลงมาคือ อุณหภูมิ 950 1000 1050 และ 1100 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละ 34.10 32.15 30.79 และร้อยละ 29.46 ตามลำดับ ค่าการดูดซึมน้ำเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองหากค่าการดูดซึมน้ำมากนั้นหมายความว่าตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle มีความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองมากตามไปด้วยและในทางตรงกันข้ามหากค่าการดูดซึมน้ำน้อยจะมีความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นตัวกลางดูดซึมชนิด Ceramic berl saddle ถูกผลิตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส สำหรับเป็นตัวกลางดักจับฝุ่นละอองสครับเบอร์แบบเปียกโรงสีข้าวชุมชน

4.3 ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นละอองสครับเบอร์แบบเปียก

การทดสอบประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นละอองสครับเบอร์แบบเปียกหลังติดตั้งให้กับโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ซึ่งในส่วนนี้ได้ศึกษาระดับแรงดันการไหลของน้ำ 5 ระดับ ดังนี้ 0.10, 0.15, 0.20 0.25 และ 0.30 bar ที่มีผลต่อประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการดักจับฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวชุมชนสามารถแสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองของสครับเบอร์แบบเปียก

ระดับแรงดันน้ำ (Bar)	ปริมาณฝุ่นละอองเข้า (mg/m ³)	ปริมาณฝุ่นละออง ออก (mg/m ³)	ประสิทธิภาพในการดักจับ ฝุ่นละออง (ร้อยละ)
0.00	0.59	0.45	24
0.10	0.62	0.18	70
0.15	0.60	0.15	75
0.20	0.58	0.11	81
0.25	0.53	0.08	85
0.30	0.56	0.05	91

จากตารางที่ 4 แสดงผลการศึกษาระดับแรงดันน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นในสครับเบอร์แบบเปียกพบว่าแรงดันน้ำที่มีประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นสูงที่สุดคือ 0.30 bar มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองร้อยละ 91 รองลงมาคือ 0.25, 0.20, 0.15 และ 0.10 bar มีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 85 81 75 และร้อยละ 70 ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่น

ละอองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถ้าหากเพิ่มระดับแรงดันของน้ำ แต่อย่างไรก็ตามได้คำนึงถึงความสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณฝุ่นละอองอยู่ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 0.05 mg/m^3 ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 0.10 mg/m^3 จึงเลือกกระดပ်แรงดันของน้ำที่ 0.30 bar เป็นระดับแรงดันน้ำที่เหมาะสมเพียงพอสำหรับสกรับเบอร์แบบเปียกเพื่อดักจับฝุ่นละอองของโรงสีข้าวชุมชน

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในและบริเวณรอบโรงสีข้าวชุมชน

จากผลการตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นฝุ่นละอองโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองชนิด High Volume Air Sampler โดยชนิดของฝุ่นที่ทำการตรวจวัดคือ PM_{10} โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพบรรยากาศทั่วไป คือ PM_{10} ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นในเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.10 mg/m^3 ซึ่งผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าว

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ				
สารมลพิษ	สถานะ เครื่องจักร	ค่าความหนาแน่นที่ทำการ ตรวจวัด (mg/m^3)		ค่ามาตรฐาน 24 ชั่วโมง (mg/m^3)
		ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	
PM10 (เหนือลม)	เดินระบบ	0.18	0.03	
PM10 (ใต้ลม)	เดินระบบ	0.57	0.07	
ความหนาแน่นฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ขณะเดินระบบโรงสีข้าว		0.39	0.04	0.10
PM10 (เหนือลม)	หยุด	0.02	0.01	
PM10 (ใต้ลม)	หยุด	0.04	0.02	
ความหนาแน่นฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ขณะหยุดเดินระบบโรงสีข้าว		0.02	0.01	0.10
PM10 (ในโรงสีข้าว)	เดินระบบ	1.12	0.07	0.10
PM10 (ในโรงสีข้าว)	หยุด	0.71	0.03	0.10

หมายเหตุ : การตรวจวัดอยู่ใน Stability stage

จากตารางที่ 5 แสดงผลการตรวจวัดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากโรงสีข้าวก่อนและหลังติดตั้ง สกรับเบอร์แบบเปียก พบว่าค่าความหนาแน่นฝุ่นละอองฟุ้งกระจายภายในโรงสีข้าวขณะเดินระบบโรงสีข้าวมีค่าเท่ากับ 1.12 mg/m^3 และขณะหยุดเดินระบบมีค่าเท่ากับ 0.71 mg/m^3 ซึ่งเป็นปริมาณที่เกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวกำหนดไว้ (ค่ามาตรฐานไม่เกิน 0.10 mg/m^3) นอกจากนี้ความหนาแน่นฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณรอบโรงสีข้าวขณะเดินระบบมีค่าเท่ากับ 0.39 mg/m^3 และขณะหยุดเดินระบบมีค่าเท่ากับ 0.02 mg/m^3 ซึ่งเป็นปริมาณที่เกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวเช่นเดียวกัน แต่เมื่อทำการติดตั้งติดตั้งสกรับเบอร์แบบเปียกที่ออกแบบให้กับโรงสีข้าวพบว่า ค่าความหนาแน่นฝุ่นละอองฟุ้งกระจายภายในโรงสีข้าวขณะเดินระบบโรงสีข้าวมีค่าเท่ากับ 0.07 mg/m^3 และขณะหยุดเดินระบบมีค่าเท่ากับ 0.03 mg/m^3 ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

ฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวกำหนดไว้ นอกจากนี้ความหนาแน่นฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณรอบโรงสีข้าวขณะเดินระบบมีค่าเท่ากับ 0.04 mg/m^3 และขณะหยุดเดินระบบมีค่าเท่ากับ 0.01 mg/m^3 ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานฝุ่นละอองจากโรงสีข้าว

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การออกแบบสกรับเบอร์แบบเปียกที่ได้เป็นแบบสเปรย์ไหลตามขวางพื้นที่หน้าตัดมีค่าเท่ากับ 0.25 m^2 และความยาวเท่ากับ 1.5 m อัตราการไหลของอากาศภายในตัวถังสกรับเบอร์แบบเปียกเท่ากับ $13.32 \text{ m}^3/\text{s}$ เป็นอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านชั้นตัวกลางชนิด Ceramic berl saddle ได้อย่างเหมาะสมไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาการอันลมและส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรของโรงสีข้าวชุมชนเมื่อนำอุปกรณ์สกรับเบอร์แบบเปียกที่ผลิตไปติดตั้งให้กับโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ เพื่อดักจับฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวพบว่า อุปกรณ์สกรับเบอร์แบบเปียกมีประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นละอองร้อยละ 91 ที่ระดับแรงดันน้ำ 0.30 bar ทั้งนี้ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นละอองมีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มขึ้นถ้าหากเพิ่มระดับแรงดันของน้ำ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้คำนึงถึงความเสี่ยงของปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานจึงเลือกกระดပ်แรงดันของน้ำที่ 0.30 bar เป็นแรงดันน้ำที่เหมาะสมสำหรับสกรับเบอร์แบบเปียกเพื่อดักจับฝุ่นละอองของโรงสีข้าวชุมชนแห่งนี้ ดังนั้นสรุปได้ว่าสกรับเบอร์แบบเปียกนี้สามารถใช้ดักจับฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายที่เกิดจากกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพช่วยให้กิจการโรงสีข้าวอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558 สัญญาเลขที่ วท.03/2558 สนับสนุนทางด้านงบประมาณเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัด และขอขอบคุณโรงสีข้าวชุมชนบ้านกาดเมฆ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Pollution Control Department. (2015). Ambient Air Quality and Noise Levels. **Ministry of Natural Resources and Environment**. Retrieved March 10, 2015, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html (in Thai)
- Charnpittaya Chim Pali. (2015). Thailand's rice industry from 2015 to 2016 : Direction and potential of Thai rice production. **Bureau of Rice Policy and Strategy**. Retrieved May 25, 2015, from http://www.dft.go.th/LinkClick.aspx?fileticket=p6ilTgSSD_4%3D&tabid (in Thai)

- Chatree Bunnak. (2013). Lampang campaign campaign to keep the villagers planted 7 plants from only 3 species. **Manager Online**. Retrieved June 5, 2013, from <http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9560000095> (in Thai)
- Pramote Cheowchan. (2009). **Air pollution control equipment**. School of Health Sciences Sukhothai Thammathirat Open University. Received June 5, 2013, from <https://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-5.PDF> (in Thai)
- Worapot Kanokananapong. (2008). Particle Collection Devices. **Huachiew Chalermprakiet University Journal**, 11(22), 79-92 (in Thai)
- A.G. Bhawe, D.K. Vyas and J.B. Patel¹. (2007). **A wet packed bed scrubber-based producer gas cooling-cleaning system**. Received February 15, 2013, from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083243939>
- Choi, K.-I. and Lee, D.-H. (2007). PCDD/DF concentrations at the inlets and outlets of wet scrubbers in Korean waste incinerators. **Chemosphere**, 66: 370–376.
- Deshwal, B.R., D.S. Jin, S.H. Lee. (2008). Removal of NO from flue gas by aqueous chlorine-dioxide scrubbing solution in a lab-scale bubbling reactor. **J. Hazard. Mater**, 150649–655.
- Jin. (2006). Simultaneous removal of SO₂ and NO by wet scrubbing using aqueous chlorine dioxide solution. **J. Hazard. Mater**, 135: 412–417.
- K., S.J. Chung, T. Raju, Chandrasekara Pillai. (2009). Experimental aspects of combined NO_x and SO₂ removal from flue-gas mixture in an integrated wet scrubber-electrochemical cell system. **Chemosphere**, 76: 57–664.
- Meikap, B.C. (2002). Scrubbing of fly-ash laden SO₂ in modified multistage bubble column scrubber. **AIChE J**, 48: 2074–2083.
- Ngala G. M. Sulaiman A. I. and Sani M. U. (2008). Air Pollution Control in Cement Factory Using Horizontal Type Wet Scrubber. **Continental Journal of Applied Sciences**. 3(1).
- Raj Mohan, B. and Meikap, B.C. (2009). Performance studies of the particulate scrubbing in a novel spray-cum-bubble column scrubber. **Chem. Eng. Res. Design**, 87: 109–118.
- Ritunesh Kumar, P.L. and Dhar, Sanjeev Jain. (2010). Development of new wire mesh packings for improving the performance of zero carryover spray tower. **Energy** 36 (2011) 1362 – 1374.
- Sarkar. (2007). Modeling of removal of sulfur dioxide from flue gases in a horizontal cocurrent gas-liquid scrubber. **Chem. Eng. J**, 131: 263–271.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมไพโรเมตริกโคน จากวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง Feasibility the Preparation of Pyrometric Cone from Raw Materials in Lampang

ศิริวัช ลาววัลย์ดีกุล^{1*}, กิตติศักดิ์ สมุทรารักษ์², วิเชษฐ ยิ้มละมัย³, จักรกฤษณ์ อ้นยะลา⁴ และมัตติกา บุญมา⁵

Siwat Lawanwadeekul^{1*}, Kittisak Samootharak², Wichet Yimlamai³,

Jakkit Hunyala⁴ and Mattika Bunma⁵

^{1*,2,3,4,5} สาขามาตรวิทยาและระบบคุณภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

119 ถนนลำปาง-แม่ทะ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100 โทรศัพท์ 081-5307695 E-mail b_siwat@lpru.ac.th

^{1*,2,3,4,5} Department of Metrology and Quality System, Faculty of Industrial Technology,

Lampang Rajabhat University 119 Lampang-Mae Ta Road, Tambon Chompoo, Amphur Muang,

Lampang Province. 52100 Tel +66 81 5307695 E-mail b_siwat@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมไพโรเมตริกโคนจากวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง เพื่อใช้ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของอุณหภูมิภายในเตาเผาเซรามิก คณะวิจัยเริ่มการทดลองโดยวิเคราะห์ตัวอย่างไพโรเมตริกโคนมาตรฐาน เกรดทางการค้าเพื่อหาค่าประกอบทางเคมี (XRF) และองค์ประกอบทางแร่ (XRD) นำผลวิเคราะห์ที่ได้ไปคำนวณหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม จากนั้นขึ้นรูปไพโรเมตริกโคนตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 558) นำไปทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน พบว่าการโน้มตัวของโคนสูตรที่ 10 อัตราส่วนซิลิการ้อยละ 50 หินปูนร้อยละ 10 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 40 ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงโคนมาตรฐาน และเมื่อเปรียบเทียบกับราคากับไพโรเมตริกโคนมาตรฐาน โคนทำขึ้นสามารถลดต้นทุนลงถึงร้อยละ 10

คำสำคัญ : ไพโรเมตริกโคน, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, เตาเผาเซรามิก

Abstract

This research aim was to study the feasibility of the preparation of a pyrometric cone made from raw materials in Lampang province which was used to validate the temperature in a ceramic kiln. The research team started the experiment by analyzing chemical and mineral composition (XRF and XRD) of a commercial-grade pyrometric cone. Then, following a pyrometric formulation in accordance with the Thailand Industrial Standard (TISI) 558, the kiln was fired at 1230° Celsius in an oxidation atmosphere. It was found that the cone consisted of silica (50%), limestone (10%), and feldspar (40%). It gave an accurate result and the price is cheaper than the standard cones by 10%.

Keywords : Pyrometric Cone, Thailand Industrial Standard, and Ceramic Kiln

1. บทนำ

จากนโยบายแผนเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ปี 2560-2564 ยุทธศาสตร์ที่ 8 การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม ด้วยการพัฒนาผู้ประกอบการให้เป็นผู้ประกอบการทางเทคโนโลยี (Technology Entrepreneur) ได้มีการพัฒนาข้อเสนอในการสร้างวัสดุที่ใช้ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของอุณหภูมิในเตาเผาเซรามิก โดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อลดต้นทุนและปัญหาการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ (Research and Development Institute, 2016)

จากการทำวิจัยภายใต้งบประมาณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) คณะวิจัยพบว่าโรงงานเซรามิกส่วนใหญ่ในจังหวัดลำปางนิยมใช้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ในการตรวจสอบอุณหภูมิภายในเตาเผา ปัญหาที่พบ คือ โรงงานทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิไว้เพียงจุดเดียว ณ บริเวณกึ่งกลางหลังคาเตา ซึ่งไม่ใช่วิธีที่ทั้งหมดของอุณหภูมิในเตาเผา (Lawanwadeekul, S., 2016) ทั้งยังไม่สามารถบอกความสามารถในการทำงานของการเผา (Heat-Work) ที่เกี่ยวข้องกับ เวลา อัตราการเผา และบรรยากาศในการเผาได้

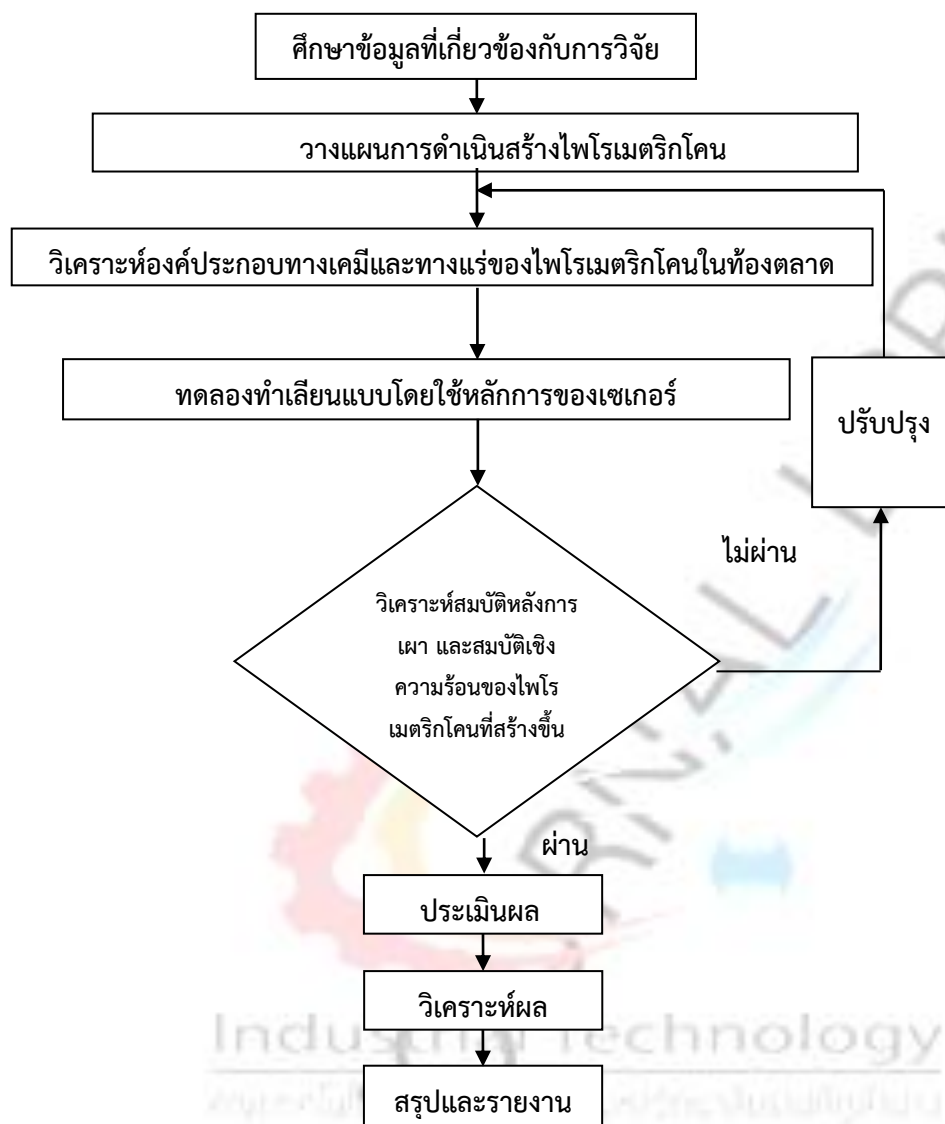
ส่งผลให้คณะวิจัยสนใจสร้างวัสดุที่สามารถช่วยในการตรวจสอบอุณหภูมิอย่างง่าย โดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น เกิดเป็นแนวคิดในการสร้างไพโรเมตริกโคน (Pyrometric Cone, PCE) เพื่อช่วยในการประเมินพฤติกรรมของชิ้นงานที่ผ่านการเผา ไพโรเมตริกโคนส่วนผสมหลัก คือ ควอตซ์ ตัวช่วยหลอม และออกไซด์ต่าง ๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนดอัดขึ้นรูป มีลักษณะเป็นฐานสามเหลี่ยมยาว 6 มิลลิเมตร สูง 31 มิลลิเมตร มีสมบัติการหลอมและยุบตัวเมื่อถึงอุณหภูมิเฉพาะของโคนชนิดนั้น แม้ว่าไพโรเมตริกโคนมาตรฐานจะมีขายในท้องตลาดอยู่แล้ว แต่ทั้งหมดล้วนนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้วัตถุดิบเกรดทางการค้า ภายในประเทศที่มีจำหน่ายในจังหวัดลำปางเป็นสารตั้งต้น คณะวิจัยได้เล็งเห็นว่าหากสามารถผลิตได้จะช่วยผู้ประกอบการในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของอุณหภูมิในเตาเผาเซรามิก ลดปัญหาของเสียในโรงงานที่เกิดจากการเผา และยังสามารถพัฒนาต่อยอดจนสิทธิบัตรได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างไพโรเมตริกโคน จากวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการในการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างไพโรเมตริกโคน จากวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง เพื่อให้การดำเนินงานเกิดความสำเร็จตามเป้าหมายภายหลังการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบทางแร่ผู้วิจัยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TISI, 1985) มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้



ภาพที่ 1 วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง ทำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเริ่มจากซังสารเคมีที่ใช้ในการทำไพโรเมตริกโคนปริมาณ 250 กรัม นำไปบดผสมในโถรงบอร์ชเลน ร่อนบนตะแกรง 250 เมช แบ่งตัวอย่างที่บดออกเป็น 5 กอง กองละ 50 กรัม นำมาผสมคลุกเคล้ากัน ใช้กาบ เป็นตัวเชื่อมประสาน นำโคนตัวอย่างและโคนมาตรฐานปักบนแป้นที่ทำด้วยวัสดุทนไฟ ซึ่งมีส่วนประกอบที่ไม่ทำให้เกิดการหลอมตัวของโคน การตั้งโคนให้เหลือความสูงด้านเอียงจากแป้น 23.8 มิลลิเมตร และด้านหน้าของโคนทำมุมกับแนวราบ 82 องศา ตั้งโคนตัวอย่างสลับกับโคนมาตรฐาน ขนาดของแป้นที่ใช้เลือกใช้ที่มีขนาดรูปร่างพอเหมาะ ทำจากส่วนผสมของอลูมินาร้อยละ 80 และดินทนไฟร้อยละ 20 การเผาเตาไฟฟ้า บรรยากาศแบบออกซิชั่น อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2.5 องศาเซลเซียสต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิของเตาโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลที่ผ่านการสอบเทียบต่อเข้ากับโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

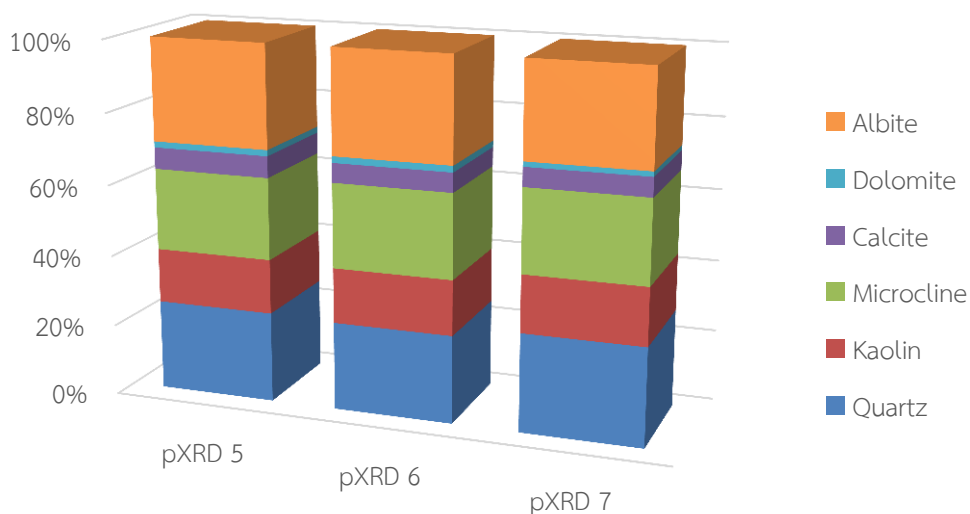


ภาพที่ 2 การเตรียมไพโรเมตริกโคน และการจัดเรียงในเตาเผา

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่และทางเคมี

คณะวิจัยเริ่มกระบวนการโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของไพโรเมตริกโคนมาตรฐานก่อนการเผาโดยใช้เอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน Olympus รุ่น Terra และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ Philips รุ่น MegixPro MUA/USEP T84005 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่และองค์ประกอบทางเคมีของไพโรเมตริกโคนมาตรฐานแสดงดังภาพที่ 3 และตารางที่ 1



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางแร่ของไพโรเมตริกโคนมาตรฐานเบอร์ 5 6 และ 7

ตารางที่ 1 ปริมาณร้อยละของแร่จากการวิเคราะห์ไพโรเมตริกโคนมาตรฐานเบอร์ 5 6 และ 7

	Quartz SiO ₂	Kaolin Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	Microcline KAlSi ₃ O ₈	Calcite CaCO ₃	Dolomite CaMg(CO ₃) ₂	Albite NaAlSi ₃ O ₈
pXRD 5	24.7	15.4	23.6	5.4	1.8	29.2
pXRD 6	25.3	15.2	22.9	6	1.7	28.9
pXRD 7	27.6	16	23.2	5.3	1.4	26.6

จากภาพที่ 3 พบปริมาณองค์ประกอบทางแร่ของไพโรเมตริกโคนมาตรฐานประกอบด้วย ควอตซ์ เกลิน ไมโครไคลน์ แคลไซต์ โดโลไมต์ และอัลไบท์ ในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยโคนมาตรฐานเบอร์ 5 ถึง 7 มีสัดส่วนการโค้งงอที่อุณหภูมิ 1207 1243 1257 องศาเซลเซียสตามลำดับ (Orton Ceramic, 2016) โดยในตารางที่ 1 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของปริมาณควอตซ์ซึ่งเป็นวัตถุดิบไฟ และการลดลงของอัลไบท์ที่เป็นตัวช่วยหลอมอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิที่โคนสามารถทนไฟได้สูงขึ้น และทำการยืนยันผลจากองค์ประกอบทางเคมีในตารางที่ 2

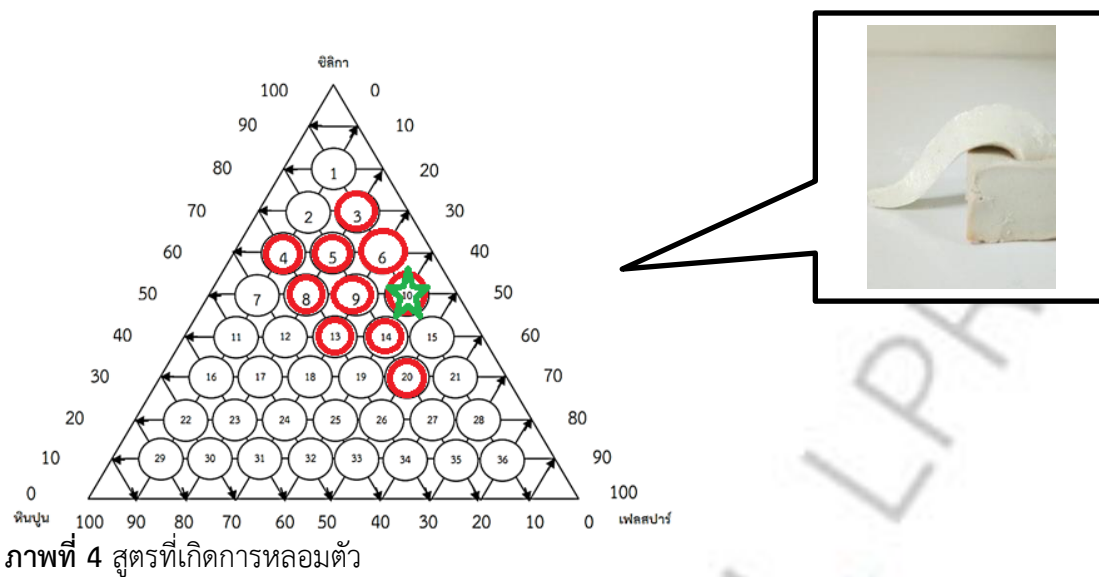
ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไพโรเมตริกโคนมาตรฐาน

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI
pXRF 5	69.64	12.11	0.76	0.82	3.90	0.37	3.90	3.41	5.09
pXRF 6	72.03	11.36	0.70	0.85	3.57	0.39	3.99	3.45	3.66
pXRF 7	72.60	10.72	0.64	0.83	3.39	0.30	3.92	3.14	4.46
เฟลด์สปาร์	68.52	17.55	0.20	0.29	1.77	0.58	4.50	4.31	1.24
หินปูน	0.10	0.50	0.16	0.01	54.18	0.66	-	-	43.43
ซิลิกา	99.16	0.43	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	-

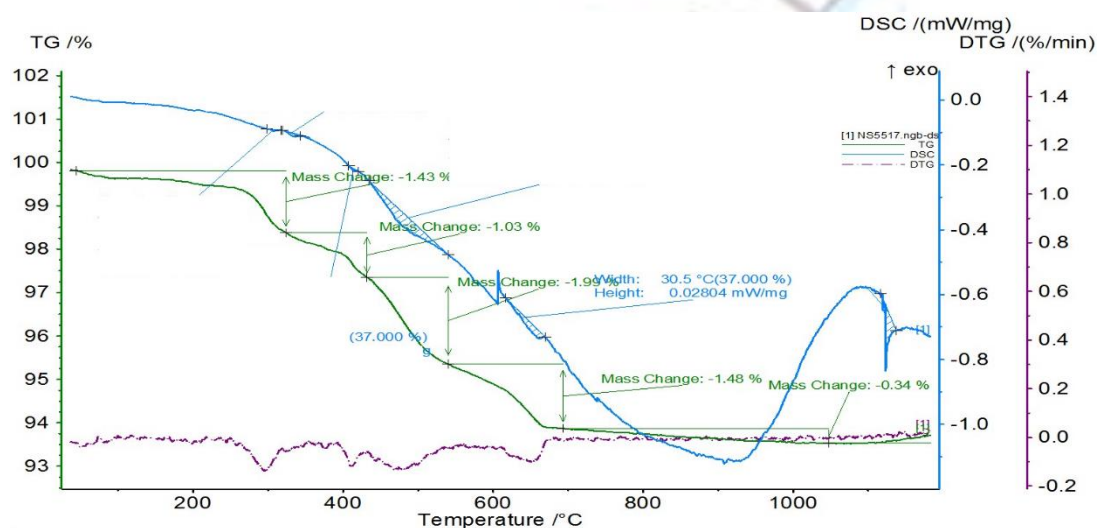
4.2 การสร้างไพโรเมตริกโคน

นำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางแร่ คำนวณโดยใช้สูตรเซเกอร์ (Seger's Formula) เนื่องจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าไพโรเมตริกโคนมาตรฐานที่จำหน่ายในท้องตลาดมีองค์ประกอบคล้ายสูตรเคลือบ (Ingsiriwat, P., 2004) ในการทดลองครั้งนี้วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองนำมาจากบริษัทซีเบลโก้มีเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่นำมาจำหน่ายในจังหวัดลำปาง ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตารางที่ 2

ค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นเพียงค่าประมาณ ดังนั้นเพื่อยืนยันสมมุติฐานในการสร้างไพโรเมตริกโคน คณะวิจัยทำการทวนสอบโดยใช้เฟสไดอะแกรมระบบเทอนารี (Ternary) เพื่อผสมสารทั้ง 3 ชนิดในอัตราส่วนต่าง ๆ ทั้งสิ้น 36 สูตร ทำขึ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้นทดสอบต่อหนึ่งสูตร ในรอบการเผาตามวิธีที่ระบุไว้ในวิธีการดำเนินการวิจัย ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ทั้งสิ้น 3 ครั้ง เพื่อยืนยันผล พบว่าสูตรที่ 10 อัตราส่วนซิลิการ้อยละ 50 หินปูนร้อยละ 10 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 40 ให้การโน้มตัวของโคนใกล้เคียงโคนมาตรฐานและใกล้เคียงกับการคำนวณ



ภาพที่ 4 สูตรที่เกิดการหลอมตัว



ภาพที่ 5 ผลวิเคราะห์ทางความร้อนของไฟโรเมตริกโคนสูตรที่ 10

ภาพที่ 5 ผลวิเคราะห์ทางความร้อนของไฟโรเมตริกโคนสูตรที่ 10 อธิบายได้ถึงโน้มน้าวของไฟโรเมตริกโคนเมื่อผ่านการเผา เริ่มต้นจากเฟลด์สปาร์ ($K_2O Na_2O Al_2O_3 6SiO_2$) ซึ่งมีส่วนผสมของออกไซด์ในกลุ่มอัลคาไลน์ (Alkaline Oxide) เช่น โซเดียมออกไซด์ และโพแทสเซียมออกไซด์ ดูดพลังงานเพื่อสลายพันธะ ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส พบว่าเฟลด์สปาร์เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของวัตถุดิบกลายเป็นลูไซต์ (Leucite, $KNaO Al_2O_3 4SiO_2 + 2SiO_2$) ลูไซต์สามารถหลอมตัวเป็นน้ำแก้วหรือก๊อบ (Gob) เมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Keowkamnerd, K., 2010) ในขณะที่ลูไซต์ที่มีสมบัติของต่างเริ่มหลอม จะส่งผลให้วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบอื่น เช่น ซิลิกา และหินปูนที่มีความทนไฟสูงเริ่มหลอม อ่อนตัวลง และโน้มน้าวเนื่องจากแรงโน้มถ่วงอันเกิดจากองศาที่ทำการตั้งโคนไว้ (Thiansem, S., 2009)

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างไฟโรเมตริกโคน จากวัตถุดิบในจังหวัดลำปาง พบว่าการสร้างไฟโรเมตริกโคนช่วงอุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส โดยใช้เฟสไดอะแกรมระบบเทอนารี (Ternary) เพื่อผสมสารทั้ง 3 ชนิด คือ ซิลิกา หินปูน และเฟลด์สปาร์ ในอัตราส่วนต่าง ๆ จำนวน 36 อัตราส่วนผสม พบว่าอัตราส่วนผสมที่ 3 4 5 6 7 8 9 10 13 14 และ 20 เกิดการโน้มตัว โดยสูตรที่ 10 อัตราส่วนซิลิกา ร้อยละ 50 หินปูน ร้อยละ 10 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 40 มีการโน้มตัวใกล้เคียงกับไฟโรเมตริกโคนมาตรฐานเบอร์ 5 ขณะทำการเผาพร้อมกัน

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัตถุดิบ พบว่าส่วนผสมมีผลต่อลักษณะการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนหลังการเผา หากมีวัตถุดิบที่ทนไฟเป็นส่วนผสมอยู่ปริมาณมากทำให้ไฟโรเมตริกโคนเกิดการโค้งงอน้อยหรือคงรูป หากมีวัตถุดิบที่ช่วยในการหลอมตัวอยู่มาก สามารถทำให้ไฟโรเมตริกโคนเกิดการโค้งงอได้ง่าย (Khuntyotying, T., 2015)

ในการทดลองใช้เทอร์โมคัปเปิล TYPE R ที่ผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐานการวัดอุณหภูมิระดับนานาชาติปี 1990 (ITS-90) ณ อุณหภูมิสูงสุด 1230 องศาเซลเซียส มีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ไม่เกินร้อยละ 1 หรือ ± 12 องศาเซลเซียส เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งบริเวณส่วนบนของเตาเผาโค่นที่ทดลอง และวางโคนมาตรฐานเบอร์ 5 6 7 ที่มีการโค้งงอที่อุณหภูมิ 1207 1243 1257 องศาเซลเซียส ในเตาเผาตามลำดับ พบว่าที่อุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลแสดง 1230 องศาเซลเซียส โคนมาตรฐานเบอร์ 5 มีการหลอมตัวเนื่องจากเกินอุณหภูมิที่กำหนด โคนมาตรฐานเบอร์ 6 มีการโค้งงอใกล้เคียงกับระยะที่ผู้ผลิตกำหนด และโคนเบอร์ 7 เริ่มมีการโน้มตัว ดังแสดงในภาพที่ 4 ทำให้สามารถยืนยันผลได้ว่าค่าอุณหภูมิที่แสดงผลบนเทอร์โมคัปเปิล การโค้งงอของโคนมาตรฐาน และการโค้งงอของโคนที่ทดลองมีลักษณะสอดคล้องกัน

ทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าไฟโรเมตริกโคนมาตรฐาน 1 กล่องบรรจุ 25 ชิ้น ราคา 360 บาท คิดเป็นชิ้นละ 14.4 บาท เทียบกับต้นทุนวัตถุดิบในการสร้างไฟโรเมตริกโคนสูตรที่ 10 มีอัตราส่วน ซิลิกา ร้อยละ 50 หินปูน ร้อยละ 10 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 40 จำนวน 25 ชิ้น เท่ากัน ต้องใช้วัตถุดิบทั้งสิ้น 1,250 กรัม แบ่งเป็นซิลิกา 625 กรัม เป็นเงิน 16.5 บาท หินปูน 125 กรัม เป็นเงิน 4 บาท และเฟลด์สปาร์ 500 กรัม เป็นเงิน 11 บาท รวมทั้งสิ้นต้นทุนในการสร้างไฟโรเมตริกโคนสูตรที่ 10 เป็นเงิน 31.5 บาท คิดเป็นชิ้นละ 1.26 บาท

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณบริษัทแหลมทองพอร์ซเลนจังหวัดลำปาง ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัย ตลอดจนนำชิ้นงานไปทดลองใช้จริงภายในโรงงาน ขอขอบคุณอาจารย์กนกกัญญา รวมไมตรี และขอบใจนางสาวเบญจรัตน์ มีสุข นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกที่ช่วยในการทำการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- Ingsiriwat, P., (2004). **Glaze**. Odeon Store, Bangkok
- Keowkamnerd, K., (2010). **Refractory**. Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University.
- Khunyotying, T., (2015). **The Effect of Changes in Talc Size on the Properties of Earthenware**. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal.
- Lawanwadeekul, S., (2016). **Guidelines of Quality Control in Ceramic Manufacturing Process for Reducing Defect in Factory :Case Study of The Small Ceramic Factories in Lampang Province That Joined the Project "Pee Liang Nong 2"**. National Lampang Research Conference 2, Lampang
- Orton Ceramic. (2016). **Temperature Equivalents for Orton Pyrometric Cones (°C)**. [online]. Available HTTP:https://www.ortonceramic.com/Pyrometric_Coners/
- Research and Development Institute. (2016). **Research Report of the Research Fund**. Lampang Rajabhat University, Lampang
- Thiansem, S., (2009). **Sanitary Ware**. Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University.
- TISI. (1985). **Refractory Test Materials Vol. 3 Equivalent Pyrometric Cone (PCE)**. Ministry of Industry, Bangkok

การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยเศษพืชผักในครัวเรือน Design and Construction of a Household Shredder

สมศักดิ์ คำมา^{1*}

Somsak kamma^{1*}

^{1*}มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ตำบลหัวไทร อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา 24120

โทร (038) 568191, 081-3989457 E-mail: kamma1960@gmail.com

^{1*} Rajabhat Rajanagarindra University, Hua Sai, Bang Khla District, Chachoengsao Province 24120

Tel. +66 38 568191, +66 81 3989457 E-mail: kamma1960@gmail.com

บทคัดย่อ

เศษวัสดุเกษตรกรรมมีขนาดไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม และเชื้อเพลิงทดแทนจำเป็นต้องสับย่อยให้มีขนาดเล็กด้วยเครื่องซึ่งเครื่องตัดวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีขนาดใหญ่ไม่เหมาะสมกับการใช้ตัดวัสดุเกษตรกรรมที่เหลือใช้ในครัวเรือน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อสับย่อยเศษพืชผักในครัวเรือน โดยใช้หลักการวิศวกรรมทฤษฎีแรงเค้นเฉือนและทดสอบสมรรถนะการตัดวัสดุของเครื่องที่ตัดวัสดุได้ คือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ หลังจากนั้นจึงออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าความเร็วรอบตัดใบมีดที่เหมาะสม เท่ากับ 417 500 700 900 และ 983 รอบต่อนาที และความชื้นของเศษวัสดุที่มีต่อร้อยละของวัสดุที่ตัดได้ขนาดเล็ก ผลการทดสอบ พบว่าความเร็วรอบตัดที่เหมาะสมของเครื่อง คือ 763 รอบต่อนาที สามารถตัดวัสดุได้ขนาดเล็ก ช่วง 46.2 - 120.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 65.0 $\pm$ 3.5 ตัดตะไคร้ได้ปริมาณต่ำสุด 46.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดผักบุ้งจีนได้ปริมาณสูงสุด 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถสับย่อยวัสดุให้มีขนาดเล็กตามวัตถุประสงค์การออกแบบ และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตัด 0.001 - 0.003 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ต้นทุนการสร้างเครื่องตัดเท่ากับ 18,500 บาท และต้นทุนดำเนินการเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 11,788 บาท และต้นทุนต่อหน่วยการผลิตเท่ากับ 0.35 บาท จากการสร้างออกแบบสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวมีขนาดเล็ก ต้นทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพในการตัดเศษวัสดุในระดับดีมากกว่าร้อยละ 50

คำสำคัญ : ออกแบบ, เครื่องสับ, เศษพืชผักในครัวเรือน

Abstract

Agricultural residue and by-products are often the wrong size to be reused in agriculture or as alternative fuel sources, and therefore need to be shredded into smaller pieces. However, cutting machines are generally too large and are unsuitable for household usage. Hence, this invention is aimed at the design and the construction of a the prototype shredding machine for household food waste. The procedure began from applying the theory of shear stress and carried out the performance tests focusing on the size of the products as small, medium and large. Subsequently, the experiments were performed to determine the optimum speed of the blade at 417, 500, 700, 900, or 983 rpm. Also, the moisture content in material affecting the cut was small in size. It was

found that the optimum speed was 763 rpm which had a capacity to shred material at 46.2 – 120 kg/hour of the small size corresponding to $65\% \pm 3.5$. The cutting of lemongrass and Chinese morning glory was a minimum of 46.2 kg/hour and a maximum of 120.0 kg/hour respectively. The machine can shred into small sizes accomplishing the objective and with an energy consumption is 0.001– 0.003 kW-h/kg. The total cost is 18,500 baht. The average annual operating costs are 11,788 baht corresponding to 0.35 baht per cost of unit of production. Therefore, this invention has a low cost and a good capability according to more than 50%.

Keywords : Design, Cutting Machine, Household vegetative residues.

1. บทนำ

ปัจจุบันปริมาณเศษวัสดุเกษตรกรรมที่เหลือจากการบริโภคมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากขาดการจัดการที่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดมลภาวะที่สามารถเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรคแนวทางหนึ่งในการจัดการปัญหาดังกล่าว คือ การนำเศษวัสดุเกษตรกรรมกลับมาใช้ประโยชน์ได้แก่ทำปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช อาหารสัตว์และวัสดุพลังงานทดแทน แต่พบว่าขนาดของเศษวัสดุมีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ดังกล่าว จึงต้องทำการลดขนาดให้เล็กลงโดยการหั่นหรือบด เพื่อลดปริมาณการจับเก็บ ระยะเวลาการย่อยสลายลดลง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย เช่น การผสมคลุกเคล้าเพื่อเป็นอาหารสัตว์ การทำน้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น

การลดขนาดหรือหั่นย่อยโดยใช้มีด มีข้อจำกัดในด้านความปลอดภัย ไม่สามารถหั่นย่อยให้มีขนาดเล็ก และปริมาณมากได้ จึงต้องมีการสร้างเครื่องทุ่นแรงสำหรับหั่นย่อยเศษพืชผัก แทนการใช้มือ จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตรต้นแบบ สำหรับใช้ลดขนาดวัสดุเกษตรและอุตสาหกรรมมีผู้ศึกษา ดังนี้ (Tunhaw, M., et al, 2011) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยต้นถั่วลิสงใช้เครื่องยนต์ 6 แรงม้า เป็นต้น กำลังใช้ใบมีดสำหรับหั่นย่อย จำนวน 2 ใบ ยาว 30 เซนติเมตร ความเร็วรอบของใบมีดหั่นที่เหมาะสม 900 รอบต่อนาที มีอัตราการการทำงาน 515 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วการป้อน 3 เมตรต่อนาที ขนาดชิ้นที่หั่นย่อยได้ 6.2 - 7.6 เซนติเมตร อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1 ลิตรต่อชั่วโมง (Sutiwatana, P., & Wongkaew, D., 2009) ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นผักตบชวาจากเครื่องต้นแบบใช้สำหรับผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพ และถ่ายทอดความรู้โดยใช้หั่นผักตบชวาแบบสดและแบบไม่สด มีสมรรถนะการตัดได้สูงสุดแบบสด ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ตัดได้ 476 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3.53 ลิตรต่อชั่วโมง และแบบไม่สดที่ความเร็วรอบ 1,900 รอบต่อนาที ตัดได้ 587 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3.27 ลิตรต่อชั่วโมง (Nakarin Bangkok, 2555) ได้สร้างเครื่องหั่นย่อย อเนกประสงค์ขนาดกว้าง 1.10 เมตร ยาว 0.90 เมตร สูง 1 เมตร ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เพื่อนำไปทำอาหารสัตว์และปุ๋ยชีวภาพโดยหั่นย่อยทั้งซากพืชสดและซากพืชแห้ง เช่น กระถิน ช้างข้าวโพด ผักตบชวา ผักสด เถาวัลย์ หญ้าแห้ง ฯลฯ สามารถหั่นย่อยได้ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดความยาววัสดุที่หั่นย่อยประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร (Kumar, S. & Kumar, H., 2015) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยวัสดุเกษตรที่เป็นของเสียเพื่อตัดก้านใบและพื้นที่

ใบเครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบ คือ โครงเหล็กทำจากเหล็กกล้า มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ชุดเฟืองขับ ลูกป้อนและชุดตัดซึ่งทำจากเหล็กทั้งสะเตนคาร์ไบด์และเพลลา 2 เพลลา ส่งกำลังด้วยสายพานผ่านเพลลา ชุดเฟืองขับใบมีด ใบมีดมีทั้งหมด 8 ใบ เมื่อใบมีดหมุนจะตัดลำต้นและใบในท้องตัดและไหลออกด้านล่างและงานวิจัยอื่น ๆ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นเครื่องตัดวัสดุชนิดต่าง ๆ มีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสมกับการใช้ตัดวัสดุในครัวเรือน

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์นี้ เพื่อออกแบบ สร้างและทดสอบสมรรถนะการตัด โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับทำนายร้อยละของขนาดวัสดุขนาดเล็กที่ตัดได้จากการประยุกต์ออกแบบการทดลองแบบเซ็นทรัลคอมโพสิต (Central Composite Design: CCD) เพื่อหาความสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของเพลลาตัด และความชื้นของเศษวัสดุเกษตรกรรม โดยมี 5 ระดับ ปัจจัยของแต่ละตัวแปร จำนวน 13 สถานะการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง สร้างสมการทำนาย เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสมการทำนาย และรูปแบบการทดลองโดยใช้หลักการทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างพื้นผิวตอบสนองเพื่อวิเคราะห์ค่าความเร็วรอบ และความชื้นของวัสดุเกษตรกรรมที่เหมาะสม จากนั้นทำการทดลองเพื่อยืนยันว่าสถานะที่เหมาะสมจากการสร้างพื้นผิวตอบสนองมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตัดเศษพืชผักในครัวเรือนและทดสอบความสามารถในการตัดวัสดุโดยการออกแบบการทดลองแบบเซ็นทรัลคอมโพสิต (Central Composite Design: CCD)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

1) วัสดุเศษพืชผักที่เหลือจากการทำอาหารจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ก้านโหระพา ผักบุ้งจีน ผักบุ้งไทย ใบเตย และ ตะไคร้

2) เครื่องอบแห้งหาค่าความชื้น ยี่ห้อ Termak

3) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Digital Multimeter C.A 8220)

4) เครื่องวัดความเร็วรอบ (Techometer, DT- 6236B, CEM)

5) เครื่องชั่งดิจิตอล (HX-S1 - 30 kg/1g)

6) เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

7) นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Casio

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาคุณสมบัติกายภาพของวัสดุเกษตรกรรม จากการวิจัยคัดเลือกวัสดุเกษตรกรรม ได้แก่ ใบเตย ตะไคร้ ผักบุ้งจีน ผักบุ้งไทย ก้านโหระพา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างพืชผักเหลือใช้ในครัวเรือน

การหาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น คือ ด้านความยาวใช้การวัด ความหนาแน่นโดยการชั่งน้ำหนักวัสดุและแทนที่น้ำในถ้วยบิกเกอร์และความชื้นโดยการอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพ ก้านโหระพา ผักบุ้งจีน ผักบุ้งไทย ใบเตย และตะไคร้

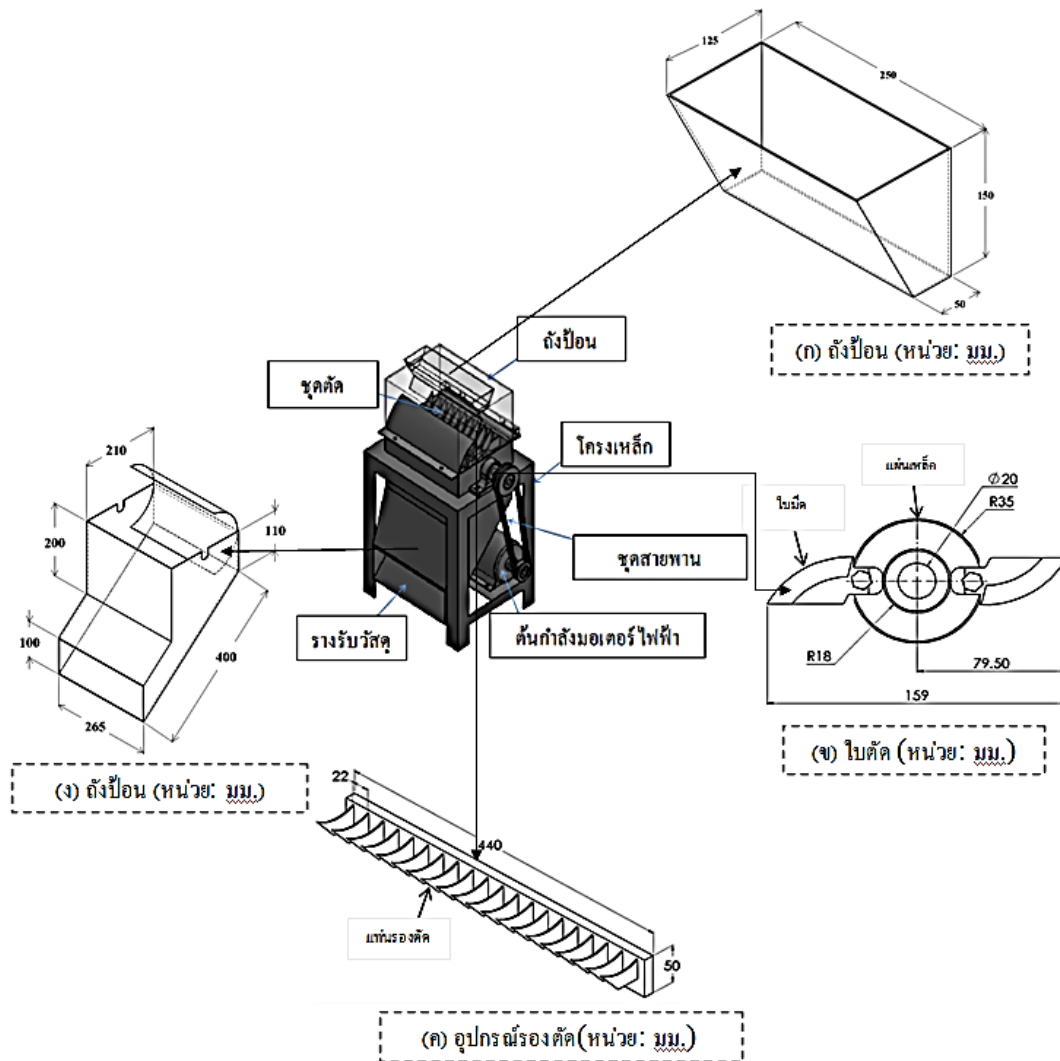
วัสดุ	ความยาว (เซนติเมตร)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลิตร)	ความชื้นมาตรฐาน เปียก (%)
ก้านโหระพา	27.7	857.1	84.5
ผักบุ้งจีน	20.0	806.4	95.0
ผักบุ้งไทย	20.0	833.3	93.2
ใบเตย	30.0	625.0	88.9
ตะไคร้	37.0	1,000.0	82.7

ความชื้นของวัสดุ (มาตรฐานเปียก) คืออัตราส่วนน้ำในวัสดุกับน้ำหนักวัสดุทั้งหมด มีหน่วยเป็น % (Soponronnarit, S., 1997) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความชื้น, } w_b = \left(\frac{W_w - W_d}{W_w} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_w คือ น้ำหนักของวัสดุทั้งหมด, กรัม, W_d คือ น้ำหนักของวัสดุแห้ง, กรัม

2) การออกแบบและสร้าง จากการศึกษางานวิจัยเครื่องสับย่อยที่เกี่ยวข้อง พบว่าเครื่องมีขนาดใหญ่และไม่เหมาะสมใช้ในครัวเรือนจึงได้ออกแบบเครื่องให้มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย โดยได้ออกแบบตามหลักการวิศวกรรมใช้ทฤษฎีแรงเค้นเฉือนสำหรับตัดวัสดุให้ขาดแยกออกจากกันด้วยคมมีดเคลื่อนที่ในแนวรัศมี ซึ่งความเร็วรอบตัดที่เหมาะสมทำให้ตัดได้ขนาดเล็กที่สุดและได้ออกแบบอุปกรณ์ที่สำคัญประกอบด้วย โครงสร้างเครื่องและชิ้นส่วนประกอบดังภาพที่ 2 มีรายละเอียดเฉพาะของชิ้นส่วนแสดงดังในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างและชิ้นส่วนประกอบเครื่องตัด

ต้นกำลังใช้มอเตอร์เท่ากับ $1/3$ แรงม้า คำนวณได้จากสมการที่ 2 (Persson, S., 1987)

$$\text{กำลัง, } P = \left(\frac{2 \times \pi \times N \times r}{60} \right)^2 \times m \quad (2)$$

เมื่อ $m = 4.40$ กิโลกรัม, $r = 0.05$ เมตร และ $N = 1,440$ รอบต่อนาที
กำลัง = 250 วัตต์ = 0.250 กิโลวัตต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 0.250 กิโลวัตต์หรือ $1/3$ แรงม้า

ต้นกำลังใช้มอเตอร์เท่ากับ 1/3 แรงม้า คำนวณได้จากสมการที่ 2 (Presson, S.,1987)

$$P = \left(\frac{2 \times \pi \times N \times r}{60} \right)^2 \times m \quad (2)$$

เมื่อ $m = 4.40$ กิโลกรัม, $r = 0.05$ เมตร และ, $N = 1,440$ รอบต่อนาที
กำลังเท่ากับ 250 วัตต์เท่ากับ 0.25 กิโลวัตต์ ดังนั้นเลือกมอเตอร์ขนาด 1/3 แรงม้า

ตารางที่ 2 คุณลักษณะและชิ้นส่วนเฉพาะของอุปกรณ์เครื่องสับย่อย

อุปกรณ์	รายละเอียดเฉพาะ	จำนวน (ชิ้น)
โครงเหล็ก	ขนาด 300 × 535 × 920 มิลลิเมตร ใช้เหล็กฉากขนาด 1.5 × 1.5 นิ้วหนา 2 มิลลิเมตร	1
มอเตอร์ไฟฟ้า	4 pole 220 volt 50 Hz ขนาด 1/3 hp 1,440 รอบต่อนาที	1
พูลเลย์	ขนาด 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว ร่องวี	2
สายพานวี	ชนิด A ยาว 26 นิ้ว	1
เพลาลูกกลิ้ง	เพลาลูกกลิ้งเหล็กกล้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 410 มิลลิเมตร	1
ใบมีด	เหล็กกล้ามาตรฐาน JIS G4051- S45C/(AISI 1045) ยาว 59.50 มิลลิเมตรใบมีดรูปโค้งคมเดียว	20
จานกลมยึดใบมีด	เหล็กมาตรฐาน S454 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร	10
ลูกปืนตักดา	แบบ y จำนวน 2 ตัว เบอร์ UC 204 D1	2
แท่นรองตัด	เหล็กกล้า ยาว 530 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร มีรูปโค้ง	20
ถังป้อน	เหล็กเหนียว หนา 1 มิลลิเมตรขนาดด้านบน กว้าง × ยาว เท่ากับ 125×250 มิลลิเมตร ด้านล่าง กว้าง×ยาว เท่ากับ 50 × 250 มิลลิเมตร และสูงเท่ากับ 150 มิลลิเมตร	1
รางระบายวัสดุออก	เหล็กเหนียว หนา 1 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง×ยาว เท่ากับ 100 × 265 มิลลิเมตร และลึกเท่ากับ 400 มิลลิเมตร	1

ส่งกำลังด้วยสายพานตัววี ชนิด A ยาวเท่ากับ 26 นิ้ว ร่วมกับพูลเลย์ร่องวี ขนาด 2 นิ้ว การหาความยาวของสายพานคำนวณได้จากสมการที่ 3 (Jaroenkitpoolpol, S., n.d.) หน่วยเป็นมิลลิเมตร

$$\text{ความยาวสายพาน, } L = 2c + 1.57(d_2 - d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4c} \quad (3)$$

เมื่อ $c = 290$ มิลลิเมตร, $d_2 = 101$ มิลลิเมตร และ $d_1 = 50$ มิลลิเมตร
 ดังนั้นความยาวสายพานเท่ากับ 662 มิลลิเมตร หรือ เท่ากับ 26 นิ้ว

การตัดใช้แรงเฉือนจากการหมุนเหวี่ยงใบมีดแรงเค้นเฉือนตัดเฉลี่ยประมาณ 0.108 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร คำนวณค่าความเข้มของแรงเฉือนตัดต่อใบมีด (Persson, S., 1987) ดังสมการที่ 4

$$\text{แรงเค้นเฉือน, } SSSF = \frac{FOCMX}{(LWC * LTC)} \quad (4)$$

เมื่อ $FOCMX = \frac{2\pi N r m}{60}$, $m = 4.4$ กิโลกรัม, $N = 763$ รอบต่อนาที, $r = 0.06$ เมตร

$FOCMX = 21.1$ นิวตัน, $LWC = 60.0$ มิลลิเมตร และ $LTC = 0.05$ มิลลิเมตร ดังนั้นความเข้มแรงเฉือนเฉลี่ยที่ใบมีดตัดเท่ากับ 7.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

ความเร็วของใบมีดตัด คำนวณได้จากสมการที่ 5 (Persson, S., 1987)

$$\text{ความเร็วใบมีดตัด, } V_c = \omega \times r \quad (5)$$

เมื่อ $d = 160.0$ มิลลิเมตร, $N = 763$ รอบต่อนาที ดังนั้นความเร็วตัดที่ปลายใบมีดเท่ากับ 383 เมตรต่อนาที

3.3 การทดสอบการทำงานและสมรรถนะการตัดของเครื่อง เนื่องจากขนาดวัสดุในการทดสอบที่ตัดได้แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็กมีความยาว $1.0 \leq L \leq 2.3$ เซนติเมตร ขนาดกลางความยาว $2.3 > L \leq 3.6$ เซนติเมตร และขนาดใหญ่ความยาว $3.6 < L \leq 4.8$ เซนติเมตร การตัดที่มีสมรรถนะดีของเครื่องจะตัดได้มีขนาดวัสดุเล็กเป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ออกแบบแผนการทดลองแบบเซ็นทรัลคอมโพสิต ได้ออกแบบแผนการทดลองแบบเซ็นทรัลคอมโพสิต โดยกำหนดค่า code value ของแต่ละปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยถูกแบ่งออกเป็นห้าระดับ เพื่อใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมตามวิธีการของ RSM เพื่อให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ค่าทางสถิติ ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ความเร็วรอบและความชื้นของวัสดุ ซึ่งแต่ละปัจจัยมีห้าระดับคือ $-\alpha$, -1 , 0 , $+1$, $+\alpha$ แสดงค่าในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า code value สำหรับตัวแปรของแผนการทดลอง

ปัจจัย	Coded Value				
	$-\alpha$	-1	0	1	$+\alpha$
ความชื้นของวัสดุ	82.7	84.5	88.9	93.2	95.0
ความเร็วรอบ	417	500	700	900	983

2) ทดสอบการทำงานและสมรรถนะการตัดของเครื่องได้ใช้วิธีการทดลองเพื่อหาความเร็วรอบของใบมีดที่สามารถตัดวัสดุได้เปอร์เซ็นต์ขนาดเล็กมาก การทดสอบจะใช้มือป้อนวัสดุอย่างต่อเนื่อง จับเวลา และวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้วยเครื่องมือ Digital Multimeter C.A 8220 ใช้วัสดุทดลอง 5 ชนิดแต่ละชนิดใช้ความเร็วรอบตัด 5 ระดับแต่ละระดับทดสอบ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กิโลกรัม ผลการตัดได้แต่ละซ้ำจะสุ่มตัวอย่างวัสดุที่ถูกตัดได้จำนวน 15 กรัม และคัดแยกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ความสามารถในการตัด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องที่ใช้ตัด (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบจากการออกแบบ Design of experiment (DOE) แสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับปัจจัยในการศึกษาวิเคราะห์ตัวแปรอิสระ

Std order	Run order	ความเร็วรอบ	ความชื้น	ร้อยละ
13	1	700	88.9	55.8
4	2	983	88.9	41.3
6	3	900	93.2	27.3
11	4	700	88.9	55.8
9	5	700	88.9	55.8
5	6	417	88.9	20.0
12	7	700	88.9	55.8
2	8	900	84.5	37.5
8	9	700	95.0	60.5
1	10	500	84.5	38.5
3	11	500	93.2	52.6
7	12	700	82.7	65
10	13	700	88.9	55.8
Optimal condition		763	82.7	65±3.5

4.2 การวิเคราะห์รูปแบบสมการทำนายขนาดของวัสดุ การวิเคราะห์รูปแบบสมการทำนายขนาดของวัสดุด้วยแผนการทดลองแบบ CCD โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจคือ ค่า R^2 และ adjust R^2 ดังแสดงในตารางที่ 5

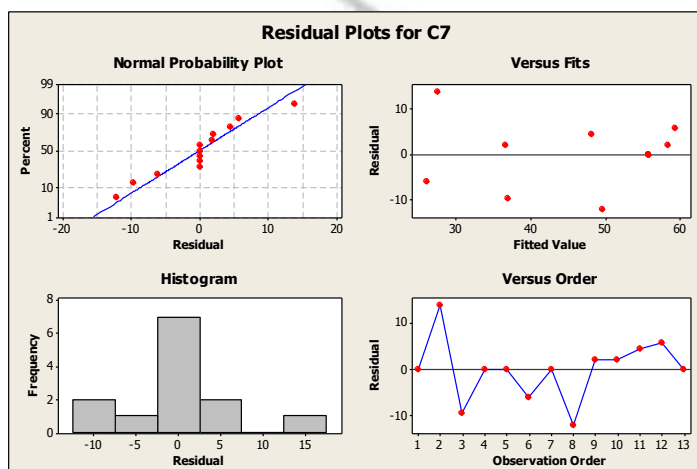
ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ จากผลแผนการทดลองแบบ CCD

Equation	Coefficient of determination	
	R^2	Adj- R^2
Linear model	0.12	0.00 %
Linear + interaction model	69.57	54.35
Linear + square model	674.00	0.00 %
Full quadratic model	76.19	59.00

ดังนั้น สมการทำนายจากรูปแบบ Full quadratic model ที่ได้ คือ $Y = 92.4649 + 1.1305$ ความเร็วรอบ - 9.6801 ความชื้น - 0.0004 (ความเร็วรอบ*ความเร็วรอบ) + 0.0816 (ความชื้น*ความชื้น) - (ความเร็วรอบ*ความชื้น)

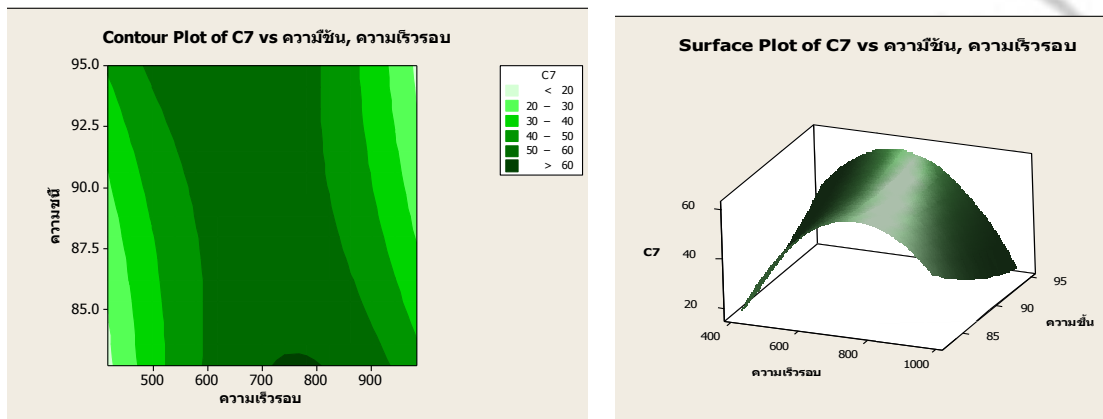
4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากสมการทำนายการทดลอง จากการทดสอบตัวแปรอิสระทั้งหมดแบบ ANOVA ของสมการทำนายที่ได้ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่ามีอิทธิพลตัวแปรอิสระ คือ ค่าความชื้น ความเร็วรอบมีผลต่อร้อยละของวัสดุที่ตัดได้ขนาดเล็ก เพราะค่า P Value มีค่าเท่ากับ 0.018 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05

4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง โดยใช้แผนภูมิควบคุมคุณภาพ จากการวิเคราะห์ขนาดที่ตัดได้ของวัสดุ เกษตรกรรมจากอิทธิพลของความเร็วนรอบและความชื้นมีการกระจายตัวแบบปกติของ Normal Probability Plot ค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกลาง การกระจายตัวของข้อมูลมีความสม่ำเสมอ และมีความเป็นอิสระต่อกัน ดังแสดงในภาพที่ 3



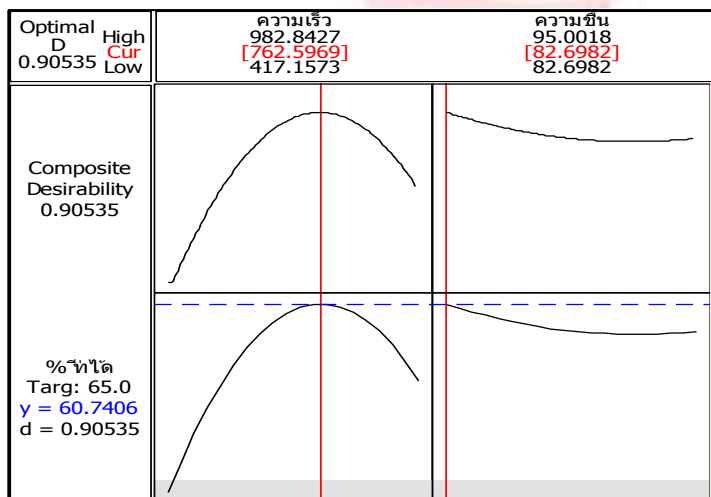
ภาพที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง

4.5 ผลทดสอบการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยโดยใช้ Response Surface Methodology (RSM) อิทธิพลของปัจจัย คือ ความเร็วรอบ และความชื้นที่มีผลต่อขนาดวัสดุที่ตัดได้ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละขนาดวัสดุขนาดเล็กที่ตัดได้เพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 พื้นผิวตอบสนองของความชื้นและความเร็วรอบตัดที่มีต่อร้อยละวัสดุเศษกรรมขนาดเล็ก

4.6 ผลการวิเคราะห์หาค่าระดับที่เหมาะสมที่สุด พิจารณาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับร้อยละของวัสดุเศษกรรมขนาดเล็กที่ตัดได้ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของวัสดุเศษกรรมขนาดเล็กที่ตัดได้ร้อยละ 65 (ค่าเป้าหมาย) ดังแสดงในภาพที่ 5 คือ ค่าความเร็วรอบ เท่ากับ 763 และความชื้นร้อยละ 82.7



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์หาค่าระดับที่เหมาะสมที่สุด

4.7 การวิเคราะห์ การยืนยันผลการทดลอง จากการทดลองการทดสอบสมรรถนะในการตัด เพื่อให้ได้ร้อยละของขนาดวัสดุเศษกรรมขนาดเล็กมากที่สุดตามเป้าหมายจึงได้ทำการทดสอบตามสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจำนวน 10 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4

4.8 ความสามารถในการตัดวัสดุและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัด จากการทดลองพบว่า เครื่องที่ออกแบบและสร้างมีความสามารถในการตัดวัสดุเกษตรกรรม หน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ผลของวัสดุและพลังงานไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความสามารถในการตัดและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

ความเร็ว รอบ (rpm)	ความสามารถในการตัด (kg/hr)					พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตัด (kW-hr/kg)				
	โพระพา	ผักบุ้งจีน	ผักบุ้ง ไทย	ใบเตย	ตะไคร้	โพระพา	ผักบุ้งจีน	ผักบุ้ง ไทย	ใบเตย	ตะไคร้
417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	50.0	40.0	46.2	33.3	0	0.002	0.002	0.002	0.003	0
763	50.0	120.0	50.0	50.0	46.2	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003
900	42.9	120.0	54.5	33.3	50.0	0.003	0.001	0.003	0.004	0.003
983	45.2	120.0	50.0	32.4	66.7	0.003	0.001	0.003	0.005	0.003

หมายเหตุ : 0 ไม่สามารถตัดวัสดุได้

4.9 การวิเคราะห์ต้นทุนในการสร้างเครื่องในเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พิจารณาค่าใช้จ่ายในการสร้างและการทำงานของเครื่องโดยคำนวณได้จากต้นทุนคงที่ (fixed cost) และต้นทุนแปรผัน (variable cost) มีรายละเอียดดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (fixed cost) ประกอบด้วย

1.1) สมการค่าเสื่อมราคาต่อปี (Phibuly Yaemphuan, 2005) แบบ straight - line method คำนวณได้จากสมการที่ 6

$$\text{ค่าเสื่อมราคา, } DP = (P - S) / L \quad (6)$$

ต้นทุนทรัพย์สิน (P) = 18,500 บาท อายุการใช้งานของเครื่อง (L) 5 ปี และราคาซากเครื่อง (S) เมื่อครบ 5 ปี เท่ากับ 500 บาท

ดังนั้น ค่าเสื่อมราคา = $(18,500 - 500) / 5 = 3,600$ บาทต่อปี

1.2) ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (interest on investment)

สมการค่าดอกเบี้ย (Phibuly Yaemphuan, 2005)

$$= \left(\frac{P + S}{2} \right) \times \left(\frac{i}{100} \right) \quad (7)$$

ในการคำนวณ เลือกใช้อัตราดอกเบี้ยของธนาคารพาณิชย์อัตราดอกเบี้ย (i) ร้อยละ 7.37 และแทนค่าในสมการที่ 7

$$\begin{aligned}\text{ค่าดอกเบี้ย} &= \left(\frac{18,500 + 500}{2} \right) \times \left(\frac{7.37}{100} \right) \\ &= 700 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ดังนั้น ต้นทุนคงที่ต่อปี (fixed coast) = 3,600+700 = 4,300 บาท

2) ต้นทุนแปรผัน (variable coast) ประกอบด้วยค่าบำรุงรักษาและค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ตัดไม้คิดค่าแรงงาน เนื่องจากสร้างเครื่องเพื่อทดแทนการหันด้วยมือและแก้ปัญหาการสับย่อยปริมาณมาก ดังนี้

2.1) ค่าบำรุงรักษา (repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 20 บาท ต่อวัน ทำงาน 30 วัน ค่าบำรุงรักษา เท่ากับ $20 \times 30 = 600$ บาทต่อเดือน

2.2) ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ตัดเลือกความเร็วรอบ 763 รอบต่อนาที เครื่องตัดตะไคร้ได้ 46.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.003 กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตัด = $0.003 \times 46.2 = 0.14$ หน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัม) ค่าไฟฟ้าเท่ากับ $0.14 \times 2.74 = 0.39$ บาท (ค่าไฟฟ้าคิดอัตรา 2.74 บาท/หน่วย) และค่ากระแสไฟฟ้า 30 วัน วันละ 2 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้ารวมทั้ง หดต่อเดือนเท่ากับ $0.39 \times 30 \times 2 = 24$ บาท ดังนั้นค่าต้นทุนแปรผันทั้งหมดต่อเดือนเท่ากับ $600 + 24 = 624$ บาท สามารถตัดวัสดุได้ทั้งหมดต่อเดือนเท่ากับ 2,772 กิโลกรัมหรือประมาณ 2.8 ตัน ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อปีทั้งหมดเท่ากับ $624 \times 12 = 7,488$ บาทต่อปี

2.3) ต้นทุนดำเนินงานรวมทั้งหมดต่อปี คือ

ต้นทุนคงที่กับต้นทุนแปรผันเท่ากับ $4,300 + 7,488 = 11,788$ บาท

2.4) ต้นทุนต่อหน่วยการผลิต เป็นการวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกกระบวนการผลิต เครื่องทำงานวันละ 2 ชั่วโมง ทำงาน 1 ปี 365 วัน หรือ 730 ชั่วโมง เครื่องตัดตะไคร้ได้ 46.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ $11,788 / (730 \times 46.2) = 0.35$ บาท/กิโลกรัม ดังนั้นต้นทุนการผลิตต่อหน่วยกิโลกรัม เท่ากับ 0.35 บาท

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผล ในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยเศษพืชผักในครัวเรือน ตัวเครื่องประกอบด้วย โครงเหล็กมีขนาดเท่ากับ $300 \times 535 \times 920$ มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/3 แรงม้า ใบมีดตัดทำจากเหล็ก JIS G4051- S45C/AISI 1045 ยาว 54 มิลลิเมตร แบบคมเดียว จำนวน 20 ใบ เครื่องมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสับย่อยวัสดุเกษตรที่ใช้ในปัจจุบัน และใช้ชิ้นส่วนวัสดุ อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป จากการทดสอบโดยใช้ design of experiment (DOE) เลือกแบบการทดลองแบบ CCD และหาค่าความเหมาะสมของการทำงานของเครื่องโดยใช้ RSM ตัดวัสดุ 5 ชนิด (ความชื้น 5 ระดับ) พบว่าความเร็วรอบตัดที่ตัดได้ขนาดเล็กที่เหมาะสมคือ 763 รอบต่อนาที และค่าความชื้นร้อยละ 82.7 สามารถตัดวัสดุได้ขนาดเล็กความยาว $1.0 \leq L \leq 2.3$ เซนติเมตร ได้ร้อยละ 65 ± 3.5 และผลทดสอบเครื่องตัดวัสดุได้มีขนาดเล็กเท่ากับ 46.2-120.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยตัดตะไคร้ได้ต่ำสุดเท่ากับ 46.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดผักบุ้งจีนได้สูงสุด 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตัดทั้งหมดคือช่วง 0.001 - 0.003 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ต่อกิโลกรัม และต้นทุนการสร้างเครื่องเท่ากับ 18,500 บาท ต้นทุนดำเนินการเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 11,788 บาท และต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 0.35 บาทต่อกิโลกรัม

5.2 อภิปรายผล จากการทดสอบร้อยละการตัดได้วัสดุขนาดเล็กของเครื่องยังพบว่า มีร้อยละการตัดได้ต่ำจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนา โดยเฉพาะรูปร่างและจำนวนใบมีดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดได้ให้มีขนาดเล็กมากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เครื่องต้นแบบสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับการสับย่อยพืชเพื่อใช้ทำอาหารบริโภคหรือสมุนไพร ควรเลือกใช้วัสดุที่เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานด้านอาหารและติดตั้งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติและระบบการตัดเพื่อให้มีความปลอดภัยมากขึ้นและติดตั้งล้อช่วยแรงขนาด 5-10 กิโลกรัมเพื่อเพิ่มกำลังตัดให้สามารถตัดวัสดุได้หลายชนิด

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์การทำวิจัย ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี จ.ปราจีนบุรี ได้อนุเคราะห์การอบแห้งวัสดุ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.จรรุวรรณ สิงห์ม่วง สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และรองศาสตราจารย์พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัยและทดลอง

8. เอกสารอ้างอิง

- Jaroenkitpoolpol, S. (n.d.). **Machine design**. Bangkok: Physicscenter PrintingHouse.
(in Thai)
- Kumar, S., & Kumar, H., (2015). Design and development of agricultural waste shredder machine. **IJSET– International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology**. 2(10), pp. 164–167.
- Nakarin Bangkok Co. LTD. (2012). Multipurpose shredder NO.QC004. Retrieved January 14, 2017 from <http://www.nakarinbangkok.com> (in Thai)
- Persson, S., (1987). **Mechanics of cutting plant material**. United States of America: American Society of Agricultural Engineering.
- Soponronnarit, S., (1997). **Drying Grains and Some Types of Foods**, 7th ed. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Thonburi. (in Thai)
- Suttiwatana, P. & Wongkaew, D., (2009). Research and development of water Hyacinth-cutting machine from prototype with community participatation. **Research Journal**, 2(1), 1–8. (in Thai)

- Tunhaw, M. Tinimgoon, K., & Sirimala, R., (2011). Design and Development of a peanut chopper. **KhonKaen Agr. Journal**, 39(3), 60–65. (in Thai)
- Yaemphuan, P., (2005). **Engineering Economy**. Bangkok: SE-Ed. Public Co. Ltd. (in Thai)



Industrial Technology

ภาคผนวก

Industrial Technology
www.technologyjournal.lpru.ac.th

ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เพื่อให้วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

1. **วัตถุประสงค์ของวารสารวิชาการ** เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง

2. **ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง** ดังนี้

2.1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

2.2 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ เทคโนโลยีไฟฟ้า เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีพลังงาน / พลังงานทดแทน เทคโนโลยีก่อสร้าง /โยธา เทคโนโลยีการผลิต มาตราวิทยา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิก การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

3. **กำหนดออกวารสาร**

วารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

4. **การพิจารณาบทความ**

4.1 การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในพิจารณา 2 คน ต่อ 1 บทความ

4.2 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 2 คน

4.3 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณานำส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 2 คน

4.4 กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา ที่กองบรรณาธิการแจ้งกองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

5. **คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์**

5.1 วิธีส่งบทความ เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th> และนำส่งเอกสารต้นฉบับ ได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ม.9 ถ.ลำปาง – แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่อง (English)

ชื่อ นามสกุล^{1*}, ชื่อ นามสกุล² และ ชื่อ นามสกุล³

^{1*} ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxxx โทรสารxxxxxx E-mail: YYYYYY

² ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

³ ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยต้องประกอบด้วยบทคัดย่อที่ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป ในกรณีที่ต้นฉบับเป็นภาษาไทย ให้ผู้นิพนธ์เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ

คำสำคัญ: รูปแบบบทความ, ขนาดตัวอักษร, รูปแบบตัวอักษร

Abstract

An article of research to composes with abstract to specify importance of subject, object, method to study, result and summary. Both Thai and English abstracts are required. The length of each should not exceed 300 words. Also, the keywords should not be used more than 5 words.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font size, font style, blank line

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ในวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพและเพื่อให้การจัดทำเอกสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ผู้ที่ส่งบทความควรพิมพ์บทความตามรูปแบบและแนวทางที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

2. เนื้อหาบทความ

วารสารฉบับเต็มควรประกอบด้วย ชื่อบทความ ชื่อและที่อยู่ของผู้เขียนบทความ บทคัดย่อ คำสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาโดยสมบูรณ์ของบทความ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง โดยในส่วนของเนื้อหาของบทความ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก หัวข้อย่อย และอาจแบ่งถึงหัวข้อย่อยลงมา ทั้งนี้ตัวอักษรทั้งหมดที่ใช้ในการพิมพ์ทุกส่วนให้ใช้ตัวอักษรแบบ TH SarababunPSK

ขนาด 16 ตัวหนาทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ระยะระหว่างบรรทัดเป็นแบบบรรทัดเดี่ยว (Single Space) และแต่ละหน้าไม่ต้องมีการเติมหมายเลขหน้า

2.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 ($8\frac{1}{4} \times 11\frac{3}{4}$ นิ้ว) โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังนี้

ริมขอบกระดาษด้านบน	1.5	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	1	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	1.5	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านขวา	1	นิ้ว

ความยาวโดยรวมของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ และบันทึกไฟล์ข้อมูลด้วย Microsoft Word 2010 เท่านั้น

2.2 ชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียน

ในการพิมพ์ชื่อบทความให้พิมพ์ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยใช้ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ พิมพ์เป็นตัวหนา โดยแต่ละคำในชื่อภาษาอังกฤษให้พิมพ์อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ (ยกเว้น คำนำหน้านาม: articles, คำสันธาน: coordinate conjunctions และ คำบุพบท: prepositions นอกจากคำเหล่านี้จะถูกใช้นำชื่อเรื่อง) สำหรับชื่อผู้เขียนบทความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยต์ ในขณะที่ส่วนของที่อยู่ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 พอยต์ โดยที่อยู่ควรประกอบไปด้วย

สำหรับบุคลากรภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำแหน่งทางวิชาการ สาขาวิชาที่สังกัด เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ และ E-mail ที่สามารถติดต่อได้ กรณีผู้เขียนมากกว่าหนึ่ง สามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ และ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

สำหรับบุคลากร ภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ซึ่งสามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ เบอร์โทรสารและ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

3. บทคัดย่อและคำสำคัญ

การพิมพ์บทคัดย่อและคำสำคัญให้พิมพ์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ และจัดรูปแบบอยู่ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษ โดยให้พิมพ์ชื่อหัวข้อ “บทคัดย่อ” และ “Abstract” เป็นแบบตัวหนา

4. เนื้อหาของบทความ

บทความวิจัยควรประกอบด้วย บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา นำไปสู่การศึกษา วัตถุประสงค์ วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Method) กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์และการทดลองที่กระชับและชัดเจน ผลการทดลอง (Results) บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน สรุปและอภิปรายผล (Discussion and Conclusion) อาจเขียนรวมกับการทดลองได้ เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร ต้องมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือการหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ส่วนของเนื้อหาบทความ กำหนดตัวอักษรที่ใช้ในเนื้อหาให้มีขนาด 16 พอยต์ รวมถึงไม่ต้องการเว้นบรรทัดระหว่างย่อหน้า (ไม่ต้องเคาะบรรทัดเมื่อขึ้นย่อหน้าใหม่) สำหรับรูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์หัวข้อกำหนดดังนี้

4.1 หัวข้อหลัก

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อหลัก และให้พิมพ์ไว้ชิดริมซ้ายของคอลัมน์

4.2 หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา และให้พิมพ์ห่างจากริมซ้ายของคอลัมน์ 0.5 นิ้ว

5. รูปภาพ ตาราง และสมการ

5.1 รูปภาพและตาราง

การนำเสนอรูปภาพและตารางสามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึงหรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพและตารางไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่าหน้ากระดาษที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.1

ทั้งรูปภาพและตารางจะต้องมีคำอธิบายโดยคำอธิบายของรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ และอยู่ชิดซ้ายของหน้ากระดาษ หากรูปภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับเช่น (ก) และ (ข) ส่วนคำอธิบายตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางและชิดริมซ้ายของกระดาษ โดยการเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน

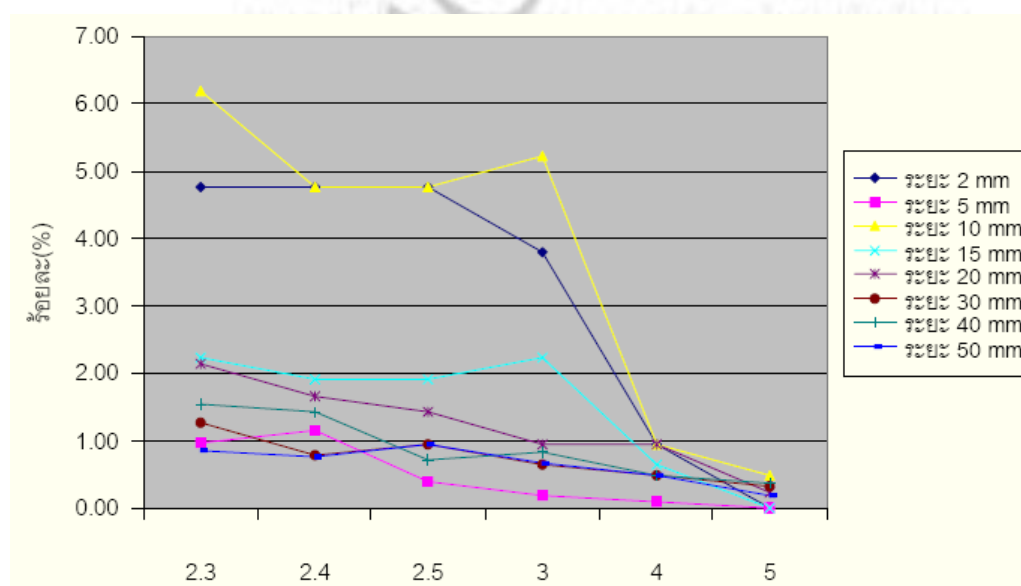
ตารางข้อมูลที่น่าลงตีพิมพ์ ต้องพิมพ์ด้วย word เพื่อความคมชัดของตาราง เช่น
ตารางที่ 1 ตารางที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้ใช้อาคาร
1) กระเบื้องดินเผามีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1) กระเบื้องดินเผาขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพัก มีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้ใช้อาคารอาจสะดุดเมื่อใช้งาน
	3) เนื่องจากความไม่แข็งแรงของกระเบื้องดินเผา เมื่อผ่านการใช้งาน หรือมีวัตถุตกกระทบ ทำให้กระเบื้องดินเผาแตก กะเทาะ หรือบิ่น ซึ่งแสดงถึงความไม่คงทนแข็งแรง

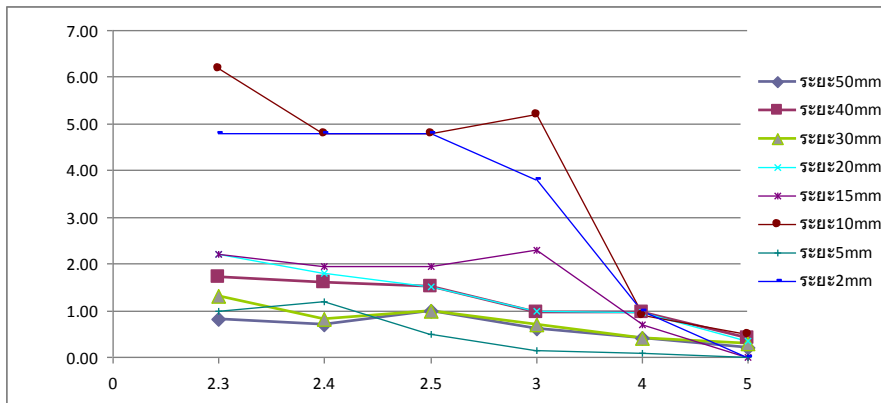
ตารางที่ 2 ตารางที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้ใช้อาคาร
1) กระเบื้องดินเผามีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1) กระเบื้องดินเผาขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพักมีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้ใช้อาคารอาจสะดุด เมื่อใช้งาน

รูปภาพที่น่าลงตีพิมพ์ ควรเลือกภาพที่เหมาะสมและคมชัดที่สุด

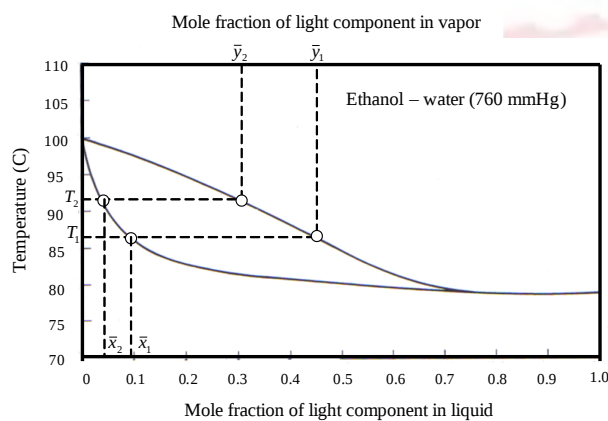


ภาพที่ 1 ภาพที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์



ภาพที่ 2 ภาพที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความให้ระบุเป็นรูปที่และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1, ภาพที่ 1 - 3, ตารางที่ 1, ตารางที่ 1 - 3 เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนภาพสมดุลของของผสมไอ - ของเหลวที่มี 2 องค์ประกอบภายใต้สภาวะความดันคงที่

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในแต่ละภาคเศรษฐกิจ ๆ ของประเทศไทย (หน่วย: ล้านลิตร)

ภาคเศรษฐกิจ	ปี	
	2545	2546
1. เกษตรกรรม	3,509	3,827
2. เหมืองแร่	19	26
3. อุตสาหกรรม	4,821	4,937
4. ไฟฟ้า	703	757
5. การก่อสร้าง	169	172
6. ที่พักอาศัยและการพาณิชย์	2,729	2,792
7. คมนาคมขนส่ง	23,980	25,475
Total	35,930	37,986

5.2 สมการ

การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์และมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1), (2) เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้เอื้อเฟื้อเอกสารและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 24

7. การอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษาแทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยระบุเป็น 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้าง ๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน “เอกสารอ้างอิง” ในส่วนท้ายของบทความวิชาการ

7.1 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงในเนื้อหา

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และผู้แต่งคนที่สอง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และคณะ, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, ไม่มีเลขหน้า)

(หน่วยงาน, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(นามแฝง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

7.2 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1) บทความจากวารสาร (Journal)

Waszkiewics, S.D., Tierney, M.J. and Scott, H.S. (2009). Development of coated, annular fins for adsorption chillers, **Applied Thermal Engineering**, vol. 29 (11-12), August 2009, pp. 2222 – 2227.

จักรกฤษณ์ นรมิตผดุงการ และ ทวี สอนมาลี. (2519). ความสามารถในการเงินของเทศบาลกรณีของเทศบาลนครกรุงเทพ ก่อนเปลี่ยนแปลงเป็นกรุงเทพมหานคร, **วารสารพัฒนาบริหารศาสตร์**, 16, เมษายน 2519, หน้า 231 – 254.

(2) บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

Kato, S. and Widiyanto, A. (2001). Environmental Impact Assessment of Various Power Generation Systems, **paper presented in the Tri-University International Joint Seminar & Symposium 2001**, Chiang Mai, Thailand.

มารุต บุรพา, ญัฐนี วรยศ และทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2551). โมเดลอย่างง่ายของการทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพเสริม, **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทน สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย**, มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

(3) รายงานทางวิชาการ / รายงานวิจัย

Division of Technical Services and Planning. (2003). **Chiang Mai City Municipality. Annual Report.**

จุฬาร โชติช่วงนิรันดร์, นลินี ตันธุนิตย์ และปัทมา เพ็ชรสิงห์. (2529). **รายงานการวิจัยเรื่องประวัติศาสตร์หมู่บ้านคำม่วง, โครงการวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 54 – 57.

พรพิมล เกลิมพลาณภาพ. (3535). **พฤติกรรมแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

(4) หนังสือ

Myers, R.H. and Montgomery, D.C. (1995). **Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments**, New York: John Wiley & Sons,.

Goswami, Y.D., Kreith, F. and Kreider, J.F. (1999). **Principles of Solar Engineering, 2nd edition.** ISBN: 1-56032-714-6, Philadelphia: Taylor & Francis,

วิบูล วิจารณ์วิทย์ และกนกนาถ ชูปัญญา. (2525). **เคมีคลินิก.** กรุงเทพฯ: โครงการตำราศิริราช คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล.

(5) เว็บไซต์

Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand. (2004). **Statistic Data**, [online]. Available HTTP: <http://www.dede.go.th>, access on 24/04/2010.

Carranza, L. E. (1994). Le Corbusier and the problems of representation. **Journal of Architectural Education** [Online], 48(2). Available HTTP:<http://www.mitpress.mit.edu/jrnls-catalog/arched-abstracts/File:jae48-2.html> on 24/04/2010.

บริษัท ไอทีวี จำกัด (มหาชน). (2542). **เรื่องราวของไอทีวี**, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.itv.co.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2553.

ตัวอย่างการอ้างอิงในเนื้อหา

(สุวิมล ตีรกานันท์, 2553) (Tirakanan, S., 2011)

ตัวอย่างการแปลบรรณานุกรมภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ

1.1 ตัวอย่างบรรณานุกรมที่เป็นหนังสือ

สุวิมล ตีรกานันท์. (2553). การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Tirakanan, S. (2011). *Multivariate variables analysis in social science research*. Bangkok: Chaulalongkorn University Printing House. (in Thai)

1.2 ตัวอย่างบรรณานุกรมที่เป็นบทความ

ปาน จินดาพล. (2557). การเป็นเจ้าของกิจการกับทัศนคติต่อความเสี่ยง. *วารสารนักบริหาร*, 34(1), 130-135.

Jindapon, P. (2014). Entrepreneurship and risk attitudes. *Executive Journal*, 34(1), 130-135. (in Thai)

สุวรรณ ลัคนวณิช. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล พฤติกรรมการใช้ชีวิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษาที่ใช้ชีวิตในที่พักเอกชน ย่านรังสิต จังหวัดปทุมธานี. *BU Academic Review*, 13(1), 13-16.

Luckanavanich, S. (2014). Personal relationship, living behaviors, and academic achievement of university students in the private residence, rangsit area, Pathumthani. *BU Academic Review*, 13(1), 13-16. (in Thai).

1.3 ตัวอย่างบรรณานุกรมข้อมูลจากเว็บไซต์

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2556). สถานการณ์การท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศเข้าในปี 2555. สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2557, จาก http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php

Tourism Authority of Thailand. (2013). *Inbound foreign tourists situation in 2012*. Retrieved February 9, 2014, from http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php (in Thai)

**** ท่านสามารถดาวโหลดรูปแบบบทความได้ที่ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th> หรือ ติดต่อสอบถามที่ ผู้ประสานงาน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์อติมา คุณยศยิ่ง โทร 054-237 399 ต่อ 1339 Mobile: 080-5028598 E- mail: journalitech@gmail.com ****

**รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินบทความ
ประจำวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 11 ฉบับที่ 1**

- | | |
|---|---|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ธนรักษ์ ชีระมั่นคง | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา จินดาประเสริฐ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร.อภิรัฐ ศิริธราวัตร | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 5. รองศาสตราจารย์ยืน ภู่วรรณ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร สารวิทย์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรศิลป์ ทุมวิภาต | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.ดร.ณัฏฐ์ วัฒนศิริเวช | มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี ศิริปรัชญานันท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร คนทน | มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |

Industrial Technology
Lampang Rajabhat University Journal