วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Technology & Innovation URU Journal

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2562 ISSN 2630-0222

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิชาการและวิจัยในรูปของสิ่งตีพิมพ์
2. เพื่อสนับสนุนการนำผลงานวิชาการและวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์
3. เพื่อสร้างเครือข่ายการเผยแพร่ผลงานวิชาการและวิจัย ระหว่างมหาวิทยาลัยกับหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชน

สำนักงาน: ฝ่ายงานวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 Website: http://industrial.uru.ac.th/Journal/index.html

กำหนดการออก: ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือนสิงหาคม-ธันวาคม

ลักษณะบทความ: ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือต้องไม่อยู่ในขั้นตอนพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น

พิมพ์ที่: วนิดาการพิมพ์ 14/2 หมู่ 5 ตำบลสันผีเสื้อ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์/โทรสาร 0 5311-0503-4

สารจากคณบดี

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม 2562 ถึง ธันวาคม 2562 มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และสนับสนุนผลงานวิจัย งานสร้างสรรค์ นวัตกรรม ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปต่อยอดในระดับการประกอบธุรกิจอุตสาหกรรม และยังสามารถแก้ปัญหาท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพในการพัฒนานวัตกรรมตามหลักพันธกิจสัมพันธ์เพื่อการท้องถิ่น และการพัฒนาประเทศเพื่อการแข่งขันประชาคมอาเซียน ก่อนการตีพิมพ์ ผลงานทุกชิ้นจะได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขานั้นๆ เพื่อให้เชื่อมั่นว่าเป็นผลงานที่มีคุณภาพ สมควรได้รับการตีพิมพ์สามารถนำไปเป็นสิ่งที่อ้างอิงทางวิชาการได้

เนื้อหาในวารสารฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 6 บทความ ได้แก่ การพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน การประเมินทางการยศาสตร์เพื่อปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการกรอด้าย การวิเคราะห์ศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ การพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ การจำแนกระดับความคล้ายคลึงของเหรียญพระด้วยวิธีการรู้จำแบบ และการพัฒนาเครื่องเตือนภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวเพื่อให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน

ในฐานะบรรณาธิการ ใคร่ขอเชิญชวนอาจารย์และนักวิชาการ ร่วมส่งผลงานวิจัยหรือบทความวิชาการเพื่อตีพิมพ์ในวารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ โดยมีความคาดหวังว่าผลงานเหล่านี้จะได้รับการพัฒนาต่อยอดไปเป็นองค์ความรู้ของประเทศอันจะนำไปสู่การพึ่งพาตนเองได้ในระดับชาติ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์ อินทุวงศ์
บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

บทความวิจัย

การพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน

Development of Biogas Quality Upgrading Equipment for Community

ปฏิพัทธิ์ ถนอมพงษ์ชาติ[1*] จันลดา เจริญสุข[2] พรเพชร เขียวจันทร์แสง[3] สร้างศิลป์ ชูภู่[4] และภคมน ปินตานา[5]

[1,2,3,4] วิศวกรรมการจัดการพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

[5] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Patipat Thanompongchart[1*] Junlada Jareonsuk[2] Pronphet Khiaojansang[3]

Sangsil Chuphu[4] and Pakamon Pintana[5]

[1, 2, 3, 4] Energy Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

[5] Energy Conservation Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University

[*] Email: patipat.than@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพโดยมีวิธีการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ดักจับก๊าซไฮโดรเจนไดออกไซด์และความชื้น โดยใช้สนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์บรรจุในคอลัมน์และต่อให้ก๊าซชีวภาพไหลผ่านแบบอนุกรม ทำการทดลอง 3 วัน วันละ 3 ครั้ง เวลาในการตรวจวัด 3 ช่วงเวลา คือ เช้า 07:00 นาฬิกา บ่าย 13:00 นาฬิกา เย็น 19:00 นาฬิกา โดยวัดอุณหภูมิ ความชื้น อัตราการไหล ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซมีเทน จากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ พบว่า สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ 100% และมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นได้ 46.90% ที่ปริมาณถ่านกัมมันต์จาก 0.5 กิโลกรัม จากนั้นเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์เป็น 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม พบว่า มีประสิทธิภาพการลดความชื้นเพิ่มขึ้น โดยถ่านกัมมันต์สามารถดักจับความชื้นได้ดีในช่วงแรกเมื่อเวลาผ่านไป ความสามารถในการดักจับความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในครัวเรือนที่มีการหุงต้มอาหาร ซึ่งใช้เวลาไม่นาน

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, ถ่านกัมมันต์, สนิมเหล็ก, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Abstract

The objective of this study is to establish and to test the biogas quality improvement system. In order to improve the quality of biogas, the defector is designed for detection the hydrogen and the humidity by using rusted steel and activated charcoal. Three times test a day for three days are collected at 7:00 in the morning, 1.00 in the afternoon and 7:00 in the evening. The measurement factors include temperature, moisture content, biogas flow rate, hydrogen sulfide content, and methane content. The results found that the efficiency of

0.5 kg activated charcoal can be eliminated 100 percent for hydrogen sulfide and 46.90 percent of moisture content. The increasing of the amount of charcoal from 0.5 kg to 1 kg and 2 kg shows that the performance of moisture content reduction is increased. Also, the activated charcoal is able to trap moisture well through the time and rapidly decrease later. Therefore, it is suitable to apply in short time cooking households.

Keyword: Biogas, Activated Carbon, Iron Rust Powder, Sulfur Dioxide Gas

1. บทนำ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดจากการที่แบคทีเรียทำปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ซึ่งสารอินทรีย์ที่นำมาใช้ในกระบวนผลิตนั้นมาจากหลายแหล่ง เช่น น้ำเสีย เศษอาหาร มูลสัตว์ เศษวัสดุทางการเกษตรหรือแม้แต่น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ นอกจากนี้ปัจจุบันในประเทศไทยมีของเสียและน้ำเสียจากกระบวนการผลิตต่างๆ หรือจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน แม้แต่ในระดับชุมชนซึ่งมาจากมูลสัตว์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำเสีย เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ต่างๆ เศษวัสดุทางการเกษตร ฯลฯ ซึ่งมีปริมาณมากพอในการผลิตก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% และก๊าซอื่นๆ อีก เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ (H_2O) (กระทรวงพลังงาน, 2560) ซึ่งมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่าย จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มได้ ก๊าซชีวภาพนั้นยังมีผลเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตอยู่ซึ่งเกิดจากสารประกอบบางอย่างที่ออกมาจากกระบวนการผลิต คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำหรือความชื้น ซึ่งส่วนประกอบของก๊าซเหล่านี้ส่งผลเสียต่อกระบวนการผลิต คือ ทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือเกิดการสึกหรอ มีการอุดตันภายในท่อของระบบและเกิดการกัดกร่อนวัสดุ ทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหาย จึงมีการคิดระบบบำบัดก๊าซชีวภาพขึ้นเพื่อกำจัดก๊าซที่ออกมาจากกระบวนการผลิตเหล่านี้ออกไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและลดปัญหาการสึกกร่อนของอุปกรณ์ (Clean Technology, 2559) โดยวิธีการบำบัดส่วนใหญ่ที่นิยมเลือกใช้คือ เทคนิคการดูดซับด้วยสารละลายด่าง เช่น สารละลายปูนขาว สารละลาย NaOH และอื่นๆ (Kapdi, S. S. et.al., 2005) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนที่สามารถทำได้ง่าย วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้หาไม่ยาก ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ดูแลรักษาง่าย มีประสิทธิภาพมากพอในการบำบัดและมีราคาถูก โดยได้พิจารณาการนำผงสนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์มาใช้ร่วมกันในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความชื้นในก๊าซชีวภาพ สำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในระดับชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อสร้างและทดสอบอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพต้นแบบสำหรับชุมชน

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซชีวภาพโดยใช้สนิมเหล็กและถ่านกัมมันต์ร่วมกัน

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง ใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตในชุมชนเป็นหลัก

3.2 วัสดุที่นำมาใช้สำหรับบำบัดก๊าซชีวภาพคือ ผงสนิมเหล็กอัดเม็ดและถ่านกัมมันต์

3.3 ระบบบำบัดก๊าซชีวภาพที่พัฒนาขึ้นเป็นต้นแบบ ขนาดห้องปฏิบัติการ

4. วิธีการวิจัย

4.1 การออกแบบโครงสร้างระบบบำบัดก๊าซชีวภาพ

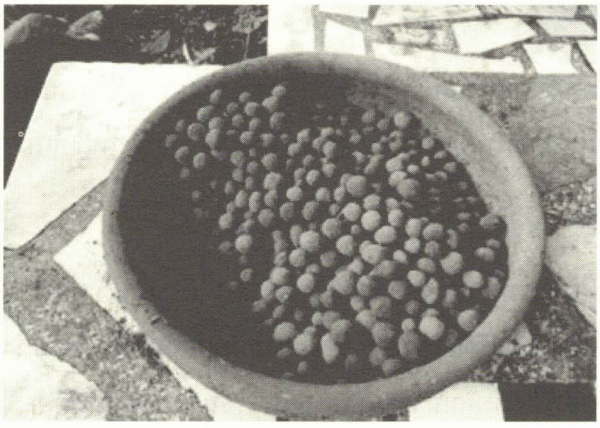
หลักการออกแบบชุดพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน มีการต่อยอดชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้คือ ท่อ PVC ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและเหมาะสมกับชุมชน ซึ่งประกอบไปด้วยคอลัมน์สนิมเหล็ก และคอลัมน์ถ่านกัมมันต์ ต่ออนุกรมกันโดยมีก๊าซชีวภาพไหลเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบนของคอลัมน์

4.2 ตัวแปรที่นำมาใช้ในการทดลอง

4.2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ถ่านกำมันต์ และผงสนิมเหล็ก แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

4.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และความชื้นในก๊าซชีวภาพในตำแหน่งตรวจวัดต่างๆ

ภาพที่ 1 แสดงภาพถ่านกัมมันต์



ภาพที่ 2 แสดงภาพสนิมเหล็ก

4.2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จะมีค่าประมาณ 600-1,000 ตารางเมตรต่อกรัม (อภิสิฏฐ์ คงสะเสน, 2560) ปริมาณผงถ่านกัมมันต์และสนิมเหล็กที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์สำหรับปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.1 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา ยี่ห้อ Geotech รุ่น Biogas Check 5000 วัดค่าก๊าซออกซิเจน (O_2) มีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

4.3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นการวัดปริมาณไอน้ำในอากาศเทียบกับปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศจะแบกรับได้ มีหน่วยเป็น % RH ยี่ห้อ Fluke รุ่น 971

4.3.3 เครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซ (Gas Flow) เป็นเครื่องวัดการไหลของก๊าซที่สามารถวัดปริมาณความหนาแน่นของก๊าซ ยี่ห้อ Fluke รุ่น 922

4.4.4 ชุดอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งมีลักษณะการออกแบบเป็นคอลัมน์สำหรับบรรจุถ่านกัมมันต์และผงสนิมเหล็ก โดยปลายสุดของท่อก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ได้ออกแบบเป็นท่อหมุนวนไว้สำหรับดักน้ำที่ควบแน่นออกมาไม่ให้หลุดไปกับก๊าซ

4.4 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

4.4.1 ตรวจวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากบ่อหมัก เพื่อทดสอบหาช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยทดลองเวลา 07:00 นาฬิกา 13:00 นาฬิกา และ 19:00 นาฬิกา

4.4.2 พัฒนาชุดอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพแบบคอลัมน์ที่สามารถลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และความชื้นได้

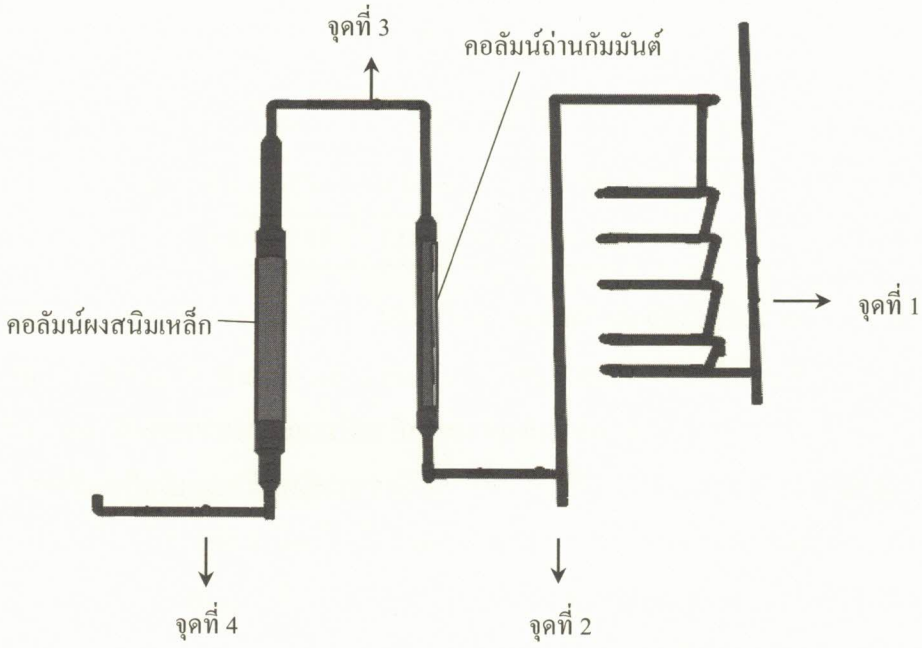
4.4.3 ติดตั้งอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนเข้ากับท่อส่งก๊าซชีวภาพจากบ่อหมัก

4.4.4 ทำการตรวจวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ณ จุดที่ 1 ใช้เวลาในการวัด 5 นาที จากนั้นทำการอ่านค่าและบันทึกผล

4.4.5 ทำการตรวจวัด อุณหภูมิ และความชื้น โดยรอให้ค่าคงที่ประมาณ 5 นาที จากนั้นอ่านค่าและบันทึกผล และทำการตรวจวัดในจุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 ตามลำดับ

4.4.6 ปรับปริมาณการใช้ผงสนิมเหล็กและถ่านกำมันต์ในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

4.4.7 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ และสรุปผล



ภาพที่ 3 แสดงภาพจุดวัดชุดพัฒนาอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพระดับชุมชน

5. ผลการวิจัยและอภิปราย

5.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาเวลาในการหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซ เพื่อหาเวลาที่มีก๊าซความชื้นสูง โดยเลือกตรวจวัด 3 ช่วงเวลา คือ 07:00 นาฬิกา 13:00 นาฬิกา และ 19:00 นาฬิกา โดยการตรวจวัดในแต่ละเวลาจะตรวจวัด 3 ครั้ง จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดก๊าซทั้ง 3 ช่วงเวลา จะเห็นว่า ในแต่ละช่วงเวลามีอุณหภูมิที่และความเข้มข้นของก๊าซที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากเวลาที่มีค่าความชื้น (H_2O) และค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สูงสุด นั้นคือ ช่วงบ่าย เวลา 13:00 นาฬิกา ดังนั้น เวลาที่เหมาะสมในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ คือ ช่วงเวลา 13:00 นาฬิกา

ตารางที่ 1 แสดงตารางค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดใน 3 ช่วงเวลา

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม เฉลี่ย ± S.D.	ก๊าซชีวภาพก่อนเข้าระบบบำบัด					
		ความเร็ว	อัตราการไหล	H_2S เฉลี่ย ± S.D.	CH_4 เฉลี่ย ± S.D.	H_2O เฉลี่ย ± S.D.	อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ เฉลี่ย ± S.D.
		(m/s)	(m^3/s)	(ppm)	(%)	(%)	(C)
07:00	23.7 ± 0.5	3.52	0.105	558.9 ± 28.1	38.93 ± 6.0	81.26 ± 2.6	24.38 ± 1.1
13:00	31.7 ± 0.5	1.89	0.056	782.2 ± 69.2	62.72 ± 1.5	88.9 ± 1.2	32.3 ± 0.6
19:00	26.4 ± 0.9	1.21	0.036	776.7 ± 103.1	63.19 ± 3.1	80.27 ± 2.8	26.9 ± 0.5

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจสอบในแต่ละจุด จะเห็นว่าอัตราการไหลจากการตรวจวัดจากจุดที่ 1 คือ ก่อนเข้าระบบมีอัตราการไหล 0.096 m^3/s และเมื่อก๊าซเดินทางไปยังจุดที่ 2 คือ ก๊าซผ่านเข้าระบบแล้วเหลือเพียง 0.070 m^3/s เนื่องจากการเดินทางของก๊าซมีระยะทางจากบ่อหมักถึงชุดบำบัดค่อนข้างไกลและก๊าซยังต้องเดินทางผ่านชุดดักความชื้น ทำให้การมีอัตราการไหลช้าและเมื่อก๊าซเดินทางไปยังจุดที่ 3 ผ่านคอลัมน์สนิมเหล็กแล้วมีอัตราการไหล 0.062 m^3/s และเมื่อก๊าซผ่านจุดที่ 4 โดยต้องเดินทางผ่านถ่านกัมมันต์ที่เป็นแบบเกล็ด มีความหนาแน่นสูง ทำให้อัตราการไหลเหลือเพียง 0.054 m^3/s นอกจากนี้จะเห็นว่าองค์ประกอบของก๊าซมีความแตกต่างกันด้วยคือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และ ความชื้น (H_2O) จากจุดที่ 1 ที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 90.2% เมื่อผ่านมายังจุดที่ 2 มีค่าลดลง เนื่องจากสนิมเหล็กอาจจับความชื้นได้บางส่วนและเมื่อถึงจุดที่ 4 ผ่านคอลัมน์ถ่านกัมมันต์แล้ว ค่าความชื้นเหลือเพียง 47.9% เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีลักษณะโครงสร้างรูพรุนสูง สามารถดักจับความชื้นได้ดี

ตารางที่ 2 แสดงตารางค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจสอบแต่ละจุด

จุดตรวจวัด	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	ความเร็ว เฉลี่ย ± S.D.	อัตราการไหล เฉลี่ย ± S.D.	H_2S (ppm) เฉลี่ย	H_2O (%) เฉลี่ย ± S.D.	อุณหภูมิก๊าซชีวภาพ
	°C	m/s	m^3/s	ppm	%	°C
1	33.5	3.24 ± 0.043	0.096 ± 0.002	782.2	90.2 ± 1.35	33.9
2	33.4	2.35 ± 0.062	0.070 ± 0.005	796.7	89.6 ± 1.65	33.5
3	33.5	2.10 ± 0.056	0.062 ± 0.004	0	84.2 ± 0.95	33.7
4	33.5	1.81 ± 0.072	0.054 ± 0.002	0	47.9 ± 0.65	33.9

5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของค่าความชื้น

การใช้ผงสนิมเหล็กสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ 100% จึงไม่ทำการปรับปริมาณการใช้ผงสนิมเหล็กอีก โดยในการทดลองใช้ผงสนิมเหล็กในคอลัมน์ทั้งหมด 2.5 kg. คิดเป็นสัดส่วนต่ออัตราการไหล 26 kg.s/m^3 สำหรับในส่วนของการกำจัดความชื้น ซึ่งยังไม่สามารถปรับลดได้เท่าที่ควร จึงทำการปรับปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมเข้าไป

การหาประสิทธิภาพการลดลงของความชื้น อธิบายด้วยสมการที่ 1 (Tippayawong, N., Thanompongchart, P., 2010)

$$\eta = \frac{\left|\text{Mositure}_{\text{In}} - \text{Mositure}_{\text{Out}}\right|}{\text{Mositure}_{\text{in}}} \times 100\% \qquad (1)$$

โดย Mositure_{out} คือ ความชื้นของก๊าซที่ผ่านระบบบำบัดจากชุดอุปกรณ์บำบัดก๊าซแล้ว

Mositure_{in} คือ ความชื้นของก๊าซที่ออกจากบ่อหมักก่อนได้รับการบำบัดจากชุดบำบัด

การหาประสิทธิภาพจะหาจากค่าก๊าซชีวภาพที่ออกจากระบบปรับปรุง คือ ค่าจากตารางทดสอบประสิทธิภาพ ส่วนก๊าซชีวภาพที่ไหลเข้าระบบปรับปรุงจะใช้ค่าจากตารางในการเลือกเวลาและใช้เวลา 13:00 นาฬิกา ในการมาคำนวณ โดยจะแสดงรายละเอียดองค์ประกอบของก๊าซ เมื่อผ่านชุดบำบัดก๊าซแล้วออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ พิจารณาเมื่อผ่านจุดตรวจวัดแต่ละจุด แสดงในตารางที่ 3 จะเห็นว่า จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 คือ จากจุดเริ่มต้นหรือก่อนเข้าระบบผ่านชุดดักความชื้น สามารถดักจับความชื้นได้ 0.66% จากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 คือ จากจุดที่ก๊าซไหลจากชุดดักความชื้นผ่านคอลัมน์สนิมเหล็กสามารถดักจับความชื้นได้ 6.02% จากจุดที่ 3 ไปจุดที่ 4 คือ จากจุดที่ก๊าซไหลจากคอลัมน์สนิมเหล็กผ่านคอลัมน์ถ่านกัมมันต์ สามารถดักจับความชื้นได้ 43.11% และจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 4 คือ จากก่อนเข้าระบบบำบัด จนถึงจุดที่ออกจากระบบปรับปรุงคุณภาพ หรือเมื่อผ่านระบบบำบัดแล้ว สามารถดักจับความชื้นได้ 46.90% จากการใช้ถ่านกัมมันต์ 0.5 กิโลกรัม แสดงข้อมูลการลดลงของความชื้นในตารางที่ 3 ณ จุดต่างๆ โดยเมื่อสนิมเหล็กดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วจะเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีดำ เมื่อผงสนิมเหล็กดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จนอิ่มตัวแล้วจะต้องมีการเปลี่ยนผงสนิมเหล็กใหม่มาทดแทน และนำผงสนิมเหล็กที่อิ่มตัวด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปฟื้นสภาพ (Regenerate) ด้วยการนำไปตากแดดจนสีของสนิมเหล็กเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีแดงเหมือนเดิม และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (เจษฎา มิ่งฉาย, 2558)

ประสิทธิภาพในการดักจับความชื้นต่อปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ตามระยะเวลาในการทดสอบจะเห็นว่าที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.5 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพการดักจับความชื้นเริ่มต้นในนาทีที่ 1 อยู่ที่ 43.71% จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที ประสิทธิภาพการดักจับความชื้นค่อนข้างคงที่ นั่นคือ ถ่านสามารถดักจับความชื้นได้ดี เนื่องจากก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวก เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์เป็น 1 กิโลกรัม ค่าการดัก

จับความชื้นในนาทีที่ 1 อยู่ที่ 58.67% เมื่อเทียบกับตอนใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0.5.กิโลกรัม จะมีประสิทธิภาพการดักจับความชื้นได้น้อยลงและเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที จะเห็นว่าความสามารถในการดักจับความชื้นลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากก๊าซไหลผ่านได้ยากขึ้น เมื่อผ่านมาได้ระยะหนึ่งแล้วสามารถไหลผ่านได้จึงทำให้สามารถลดความชื้นได้เพิ่มขึ้น และที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ 2 กิโลกรัม ประสิทธิภาพในการดักจับความชื้นอยู่ที่ 63.74% ซึ่งลดลง และเมื่อผ่านไป 15 นาที ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากก๊าซเดินทางผ่านถ่านได้ยากมากขึ้น มีที่ว่างน้อยมาก ทำให้ก๊าซมีการถูกกักหรือติดอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ทำให้ถ่านอุ้มความชื้นไว้มากขึ้น และเมื่อก๊าซบางส่วนสามารถเดินทางไหลผ่านถ่านมาได้ ก็มีความชื้นลดลงเกือบเทียบเท่าตอนใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0.5 กิโลกรัม แสดงในกราฟที่ 1 ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกสามารถดักจับความชื้นได้ดี แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ความสามารถในการดักจับความชื้นของถ่านก็ลดลง เกิดจากหลายปัจจัย เช่น ก๊าซเดินทางผ่านถ่านได้ไม่สะดวก ถ่านมีความละเอียดสูง มีลักษณะเป็นเกล็ด มีช่องว่างในการให้ก๊าซไหลผ่านน้อยมาก หรือใส่ Bio-Ball น้อยเกินไป (Thanompongchart, P., Tippayawong, N., 2009) ทำให้ก๊าซถูกกักอยู่ในคอลัมน์และอุ้มความชื้นไว้มาก และไม่มีรูพรุนในการดักความชื้นมากพอ ทำให้ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลง มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมคือ อาจมีการออกแบบรูปแบบภายในคอลัมน์ใหม่ ให้ก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวกขึ้น จะช่วยให้ก๊าซไม่ถูกกักและถ่านไม่อุ้มความชื้น ถ่านจึงจะสามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้น

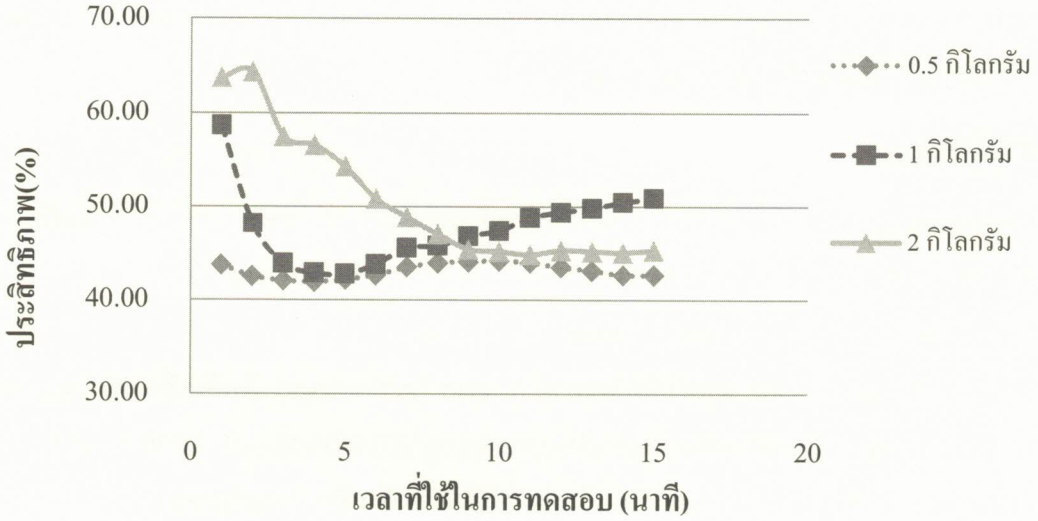
ตารางที่ 3 แสดงตารางประสิทธิภาพในการลดความชื้น

ตำแหน่งการวัดค่า	ประสิทธิภาพในการลดความชื้น (%)
จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2	0.66
จากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 (ผ่านคอลัมน์สนิมเหล็ก)	6.02
จากจุดที่ 3 ไปจุดที่ 4 (ผ่านคอลัมน์ถ่านกัมมันต์ 0.5 กิโลกรัม)	43.11
จากจุดที่ 1 เริ่มต้น จนถึงจุดที่ 4	46.90

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยค่าความชื้นของก๊าซ โดยปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการตั้งต้น คือ 0.5 กิโลกรัม สามารถวัดค่าความชื้นได้ 47.9% จากก๊าซขาเข้า 84.2% คือ ถ่านกัมมันต์สามารถดักความชื้นได้ 46.90% จากนั้นจึงทำการเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์เป็น 1 กิโลกรัม วัดปริมาณความชื้นได้ 45.0% คือ ถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดความชื้นได้ 47.6 และเมื่อเพิ่มถ่านกัมมันต์เป็น 2 กิโลกรัม ตรวจวัดความชื้นได้ 42.7% คือ ถ่านกัมมันต์สามารถลดความชื้นได้ 50.61% โดยเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์แล้ว ถ่านกัมมันต์สามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้นเนื่องจากถ่านกัมมันต์มากขึ้น จึงมีรูพรุนในการดักจับความชื้นมากขึ้นในขณะเดียวกัน อัตราการไหลลดลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มถ่านกัมมันต์ เนื่องจากถ่านมีความละเอียด มีลักษณะเป็นเกล็ด ทำให้ก๊าซเดินทางผ่านได้ยาก จึงมีอัตราการไหลน้อยมาก หากต้องการให้ถ่านกัมมันต์สามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้น สามารถ

เพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ขึ้น แต่ควรออกแบบพื้นที่ในคอลัมน์ให้มากขึ้นหรือเพิ่มปริมาณช่องว่างในคอลัมน์ให้ก๊าซสามารถไหลได้สะดวกขึ้น

ชุดปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้นมีต้นทุนในการสร้าง 350 บาท และถ่านกัมมันต์ที่ใช้ผงสนิมเหล็ก สามารถหาได้ตามท้องถิ่น ราคาไม่แพง จึงทำให้ระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีความน่าลงทุนในการพัฒนาต่อยอดให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป



กราฟที่ 1 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพในการดักจับความชื้นของการใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อเวลา

ตารางที่ 4 แสดงตารางค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองหาปริมาณถ่านกัมมันต์

ปริมาณถ่านกัมมันต์ (กิโลกรัม)	ก๊าซเข้า (H_2O)	ความเร็วลม เฉลี่ย ± S.D (m/s)	อัตราการไหล เฉลี่ย ± S.D (m^3/s)	H_2O เฉลี่ย ± S.D (%RH)	ประสิทธิภาพ (%)
0.5	84.2	1.81 ± 0.072	0.054 ± 0.002	47.9 ±0.657	46.90
1	85.9	1.31 ± 0.320	0.039 ± 0.010	45.0 ± 3.514	47.6
2	86.6	45.0 ± 3.514	0.022 ± 0.004	42.7 ± 6.045	50.61

6. สรุป

ผลที่จากการทดสอบคือ ในช่วงแรกสามารถดักจับความชื้นได้ดี แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะเวลาหนึ่งความสามารถในการดักจับความชื้นของถ่านก็ลดลง เกิดจากหลายปัจจัย เช่น ก๊าซเดินทางผ่านถ่านได้ไม่สะดวก ถ่านมีความละเอียดสูง มีลักษณะเป็นเกล็ด มีช่องว่างในการให้ก๊าซไหลผ่านน้อยมาก หรือใส่ Bio-Ball น้อยเกินไป ทำให้ก๊าซถูกกักอยู่ในคอลัมน์และอุ้มความชื้นไว้มาก และไม่มีรูพรุนในการดักความชื้นมากพอทำให้ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลง นอกจากนี้ยังแสดงได้ว่าการเพิ่มปริมาณถ่านไม่ได้ช่วย

ให้สามารถดักจับได้ดีขึ้น แต่ทำให้ความสามารถในการดักจับความชื้นลดลง แต่แนวทางแก้ไขคือ อาจมีการออกแบบรูปแบบภายในคอลัมน์ใหม่ ให้ก๊าซสามารถไหลผ่านได้สะดวกขึ้น จะช่วยให้ก๊าซไม่ถูกกักและถ่านไม่อุ้มความชื้น ถ่านจึงจะสามารถดักจับความชื้นได้ดีขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญานิพนธ์ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และชุมชนหมู่ที่ 7 ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

8. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). *การออกแบบการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์.* กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

เจษฎา มิ่งฉาย. (2558). ชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ: กิจการเพื่อสังคมสำหรับเกษตรกรรายย่อย. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 7*(1), 47-58.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2556). *เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology).* สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2560, จาก http://www.thaitextile.org/index.php/blog/2016/06/Ebook_0206201601

อภิสิฏฐ์ คงสะเสน. (2560). *การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่.* สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2560, https://pirun.ku.ac.th/~fsciass/PDF/special%20lecture/preparation-activated-C-form-bamboo.pdf

Kapdi, S. S., Vijay, V. K., Rajesh, S. K., Prasad, R., (2005), Biogas scrubbing, compression and storage: perspective and prospectus in Indian context. *Renewable Energy, 30*(8), 1195-1202.

Tippayawong, N., Thanompongchart, P., (2010), Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO_2 and H_2S in a packed column reactor. *Energy, 35*(12), 4531-4535.

Thanompongchart, P., Tippayawong, N., (2009), Separation of carbon dioxide from biogas using monoethanolamine absorption in a packed column, 5th Conference on Energy Network of Thailand, 29 April - 1 May, Phitsanulok, Thailand.

การประเมินทางการยศาสตร์เพื่อปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการกรอด้าย

Ergonomics Assessment in Improving the Work for the Winding Process

ศุทธินี กล่อมแสร์[1*] และเรือนขวัญ หรุ่นเริงใจ[2]

[1, 2] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Sutthinee Klomsae[1*] and Rueankhwan Roonreangjai[2]

[1, 2] Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาทางการยศาสตร์ของการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายของกลุ่มสตรีทอผ้าบ้านร่องยางด้วยวิธี Rapid Upper Limp Assessment (RULA) และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยผลการประเมินก่อนการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนมีคะแนนเท่ากับ 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแปลความว่า การออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น เนื่องจากในการกรอด้ายจะมีการใช้แขนและข้อมือปฏิบัติงานแบบซ้ำๆ เพื่อบังคับเส้นด้ายเข้าสู่หลอดกรอ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดอาการปวดเมื่อย ดังนั้นในการปรับปรุงการทำงานจึงได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องกรอด้ายแบบดรัมให้มีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับลูกดรัมให้หมุน เพื่อดึงเส้นด้ายจากชุดลำเลียงเข้าสู่หลอดกรอ ส่งผลให้การประเมินการทำงานภายหลังการปรับปรุงมีคะแนนเท่ากับ 2 ซึ่งแปลความว่า งานนั้นยอมรับได้ โดยผลการปรับปรุงวิธีการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนมีประสิทธิภาพคิดเป็น 1.83 และ 1.48 เท่าของการทำงานแบบก่อนการปรับปรุง

คำสำคัญ: เครื่องกรอด้ายแบบดรัม, การยศาสตร์, วิธี RULA, การกรอด้าย

Abstract

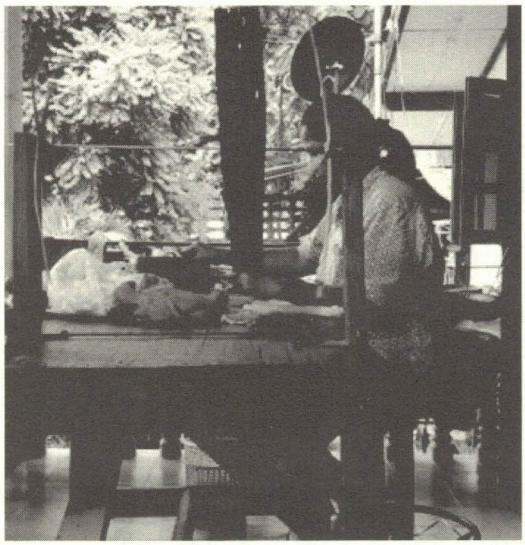
The purpose of this research is to study the ergonomics problems in the winding process of the Ban Rong Yang weaving woman group and to advise the way of improvement by using RULA techniques. The results show that the performances before adjusting the weft and warp winding process are 3 and 4, respectively. It means that the winding process may need to redesign. According to the thread winding process, the spinning of arms and wrists will be used repeatedly. It may cause body aches. Thus, this study will design and create the drum winding machine drive by AC motor as the primary power source to rotate the drum in order to pull the thread from the reciprocal to the cylinder. The results of this study show that the performance after adjustment turns to 2. It means the development process can be accepted. The result of the improvement of working methods in spinning and threading process is effective at 1.83 and 1.48 times of work before the improvement.

Keywords: Drum Winding Machine, Ergonomics, RULA Techniques, Thread Winding Process

1. บทนำ

กิจกรรมการทำงานด้วยมือ นับเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาทางการยศาสตร์ที่ผู้ทำงานประสบอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานด้วยมือเป็นลักษณะงานที่มักมีจำนวนรอบในการทำงานสูงและอาจต้องใช้แรงมาก แต่กล้ามเนื้อในมือนั้นเป็นกล้ามเนื้อมัดเล็ก มีเอ็น เส้นเลือดและเส้นประสาทมากมาย การทำงานด้วยมือยังต้องใช้กล้ามเนื้อมัดอื่นๆ ร่วมด้วย ดังนั้นการทำงานที่ใช้มือซ้ำๆ จึงทำให้เกิดการบาดเจ็บและเกิดพยาธิสภาพแก่กล้ามเนื้อมือและกล้ามเนื้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้ เช่น เกิดภาวะโรคพังผืดอุโมงค์มือ และเอ็นกล้ามเนื้ออักเสบ เป็นต้น (น้ำเงิน จันทรมณี, 2557)

อาชีพการทอผ้าด้วยมือเป็นอาชีพหนึ่งที่เสี่ยงต่ออาการผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เนื่องจากวิธีการทอผ้าด้วยมือต้องใช้กำลังคน ฝีมือ และความประณีตในชิ้นงาน ซึ่งมีหลายขั้นตอนที่ต้องใช้ท่าทางในการทำงานซ้ำๆ และใช้ระยะเวลายาวนาน ทำให้คนงานเกิดอาการผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในที่สุด (พัชรินทร์ ใจจุ้ม และทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพร, 2561)



ภาพที่ 1 การกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนด้วยเครื่องกรอด้ายไฟฟ้า

จากการศึกษาวิธีการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนของกลุ่มสตรีทอผ้าบ้านร่องยาง พบว่า การกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนเป็นขั้นตอนที่มีการใช้มือและต้องนั่งทำงานเป็นเวลานาน ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานมีอาการปวดเมื่อยบริเวณแขนและข้อมือ จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำหลักการยศาสตร์มาใช้ในประเมินการทำงานด้วยวิธี Rapid Upper Limb Assessment (RULA) และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงเพื่อช่วยลดปัญหาความเมื่อยล้าและอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจากการทำงานเป็นระยะเวลานาน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปัญหาทางการยศาสตร์ของการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายของกลุ่มสตรีทอผ้าบ้านร่องยางด้วยวิธี RULA

2.2 เพื่อนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงานในขั้นตอนการกรอด้าย

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ กลุ่มสตรีทอผ้าบ้านร่องยาง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ขอบเขตด้านเนื้อหา ได้แก่ การประเมินและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบฟอร์ม RULA สำหรับประเมินการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน

2) กล้องถ่ายภาพและวิดีโอบันทึกข้อมูลการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน

3) โปรแกรม Kinovea

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการกรอด้าย เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลในการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน โดยใช้ภาพถ่ายและวิดีโอบันทึกข้อมูลการทำงาน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน จะมีนำภาพถ่ายการทำงานมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Kinovea เพื่อประเมินลักษณะการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายด้วยวิธี RULA

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาและประเมินการทำงานก่อนการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้าย

ในการศึกษาและประเมินการทำงานก่อนการปรังปรุงขั้นตอนการกรอด้าย แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาและประเมินการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและการกรอด้ายยืนด้วยวิธี RULA ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

1) การศึกษาและประเมินการทำงานก่อนการปรังปรุงขั้นตอนการกรอด้ายพุ่ง มีผลการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบนมีมุมระหว่าง 20-45 องศา จึงมีคะแนนเป็น 2

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่างมีมุมอยู่ในแนวระดับระหว่าง 60-100 องศา วัดจากแนวดิ่ง จึงมีคะแนนเป็น

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือมีการเคลื่อนไหวทำมุมขึ้นหรือลงมากกว่า 15 องศา จึงมีคะแนนเป็น 3

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนข้อมือมีการหมุนข้อมือเล็กน้อย จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A เป็นการนำคะแนนจากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A จึงมีคะแนนเป็น 3

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน มีการเคลื่อนไหวซ้ำไปมาตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ มีแรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กิโลกรัม จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือในขั้นตอนที่ 5-7 จึงมีคะแนนเป็น 4 และให้เก็บคะแนนไว้ในขั้นตอนนี้ เพื่อใช้เปิดตาราง C ในการประเมินผลร่วมกับร่างกายส่วนที่เหลือ

ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ มีมุมในการก้มน้อยกว่า 10 องศา จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัวมีลำตัวตั้งตรง จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขามีลักษณะสมดุลและมีที่รองรับที่เหมาะสม จึงมีคะแนนเป็น 1

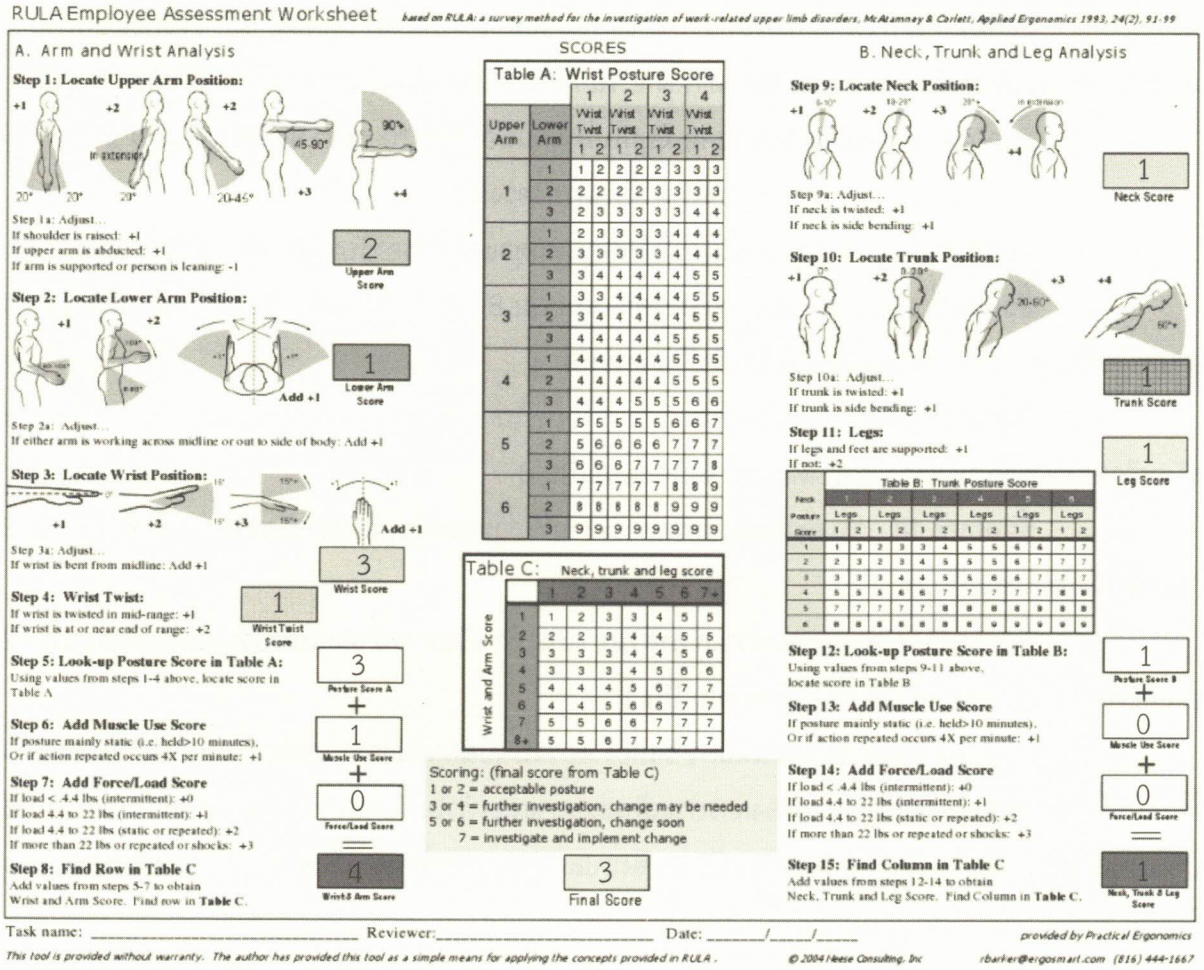
ขั้นตอนที่ 12 การคะแนนประเมินคะแนนกลุ่ม B เป็นการนำคะแนนจากขั้นตอนที่ 9-11 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน ไม่มีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิตหรือทำงานซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า มีภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 2 กิโลกรัม จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 15 สรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า เป็นการนำคะแนนประเมินในขั้นตอนที่ 12 รวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 13-14 จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 16 สรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม เป็นการนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือในขั้นตอนที่ 8 และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้าในขั้นตอนที่ 15 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม C มีคะแนนอยู่ในระดับ 3 ซึ่งแปลความว่า งานนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง การออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น



ภาพที่ 2 ผลการประเมินการกรอด้ายพุ่งด้วยวิธี RULA

2) การศึกษาและประเมินการทำงานก่อนการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้ายยืน มีผลการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบนมีมุมระหว่าง 20-45 องศา จึงมีคะแนนเป็น 2

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่างมีมุมอยู่ในแนวระดับระหว่าง 60-100 องศา วัดจากแนวดิ่ง จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือมีการเคลื่อนไหวทำมุมขึ้นหรือลงมากกว่า 15 องศา จึงมีคะแนนเป็น 3

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนข้อมือมีการหมุนข้อมือเล็กน้อย จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A เป็นการนำคะแนนจากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A จึงมีคะแนนเป็น 3

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน มีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิตนานกว่า 1 นาที และมีการเคลื่อนไหวซ้ำไปมาตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป จึงมีคะแนนเป็น 2

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ มีแรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กิโลกรัม จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือในขั้นตอนที่ 5-7 จึงมีคะแนนเป็น 5 และให้เก็บคะแนนไว้ในขั้นตอนนี้ เพื่อใช้เปิดตาราง C ในการประเมินผลร่วมกับร่างกายส่วนที่เหลือ

ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ มีมุมในการก้มน้อยกว่า 10 องศา จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัวมีลำตัวตั้งตรง จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขามีลักษณะสมดุลและมีที่รองรับที่เหมาะสม จึงมีคะแนนเป็น 1

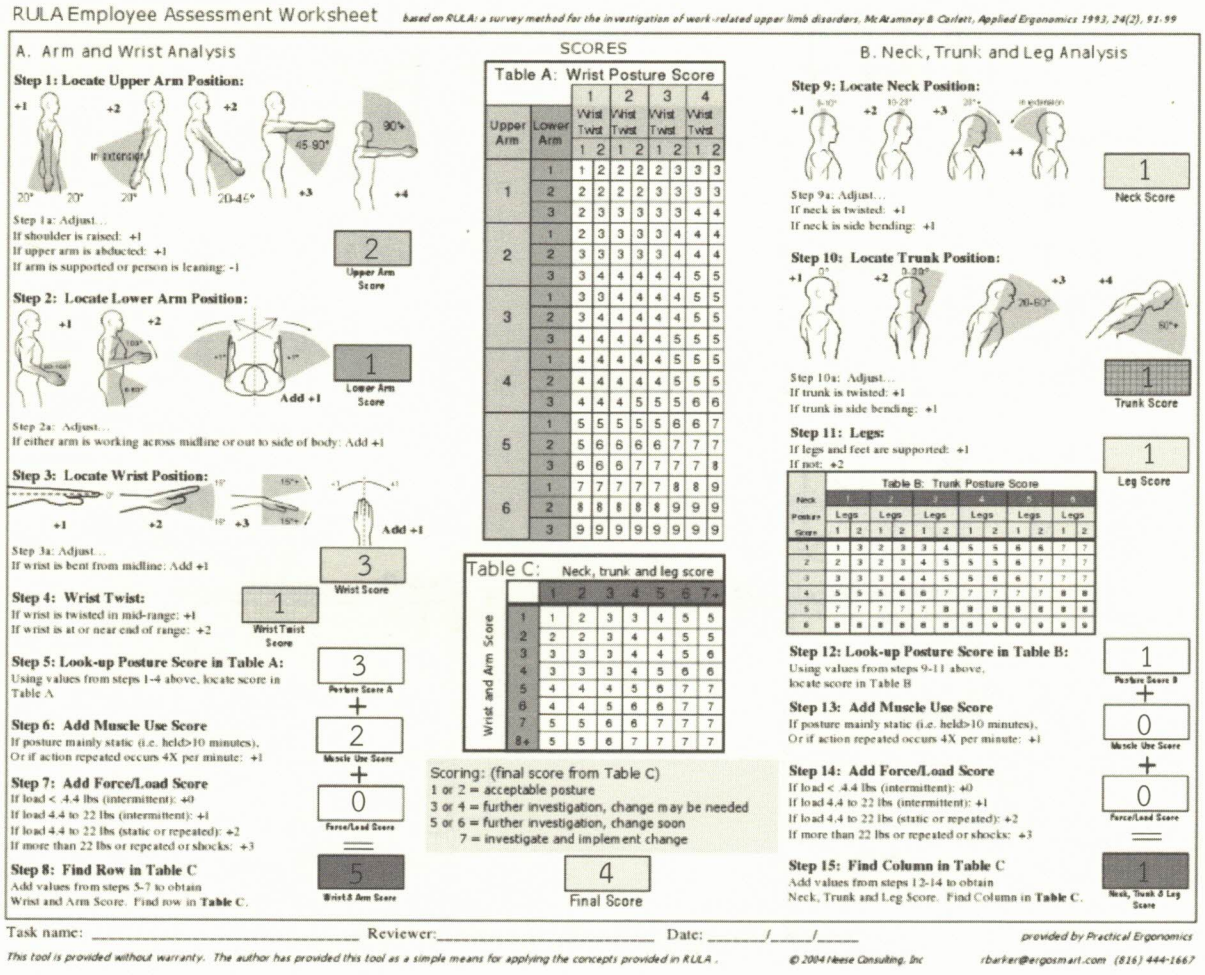
ขั้นตอนที่ 12 การคะแนนประเมินคะแนนกลุ่ม B เป็นการนำคะแนนจากขั้นตอนที่ 9-11 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน ไม่มีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิตหรือทำงานซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า มีภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 2 กิโลกรัม จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 15 สรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า เป็นการนำคะแนนประเมินในขั้นตอนที่ 12 รวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 13-14 จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 16 สรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม เป็นการนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือในขั้นตอนที่ 8 และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้าในขั้นตอนที่ 15 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม C มีคะแนนอยู่ในระดับ 4 ซึ่งแปลความหมายว่า งานนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง การออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น



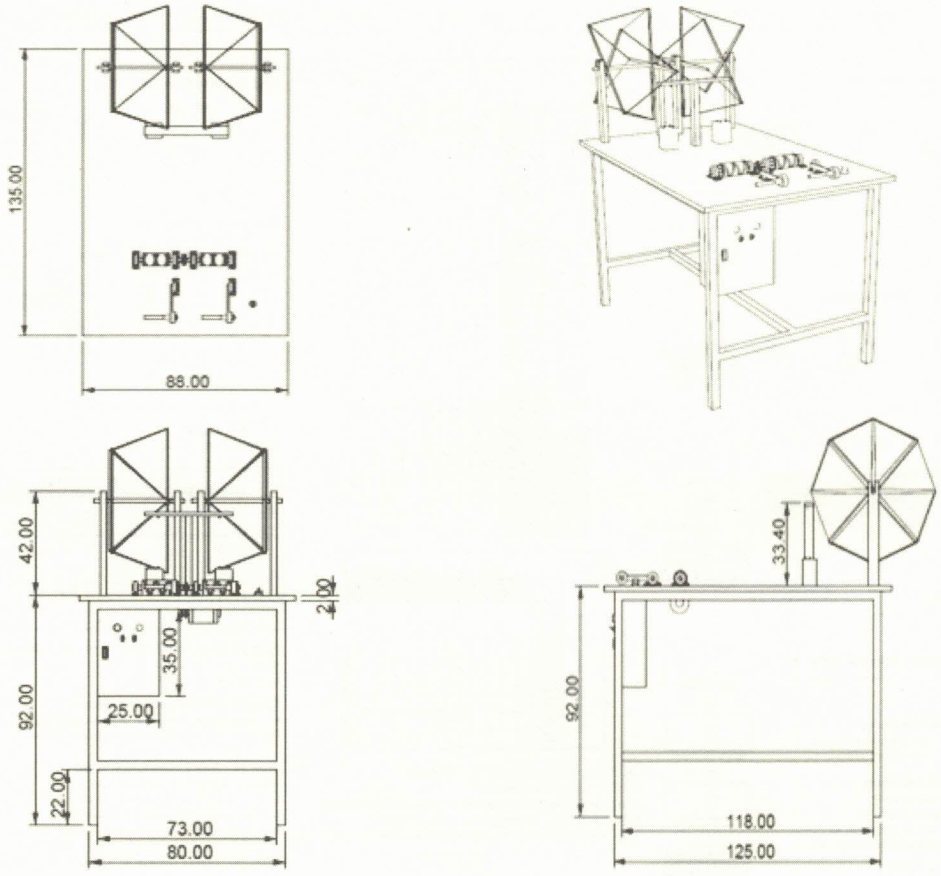
ภาพที่ 3 ผลการประเมินการกรอด้ายยืนด้วยวิธี RULA

4.2 ผลการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้าย

ในการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน สามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การออกแบบเครื่องกรอด้ายแบบดรัม และการประเมินการทำงานภายหลังการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้าย โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 การออกแบบเครื่องกรอด้ายแบบดรัม

จากผลการวิเคราะห์ทางการยศาสตร์ด้วยวิธี RULA พบว่า การกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนมีการใช้แขนและข้อมือในการเคลื่อนไหวเพื่อบังคับทิศทางของเส้นด้ายเข้าสู่หลอดด้าย โดยมีการปฏิบัติงานแบบซ้ำๆ เป็นเวลานาน ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ดังนั้นในการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้าย ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกรอด้ายแบบดรัมที่สามารถกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนในเครื่องเดียว (ภาพที่ 4) โดยมีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับลูกดรัมให้หมุน เพื่อดึงเส้นด้ายจากชุดลำเลียงเข้าสู่หลอดกรอ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาทางการยศาสตร์แก่ผู้ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 4 การออกแบบเครื่องกรอด้ายแบบดรัม

2) การประเมินการทำงานภายหลังการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้าย

การประเมินการทำงานภายหลังการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้ายด้วยเครื่องกรอด้ายแบบดรัม มีผลการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบนมีมุมไปข้างหน้าไม่เกิน 20 องศา จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่างมีมุมอยู่ในแนวระดับระหว่าง 60-100 องศา วัดจากแนวดิ่ง จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือมีการเคลื่อนไหวทำมุมระหว่าง 0-15 องศา และมีการเอียงข้อมือเพื่อบิดเปิดสวิตช์เครื่องกรอด้าย จึงมีคะแนนเป็น 3

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนข้อมือมีการหมุนข้อมือเล็กน้อย จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A เป็นการนำคะแนนจากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A จึงมีคะแนนเป็น 2

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน ไม่มีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิตหรือทำงานซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ มีแรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กิโลกรัม จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือในขั้นตอนที่ 5-7 จึงมีคะแนนเป็น 2 และให้เก็บคะแนนไว้ในขั้นตอนนี้ เพื่อใช้เปิดตาราง C ในการประเมินผลร่วมกับร่างกายส่วนที่เหลือ

ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ มีมุมในการก้มน้อยกว่า 10 องศา จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัวมีลำตัวตั้งตรง จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขามีลักษณะสมดุลและมีที่รองรับที่เหมาะสม จึงมีคะแนนเป็น 1

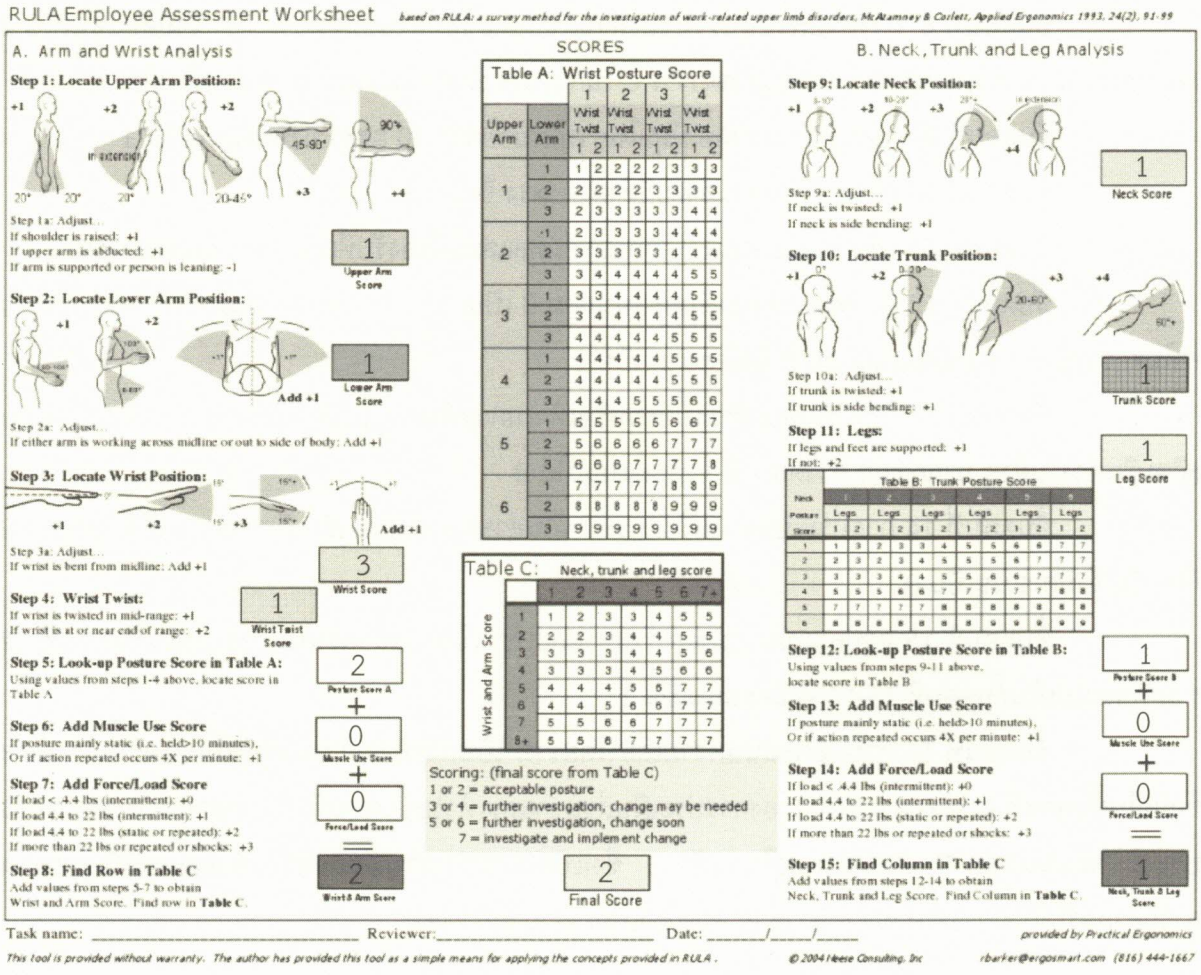
ขั้นตอนที่ 12 การคะแนนประเมินคะแนนกลุ่ม B เป็นการนำคะแนนจากขั้นตอนที่ 9-11 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน ไม่มีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิตหรือทำงานซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที จึงมีคะแนนเป็น 0

ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า มีภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 2 กิโลกรัม จึงมีคะแนนเป็น 0

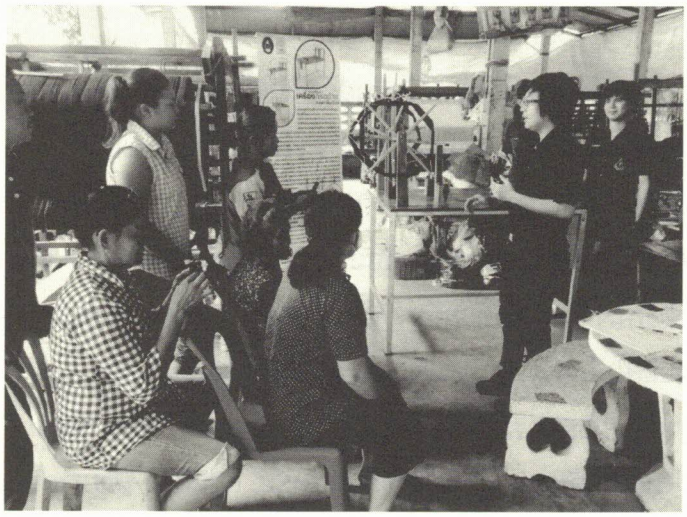
ขั้นตอนที่ 15 สรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า เป็นการนำคะแนนประเมินในขั้นตอนที่ 12 รวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 13-14 จึงมีคะแนนเป็น 1

ขั้นตอนที่ 16 สรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม เป็นการนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือในขั้นตอนที่ 8 และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้าในขั้นตอนที่ 15 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม C มีคะแนนอยู่ในระดับ 2 ซึ่งแปลความว่า งานนั้นยอมรับได้ แต่อาจมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม



ภาพที่ 5 ผลการประเมินการกรอด้ายภายหลังการปรับปรุงด้วยวิธี RULA

ทั้งนี้จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานแบบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า การปรับปรุงวิธีการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืน โดยออกแบบและสร้างเครื่องกรอด้ายแบบดรัมที่มีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลังมีประสิทธิภาพในการกรอด้ายคิดเป็น 1.83 และ 1.48 เท่าของการทำงานแบบก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 6 การลงพื้นที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องกรอด้ายแบบดรัม

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการประเมินการทำงานก่อนการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้ายพุ่งและด้ายยืนด้วยวิธี RULA มีคะแนนเท่ากับ 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งแปลความหมายได้ว่า งานนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง การออกแบบงานใหม่มีความจำเป็น เนื่องจากการใช้แขนและข้อมือในการเคลื่อนไหวเพื่อบังคับทิศทางของเส้นด้ายเข้าสู่หลอดด้าย ก่อให้เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจากการทำงานเป็นระยะเวลานาน

การปรับปรุงวิธีการทำงานในขั้นตอนการกรอด้าย โดยออกแบบและสร้างเครื่องกรอด้ายแบบดรัมที่มีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับลูกดรัม เพื่อดึงเส้นด้ายจากชุดลำเลียงเข้าสู่หลอดกรอแทนการใช้มือ ผลการประเมินภายหลังการปรับปรุงขั้นตอนการกรอด้ายด้วยวิธี RULA มีคะแนนเท่ากับ 2 แปลความได้ว่า งานนั้นยอมรับได้ และสอดคล้องกับผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มสตรีทอผ้าบ้านร่องยางต่อเครื่องกรอด้ายแบบดรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.45 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในประเด็นการลดความเมื่อยล้าในการปฏิบัติงานมากที่สุด เท่ากับ 4.86 อยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการนำเครื่องกรอด้ายแบบดรัมมาใช้ในการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการกรอด้ายทำให้ปัญหาทางการยศาสตร์ลดลง และส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การประเมินการทำงานโดยใช้หลักการทางการยศาสตร์ หากมีการนำเครื่องมือวัดทางการยศาสตร์อื่นๆ มาใช้จะทำให้ได้ผลที่มีความละเอียดมากขึ้น

6.2 ควรออกแบบให้เครื่องกรอด้ายแบบดรัมสามารถปรับระดับความสูงได้ เพื่อให้เหมาะสมกับสรีระของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน

7. เอกสารอ้างอิง

น้ำเงิน จันทรมณี. (2557). *การพัฒนาปรับปรุงเครื่องทอผ้าด้วยมือตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเสี่ยงจากการทำงาน.* วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พัชรินทร์ ใจจุ้ม และทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพร. (2561). ประสิทธิผลของการจัดโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อร่วมกับการให้ความรู้ด้านการยศาสตร์เพื่อลดอาการปวดเมื่อยหลัง และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังของคนงานทอผ้าด้วยมือ ตำบลแม่แรง อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 20*(3), 29-39.

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). *การศึกษางานอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ: ท้อป.

รณชัย เชลียงรัชต์ชัย, รุจิรา เสือจันทร์, และสุวิชญา สกุลงาม. (2551). *ปัญหาความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของผู้ประกอบอาชีพทอผ้าพื้นเมือง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย.* วิทยานิพนธ์ สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วันชัย ริจิรวนิช. (2555). *การศึกษาการทำงาน: หลักการและกรณีศึกษา.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุทธินี กล่อมแสร์. (2561). การพัฒนาเครื่องกรอด้ายแบบดรัมสำหรับทอผ้าพื้นเมือง. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH, 13*(2), 91-101.

การวิเคราะห์ศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

An Analysis of Potency and Success Factors in Logistics Export Operation of Community Enterprise in Amphur Muang Uttaradit Province

ภัทร์อร ฟองสินธุ์[1*] และปริญญา ดีรัศมี[2]
[1, 2] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Patorn Fongsin[1*] and Prinya Deerasmee[2]
[1, 2] Uttaradit Rajabhat University
[*]E-mail: f.patorn@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อหาศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยศึกษาข้อมูลจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนแล้ว จำนวน 123 ราย จากจำนวนประชากรทั้งหมด 172 ราย ผลจากการวิจัยพบว่า โดยศักยภาพที่มีความพร้อมสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ คุณภาพของถนนเพื่อการส่งออก การบรรจุหีบห่อ และคุณภาพของบรรจุภัณฑ์สำหรับการส่งออก ตามลำดับ ส่วนศักยภาพที่มีความพร้อมต่ำสุด 3 ลำดับ ได้แก่ การวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า กฎระเบียบด้านการส่งออก และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ พันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ และการวางแผนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตามลำดับ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการให้ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยเหลือในด้านการใช้เทคโนโลยีในการดำเนินงานเพื่อการส่งออก มากที่สุด รองลงมาคือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน

คำสำคัญ: ศักยภาพ, ปัจจัยสู่ความสำเร็จ, โลจิสติกส์การส่งออก

Abstract

This study aims to find the potency and success factors in logistics export operation of community enterprise in Amphur Muang Uttaradit Province. The sample size of this study is 123 persons from 172 persons those were registered member of community enterprise in Amphur Muang Uttaradit. The results found that 3 first order of potency in logistics export operation of community enterprise in Amphur Muang Uttaradit are road structure, external appearance packaging and quality of packaging for exporting. And three first order of

potency in logistics export operation of community enterprise in Amphur Muang Uttaradit are location warehouse/distribution planning, knowledge of export regulations and an analysis transportation cost. For success factors, three first orders are mission/goal/objective of community enterprise, the relationship between community enterprise and suppliers and planning operation cost. In addition to the most assistance requirements of government is exporting technology and next below is development of Infrastructure.

Keywords: Potency, Success Factors, Logistics Export

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเปิดเสรีทางการค้ามากขึ้น ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเข้าและการส่งออก อัตราภาษีที่ต่ำจะส่งผลดีในด้านต้นทุนของวัตถุดิบที่จะมีราคาถูกลงซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงด้วย ช่วยกระตุ้นให้มีการลงทุนจากต่างประเทศมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้มีตลาดทางการค้าที่กว้างขึ้น และช่วยลดอุปสรรคทางการค้าระหว่างกลุ่มประเทศสมาชิกให้เหลือน้อยที่สุด อย่างไรก็ดียังมีผู้ประกอบการบางส่วนที่ได้รับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้า คือ กลุ่มของผู้ประกอบการที่ผลิตสินค้าเพื่อขายในประเทศซึ่งจะต้องแข่งขันกับสินค้านำเข้าที่ราคาถูกลง ทำให้ต้องปรับตัวรับการแข่งขันที่เข้มข้นขึ้น อีกทั้งผู้ประกอบการที่เพิ่งเกิดใหม่หรือยังไม่มีความสามารถในการแข่งขันในระดับโลกอย่างเพียงพอจะได้รับผลกระทบจากประเทศสมาชิกในเขตการค้าเสรีที่มีสินค้าที่ราคาถูกกว่า ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากการเปิดเสรีทางการค้า คือ ผู้ที่สามารถปรับตัวและพัฒนาให้ทันกับความเปลี่ยนแปลง และใช้โอกาสที่ได้รับให้เกิดประโยชน์สูงสุด

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเป็นกลุ่มผู้ประกอบการขนาดเล็กภายในชุมชน มีกระบวนการคิด การจัดการผลผลิต และทรัพยากรทุกขั้นตอนโดยอาศัยภูมิปัญญาขององค์กรชุมชนหรือเครือข่ายขององค์กรชุมชนเป็นหลัก วัตถุประสงค์ที่ต้องการรวมกลุ่มกันเพื่อช่วยเหลือกันในการดำเนินกิจการต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นการประกอบการ บริหารจัดการเชิงธุรกิจ เพื่อสร้างรากฐานความมั่นคงให้สมาชิก โดยจังหวัดอุตรดิตถ์มีกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ที่จดทะเบียนแล้ว ข้อมูล ณ วันที่ 4 มกราคม 2561 จำนวนทั้งสิ้น 1,291 แห่ง จำนวนสมาชิกรวม 18,533 คน โดยปัจจุบันสินค้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดอุตรดิตถ์ได้รับการพัฒนาให้มีคุณภาพ มีชื่อเสียง และเป็นที่รู้จักในกลุ่มผู้บริโภคทั้งในจังหวัดและต่างจังหวัดมากยิ่งขึ้น และเพื่อเป็นการส่งเสริมด้านการขยายตลาดของผลิตภัณฑ์จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์จึงได้มีการกำหนดแนวโน้มทิศทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนจังหวัดอุตรดิตถ์ให้มีโอกาสในการจำหน่ายสินค้าไปยังต่างประเทศ และข้อได้เปรียบด้านพื้นที่ของจังหวัดอุตรดิตถ์ที่มีชายแดนติดต่อกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีจุดผ่านแดนถาวรภูดู่เป็นช่องทางสำคัญที่ในการเชื่อมระเบียงเศรษฐกิจ 4 เส้นทาง ได้แก่ ระเบียงเศรษฐกิจเหนือ-ใต้ ระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก ระเบียงเศรษฐกิจเชียงใหม่-ภูดู่-เวียงจันทน์

และระเบียงเศรษฐกิจพม่า-ไทย-ลาว ทำให้โอกาสทางการขยายตัวของตลาดของผลิตภัณฑ์จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจังหวัดอุตรดิตถ์ไปยังต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศเพื่อนบ้านมีความเป็นไปได้มากยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์ศักยภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกเป็นปัจจัยที่สำคัญและจำเป็นประการหนึ่งในการพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานด้านการส่งออก ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการทั้งผู้ที่เคยส่งออกและยังไม่เคยส่งออกทราบถึงจุดอ่อนและจุดแข็งในการดำเนินงานและสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้น นอกจากนี้การพิจารณาถึงปัจจัยที่จะทำให้การดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของผู้ประกอบการประสบความสำเร็จจะเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกต่อไป

2. ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

2.1 ขอบเขตด้านประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ทำการวิจัยคือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนแล้วในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 172 ราย (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์, 2561)

กลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนแล้วในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 123 ราย โดยวิธีการได้มาซึ่งสมาชิกของแต่ละหน่วยของกลุ่มตัวอย่างเกิดจากการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากตารางของเครจซี่และมอร์แกน (Robert V. Krejcie and Earyle W. Morgan, 1970 อ้างถึงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2543) กำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% และระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ 5%

2.2 ขอบเขตของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม ครอบคลุมเนื้อหาด้านการประเมินศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

2.3 ขอบเขตของพื้นที่ในการวิจัย

ศึกษาเฉพาะกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนแล้วในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

3. วัสดุและอุปกรณ์

3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีระบบปฏิบัติการ Windows XP

3.2 เครื่องคำนวณ

3.3 เครื่องพิมพ์

4. วิธีการวิจัย

4.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย โดยมีลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบสอบถามรายการ (Check List) และเติมคำในช่องว่าง โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามดังต่อไปนี้

4.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออก การวิเคราะห์ศักยภาพ และการวิเคราะห์ปัจจัยสู่ความสำเร็จ

4.1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามรายการ (Check List) และเติมคำในช่องว่าง สำหรับการรวบรวมข้อมูลทั่วไปและข้อมูลกิจกรรมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1 และ 2 มาสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ในการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

4.1.4 ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence)

4.1.5 ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้น จำนวน 10 ชุด เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม จากนั้นทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Method) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Method) ที่ชี้ว่าสเกลน่าเชื่อถือควรมีค่ามากกว่า 0.7 (George & Mallery. 2003)

จากนั้นจึงนำแบบสอบถามที่ได้ไปทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4.2 การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปแจกให้กับกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนแล้วในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 123 ราย โดยผู้วิจัยให้ผู้ช่วยงานวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนหนึ่ง

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประมวลผล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางค่าร้อยละทางสถิติ

4.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลศักยภาพในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประมวลผล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางค่าร้อยละทางสถิติ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3.3 การวิเคราะห์ปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประมวลผล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางค่าร้อยละทางสถิติ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3.4 การวิเคราะห์ความต้องการพัฒนาศักยภาพด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประมวลผล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางค่าร้อยละทางสถิติ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ผลการวิจัย

ข้อมูลผลการวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากการตอบแบบสอบถามจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 123 คน ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยผลการตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence) ของแบบสอบถามที่สร้างขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 1.00 แสดงว่าข้อคำถามที่ใช้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ทุกข้อ และเมื่อนำแบบสอบถามที่ได้ไปทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 ชุด เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Method) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.87 ซึ่งแสดงว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือ

ผลการวิจัยการวิเคราะห์ศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ได้มาจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 123 คน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ระยะเวลาในการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และข้อมูลการส่งผลิตภัณฑ์ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 123 คน มีจำนวนเพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกัน คือ เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 50.41 และเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 49.59

ผู้ตอบแบบสอบถามจะอยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปี มากที่สุด คือ คิดเป็นร้อยละ 50.41 รองลงมาคือ อยู่ในช่วงอายุ 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 20.33

ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี มากที่สุด คือ คิดเป็นร้อยละ 39.02 รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวส. คิดเป็นร้อยละ 28.49

ระยะในการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ในช่วง ระยะเวลามากกว่า 5 ปี มากที่สุด คือ คิดเป็นร้อยละ 60.16 รองลงมาคือ อยู่ในช่วง 3-5 ปี คิดเป็นร้อยละ 39.84

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่ได้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ไปยังต่างประเทศ คือ คิดเป็นร้อยละ 95.93 สำหรับกลุ่มที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ไปยังต่างประเทศ คิดเป็นร้อยละ 4.07

5.2 การวิเคราะห์ความพร้อมด้านศักยภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

การวิเคราะห์ความพร้อมด้านศักยภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จะพิจารณาในด้านต่างๆ ดังนี้ พิธีศุลกากร โครงสร้างพื้นฐานการจัดส่งระหว่างประเทศ ความสามารถและคุณภาพโลจิสติกส์ การติดตามและตรวจสอบย้อนกลับ และการ

จัดส่งตรงตามเวลา โดยอ้างอิงหัวข้อให้สอดคล้องกับดัชนีชี้วัดผลงานโลจิสติกส์ (The Logistics Performance Index : LPI) โดยธนาคารโลก ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 1 ความพร้อมด้านศักยภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ศักยภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. พิธีการศุลกากร		
1.1 ความรู้ด้านพิธีการศุลกากร	3.00	1.00
1.2 การดำเนินงานด้านเอกสารการส่งออก	2.99	1.35
1.3 กฎระเบียบด้านการส่งออก	2.39	1.11
2. โครงสร้างพื้นฐาน		
2.1 คุณภาพของถนนเพื่อการส่งออก	3.41	0.66
2.2 คุณภาพของการขนส่งทางรถไฟเพื่อการส่งออก	3.00	1.42
3. การจัดส่งระหว่างประเทศ		
3.1 การคัดเลือกผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์/ตัวแทนส่งสินค้า	2.70	1.36
3.2 การประเมินผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์/ตัวแทนส่งสินค้า	2.79	1.28
3.3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ	2.41	1.12
4. ความสามารถและคุณภาพโลจิสติกส์		
4.1 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า	3.00	1.00
4.2 คุณภาพของบรรจุภัณฑ์สำหรับการส่งออก	3.21	0.87
4.3 การบรรจุหีบห่อ	3.30	0.78
4.4 การวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า	2.30	1.19
4.5 การรับสินค้าคืนกรณีสินค้าบกพร่อง	2.59	1.12
4.6 การใช้เทคโนโลยีในการรับคำสั่งซื้อและกระบวนการควบคุมสินค้า	2.91	1.46
5. การติดตามและตรวจสอบย้อนกลับ		
5.1 การติดตามสินค้าหลังจากการจำหน่าย	2.82	1.25
5.2 ใช้เทคโนโลยีในการตามสินค้าหลังจากการจำหน่าย	2.48	1.29
5.3 กระบวนการในการตรวจสอบย้อนกลับ	2.68	1.36
5.4 กระบวนการในการแก้ปัญหาของสินค้าบกพร่องหลังการจำหน่าย	2.78	1.26
6. การจัดส่งตรงตามเวลา		
6.1 การจัดตารางการจัดส่งสินค้า	2.98	0.90
6.2 การใช้เทคโนโลยีในการติดตามสินค้าระหว่างการจัดส่ง	2.88	1.32
6.3 การประเมินประสิทธิภาพการจัดส่ง	3.18	1.34

จากตารางที่ 1 พบว่าศักยภาพที่มีความพร้อมสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ คุณภาพของถนนเพื่อการส่งออก มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.41 การบรรจุหีบห่อ มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 และคุณภาพของบรรจุภัณฑ์สำหรับการส่งออก มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 และศักยภาพที่มีความพร้อมต่ำสุด 3 ลำดับ ได้แก่ การวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 กฎระเบียบด้านการส่งออก มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.39 และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.41

5.3 การวิเคราะห์ปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

การวิเคราะห์ปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จะพิจารณาจากปัจจัย 5 ด้าน ได้แก่ ความชัดเจนของแผนกลยุทธ์ของกลุ่ม ความร่วมมือระหว่างคู่ค้าในโซ่อุปทาน การบริหารต้นทุนด้านโลจิสติกส์ การนำระบบเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการทำงาน และการบริหารทรัพยากรบุคคลด้านโลจิสติกส์ โดยได้อ้างอิงหัวข้อจากปัจจัยแห่งความสำเร็จในการบริหารจัดการโลจิสติกส์ (สิทธิชัย ฝรั่งทอง, 2553) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 2 ปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ปัจจัยที่ทำให้การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนประสบความสำเร็จ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ความชัดเจนของแผนกลยุทธ์ของกลุ่ม		
1.1 พันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม	3.49	0.68
1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุพันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม	3.20	0.60
2. ความร่วมมือระหว่างคู่ค้าในโซ่อุปทาน		
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ	3.31	0.64
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับลูกค้า	3.20	0.76
3. การบริหารต้นทุนด้านโลจิสติกส์		
3.1 การวางแผนค่าใช้จ่ายในดำเนินงาน	3.29	1.01
3.2 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	2.89	1.05
3.3 กระบวนการในการหาแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	3.24	0.98
4. การนำระบบเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการทำงาน		
4.1 การใช้เทคโนโลยีในการจัดซื้อวัตถุดิบ	2.79	0.99
4.2 การใช้เทคโนโลยีในการติดต่อกับลูกค้า	2.99	1.19
4.3 การใช้เทคโนโลยีในการติดตามสินค้าหลังการจำหน่าย	2.59	1.29
5. การบริหารทรัพยากรบุคคลด้านโลจิสติกส์		

ปัจจัยที่ทำให้การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนประสบความสำเร็จ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5.1 การวางแผนกำลังคนในการดำเนินงาน	2.80	0.98
5.2 ความรู้และทักษะด้านการส่งออกของสมาชิกในกลุ่ม	2.49	0.93

จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ พันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.49 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.31 และการวางแผนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.29

5.4 การวิเคราะห์ความต้องการพัฒนาศักยภาพด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

การวิเคราะห์ความต้องการพัฒนาศักยภาพด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้รวบรวมข้อมูลด้านความรู้และปัจจัยที่จำเป็นในการพัฒนาศักยภาพด้านโลจิสติกส์การส่งออก โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 3 ความต้องการพัฒนาศักยภาพด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ความต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ความรู้ด้านการส่งออก	3.61	1.21
2. ความรู้ด้านพิธีศุลกากร	3.50	0.92
3. ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก	3.60	0.81
4. ความรู้ด้านภาษีและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการส่งออก	3.10	1.16
5. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน (คุณภาพถนน, การขนส่งทางรถไฟ ฯลฯ)	3.72	1.11
6. การใช้เทคโนโลยีในการดำเนินงานเพื่อการส่งออก	3.81	1.08

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการให้ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยเหลือในด้านการใช้เทคโนโลยีในการดำเนินงานเพื่อการส่งออก มากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 3.81 รองลงมาคือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน มีระดับคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 3.72

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 ข้อมูลจากผลการวิจัยด้านศักยภาพในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

จากผลการวิจัยด้านศักยภาพในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าศักยภาพที่มีความพร้อมต่ำสุด 3 ลำดับ ได้แก่ การวางแผนที่ตั้ง

คลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 กฎระเบียบด้านการส่งออก มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.39 และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.41 โดยแนวทางในการพัฒนาศักยภาพทั้ง 3 ด้าน มีดังนี้

1) การวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า

การวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า เป็นการตัดสินใจที่มีความสำคัญ เนื่องจากส่งผลต่อต้นทุนในการดำเนินงานโดยรวม เช่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ค่าจ้างแรงงานในการขนส่ง ทั้งนี้ถ้ามีการตัดสินใจการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมทำให้เกิดการบริหารกิจกรรมเหล่านี้ด้วย ต้นทุนที่ต่ำลงเกิดจากความสะดวกในเรื่องของการจัดส่ง การรับสินค้า และการดำเนินการทางด้านบุคลากร และการจัดเก็บสินค้าที่มีประสิทธิภาพ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน คือ ขาดความรู้ความเข้าใจในด้านการวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า

แนวทางการพัฒนาศักยภาพด้านการวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า คือ การจัดอบรมและส่งเสริมความรู้ด้านการวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้าจากหน่วยงานของภาครัฐ/เอกชน เพื่อช่วยให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการวางแผน ที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้าของกลุ่มได้

2) กฎระเบียบด้านการส่งออก

ในการส่งออกสินค้าไปต่างยังประเทศ ผู้ส่งออกจะต้องทราบเรื่องที่เกี่ยวข้องหลายเรื่องเพื่อประโยชน์ในการทำให้ได้กำไร โดยเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้ คือ กฎระเบียบด้านการส่งออก เพื่อให้การส่งออกดำเนินการได้อย่างถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว โดยปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน คือ ขาดความรู้ด้านกฎระเบียบด้านการส่งออก

แนวทางในการพัฒนาศักยภาพด้านกฎระเบียบด้านการส่งออก คือ การจัดอบรมและส่งเสริมความรู้ด้านกฎระเบียบด้านการส่งออกจากหน่วยงานของภาครัฐ/เอกชน เพื่อช่วยให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการวางแผนการดำเนินงานด้านการส่งออกให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด

3) การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ เป็นกิจกรรมที่จะทำให้ทราบถึงต้นทุนการดำเนินงานด้านการส่งออก กิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการดำเนินงานให้เกิดประสิทธิภาพ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน คือ ขาดความรู้ด้านระบบการคิดต้นทุนการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ใช้จ่ายในการดำเนินงาน

แนวทางในการพัฒนาศักยภาพด้านการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ คือ การจัดอบรมและส่งเสริมความรู้ด้านการวิเคราะห์ต้นทุนให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจากหน่วยงานของภาครัฐ/เอกชน เพื่อให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถคิดวิเคราะห์ต้นทุนได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการวางแผน พัฒนา และปรับปรุงการดำเนินงานต่อไป และเพื่อเป็นการเพิ่มช่องทางในการพัฒนาศักยภาพของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนอกเหนือจากการได้รับการอบรมและส่งเสริมความรู้จากหน่วยงาน

ของภาครัฐ/เอกชนแล้ว ภาครัฐควรสนับสนุนให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนาศักยภาพของกลุ่มจากการเรียนรู้จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอื่นๆ ที่ประสบความสำเร็จในด้านการส่งออก ทั้งภายในจังหวัดและนอกจังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนของตนต่อไป

6.2 ข้อมูลจากผลการวิจัยด้านปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

จากผลการวิจัยการวิเคราะห์ศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ มีข้อค้นพบที่น่าสนใจดังนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ พันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ และการวางแผนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตามลำดับ ซึ่งพบประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

1) พันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม

เป็นการแสดงให้เห็นว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้ความสำคัญกับพันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน การมีพันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่มที่ชัดเจน มีขั้นตอนการดำเนินที่สอดคล้องกับพันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์นั้นๆ จะเป็นการส่งเสริมให้หน่วยงานและองค์กรประสบความสำเร็จ

2) ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ

เป็นการแสดงให้เห็นว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้ความสำคัญกับการมีความสัมพันธ์กับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ การมีความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบที่ดีจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เช่น การมีต้นทุนในการบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่ลดลง มีประสิทธิภาพในการวางแผนการผลิต สามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามแผน เป็นต้น

3) การวางแผนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

เป็นการแสดงให้เห็นว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนเห็นความสำคัญของการวางแผนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพื่อใช้ในการควบคุมต้นทุนในการดำเนินการของกลุ่ม และทำให้สามารถวิเคราะห์หาแนวทางในการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวหน่วยงานของภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ความสามารถและศักยภาพการในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต่อไปได้ และจากข้อมูลที่ได้รับจากงานวิจัยมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของอดิศักดิ์ กรรณณรงค์ (2557) ซึ่งทำการศึกษาองค์ประกอบของปัจจัยการดำเนินงานที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ของร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง สอบถามความคิดเห็นจากเจ้าของกิจการหรือผู้จัดการร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้างในจังหวัดสุราษฎร์ธานี พัทลุง สงขลา และกระบี่ ผลการศึกษาวิจัย พบว่าปัจจัยการดำเนินงานที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ของร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้างประกอบด้วย 7 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยการบริการ กระบวนการสั่งซื้อ การติดต่อสื่อสาร การจัดการสินค้าคงคลัง การจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับ การขนส่ง และการจัดการคลังสินค้า

7. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยการวิเคราะห์ศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาศักยภาพและปัจจัยสู่ความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพ ปัจจัยสู่ความสำเร็จ และแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนแล้วในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 123 ราย จากจำนวนประชากรทั้งหมด 172 ราย (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์, 2561) โดยวิธีการได้มาซึ่งสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างเกิดจากการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากตารางของเครจซี่และมอร์แกน (Robert V. K. and Earyle W. M., 1970 อ้างถึงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2543) กำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% และระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ 5%

ผลจากการวิจัยพบว่า โดยศักยภาพที่มีความพร้อมสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ คุณภาพของถนนเพื่อการส่งออก การบรรจุหีบห่อ และคุณภาพของบรรจุภัณฑ์สำหรับการส่งออก ตามลำดับ และศักยภาพที่มีความพร้อมต่ำสุด 3 ลำดับ ได้แก่ การวางแผนที่ตั้งคลังสินค้า/ศูนย์กระจายสินค้า กฎระเบียบด้านการส่งออก และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การส่งออกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ พันธกิจ/เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การดำเนินงานของกลุ่ม ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิสาหกิจกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบ และการวางแผนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตามลำดับ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการให้ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยเหลือในด้านการใช้เทคโนโลยีในการดำเนินงานเพื่อการส่งออก มากที่สุด รองลงมาคือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน

8. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2554). รายงานข้อมูลวิสาหกิจชุมชนจังหวัดอุตรดิตถ์. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.sceb.doae.go.th/Documents/datachw/อุตรดิตถ์.pdf

กรมประชาสัมพันธ์. (2559). *ความสามารถด้านโลจิสติกส์ของอาเซียน.* สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.aseanthai.net/ewt_news.php?nid=5862& filename=index.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2537). *คู่มือแก้ไขปัญหาโลจิสติกส์เพื่อการนำเข้าและส่งออก.* กรุงเทพฯ: โฟกัสมิเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.

_____. (2555). *คู่มือพัฒนาความสามารถด้านโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมและการเหมืองแร่.* กรุงเทพฯ: โฟกัสมิเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.

ฐาปนา บุญหล้า. (2551). *คู่มือการตรวจประเมินโลจิสติกส์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รวมพล จันทศาสตร์ และอัสรียาภรณ์ สง่าอารีย์กุล. (2557). ปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของไทย กรณีศึกษาผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์ที่จดทะเบียนกับสมาคมผู้รับจัดการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 9*(1), 8-15.

แลมเบอร์ด, เดาก์ลัส เอ็ม. (2547). *การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์.* กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล.

วีรวัฒน์ มณีสุวรรณ, และธนัญญา วสุศรี. (2557). การจัดการกรีนโลจิสติกส์กับศักยภาพของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ไทย. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 37*(2). 215-226.

สิทธิชัย ฝรั่งทอง. (2553). *ขับเคลื่อนโลจิสติกส์ด้วยการตลาด.* กรุงเทพฯ: เอ็กสเปอร์เน็ท.

อดิศักดิ์ กรรณณรงค์. (2557). การวิเคราะห์องค์ประกอบของปัจจัยการดำเนินงานที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ของร้านจัดจำหน่ายวัสดุก่อสร้างในภาคใต้. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 7*(1), 65-72.

George, D. & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update.* 4th ed. Boston: Allyn & Bacon.

Stock, J. R., and Lambert, D. M. (2001). *Strategic logistics management.* Singapore: McGraw-Hill.

การพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้

The Development of Commercial Leaf and Branch Shredding Machine

อดุลย์ พุกอินทร์[1*] พลิศภัสร์ คำฟู[2] สมเจตน์ บุญชื่น[3] สุวัฐชัย วัชรถาวรศักดิ์[4] และผกามาศ พุกอินทร์[5]

[1, 2, 3] อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

[4] อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก

[5] อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาการบัญชี วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรดิตถ์

Adul Phuk-in[1*] Phalitphat Khumfu[2] Somjate bunchuen[3]

Suwaschai Watcharatavorasak[4] and Pakamas Phuk-in[5]

[1, 2, 3] Assistant Professor, Bachelor of Technology, Program in Industrial Technology,

Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

[4] Professor, Bachelor of Technology, Program in Mold and Die Technology (Continuing Program)

[5] Professor, Bachelor of Technology, Program in Accounting, Uttaradit Vocational College.

[*]E-mail: Adun999@gmail.com, Tel. (055) 416625, Fax. (055) 416625

บทคัดย่อ

งานวิจัยเพื่อการพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ในครั้งนี้ ได้ดำเนินการร่วมกับบริษัท ฮาเวสเตอร์เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดแพร่ เป็นผู้ร่วมทุนวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิตและการนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศ การพัฒนาเครื่องใช้วัสดุที่มีการผลิตจากการวิจัย โดยกรรมวิธีการหล่อขึ้นรูปเหล็กประกับใช้กับแบริ่งขนาด 6308 ที่มีความสามารถในการรับแรง และลดระยะเวลาในการขึ้นรูป การวิจัยได้มีการขึ้นรูปชิ้นส่วนโดยใช้กรรมวิธีการกลึง การไส การกัด และการเชื่อมประกอบ การพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์นั้น ผู้ประกอบการมีความต้องการในพัฒนาการทำงานของระบบ โดยเพิ่มเครื่องเจนเนอเรเตอร์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า และผ่านกล่องควบคุมที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าที่มีฟังก์ชันการทำงานที่ใช้ระบบไฟฟ้าได้ การออกแบบการทดลอง พบว่า การสับย่อยไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ถึง 4 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 4 ถึง 6 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 เซนติเมตรขึ้นไป โดยเครื่องสามารถย่อยได้ดี และการออกแบบการย่อยกิ่งไม้สดจะมีขนาดความหนาเฉลี่ย 1.91 เซนติเมตร และกิ่งไม้แห้งจะมีขนาดความหนาเฉลี่ย 1.90 เซนติเมตร

การวิจัยได้มีการนำเครื่องสับย่อยไม้ลงพื้นที่เป้าหมาย เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการร่วมวิจัยและการสร้างตลาดใหม่ โดยกำหนดพื้นที่ 2 แหล่ง คือ การถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ ณ สำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด ตั้งอยู่ที่ตำบลหาดกรวด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และการถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ ณ สำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริด ตั้งอยู่ที่ตำบลน้ำริด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 การวิจัยจึงเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัย

คำสำคัญ: เครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์, การออกแบบการสับย่อยไม้, ศักยภาพการผลิต, เหล็กชุดโครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้

Abstract

In this research, the commercial leaf and branch shredding machine was developed. The research was mutually conducted with Harvester Sales and Service (Thailand) Company Limited (the co-researcher) with the office located in Phrae Province. The leaf and branch shredding machine was focused on its usages, performance and efficiency. For the processing, machined was manufactured by casting flat brace for using with 6308 bearing which exhibits high strength property and could resist the compression. Besides, 6308 bearing was also easier to manufacture which consumed less time production. The samples were prepared using turning, shaving, etching and joining, respectively.

For development of commercial leaf and branch shredding machine, the entrepreneur's objection was system improvement by using generator which could generate electric current of 1,500 rounds per minute and electric potential of 220 volts. Both of current and potential were controlled via controlled box which could measure an occur quantity of electric. After the determination, it was found that the machine showed good results for mincing woods which could observe from the samples with diameter of 2-4 cm, 4.6 cm and more than 6 cm, respectively. Furthermore, the machine was examined with fresh and dry branches and it had been seen that the nearly closed average size of branched after shredding was 1.91 cm and 1.90 cm for fresh and dry branched, respectively.

In addition, the research group had distributed and instructed about shredding machine to the entrepreneur and cooperated to create the new market in 2 areas. Firstly, distribution the commercial leads and branch shredding technology to Hat Kruat Subdistrict Munipatual, Hat Kruat Subdistrict, Muang District, Uttaradit. The total average value was 4.32. Secondly, distribution the commercial leads and branch shredding technology to to Nam Rid Subdistrict Munipatual, Nam Rid Subdistrict, Muang District, Uttaradit. The total average value was 4.06. From the obtained evaluation values, it could be said that the research was accomplished and achieve the objectives.

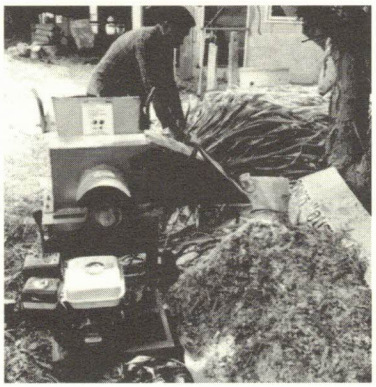
Keywords: Wood Chippers for Commercial Purpose, Wood Chipping Design, Productivity, Structural Steel of Wood Chipper.

1. บทนำ

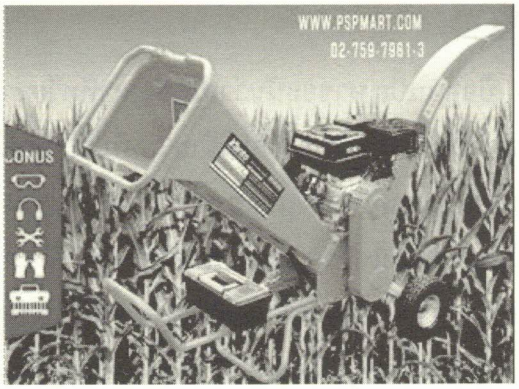
ปัจจุบันปัญหาขยะนับว่าเป็นปัญหาที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นทั้งในระดับชุมชน ระดับประเทศ และระดับโลก เนื่องมาจากประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชุมชนเมือง หรือเทศบาลอำเภอ เทศบาลตำบล เมื่อประชากรในชนบทหลั่งไหลเข้ามาหางานทำในชุมชนเมืองมากขึ้น และสิ่งที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ ขยะที่มีมากขึ้นตามไปด้วย รวมไปถึงเศษวัสดุที่ไม่ต้องการจากการตัดแต่งกิ่งและจากการตัดต้นไม้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของเมือง การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกสบาย การอยู่อาศัยอย่างหนาแน่นก็เป็นสาเหตุหนึ่ง หากใช้วิธีกำจัดที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ย่อมก่อให้เกิดปัญหาตามมา (ขยะในสังคมไทย, 2562)

การวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้สับย่อยเศษไม้ กิ่งไม้ ที่เป็นเป้าหมายสำคัญของการบูรณาการที่สำคัญในการพัฒนาธุรกิจของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแบบก้าวกระโดดของบริษัทฮาเวสเตอร์เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งอยู่ที่ 26/1-5 ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ บริษัทเป็นตัวแทนจำหน่ายเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบอาชีพ และใช้ในหน่วยงานราชการ โดยได้รับการเป็นตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักรหลากหลายชนิด เช่น เครื่องเลื่อยตัดไม้ เครื่องปั่นไฟ เครื่องย่อยกิ่งไม้ และอื่นๆ บริษัทมีทุนจดทะเบียน 1,000,000 บาท มีมูลค่าการตลาดมากกว่า 15 ล้านบาทต่อปี ปัญหาที่ผู้ประกอบการพบ คือ บริษัทได้นำเข้าเครื่องจักรจากบริษัทต่างประเทศ เครื่องจักรที่นำเข้า เช่น เครื่องเลื่อยยนต์ เครื่องปั่นไฟฟ้า เครื่องสับย่อย และอื่นๆ จากปัญหาและความต้องการของผู้ประกอบการนี้ พบว่าผู้ประกอบการต้องการที่จะพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยไม่พึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีเครื่องจักรจากต่างประเทศ เนื่องจากประสบปัญหาวัสดุของเครื่องจักรไม่คงทน การซ่อมบำรุงของอะไหล่บางชิ้นต้องใช้ระยะเวลาการรออะไหล่นาน และหาได้ยาก รูปแบบไม่ตรงตามความต้องการ และคุณภาพของสินค้าไม่ดี จึงมีแนวคิดกับกลุ่มผู้วิจัยในการพัฒนาเครื่องสับย่อยเศษไม้ ย่อยใบไม้ ย่อยกิ่งไม้ ที่เป็นของเหลือใช้ในพื้นที่ชุมชน เพื่อตอบรับความต้องการที่หลากหลายของกลุ่มเป้าหมายเดิม

การสำรวจ (Literature Review) หรือสำรวจเครื่องจักรที่มีอยู่ในปัจจุบัน การศึกษาข้อมูลเครื่องสับต่างๆ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เครื่องสับย่อยวัชพืชใช้เครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า สามารถบดกิ่งไม้ขนาดความหนาไม่เกิน 2 นิ้ว มีความสามารถในการสับย่อยต้นกล้วย ลูกมะพร้าวสด-แห้ง ไผ่ กิ่งไม้ยางพารา ต้นหมาก หญ้าเนเปียร์ ต้นอ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง กิ่งปาล์ม ฟาง เปลือกหอยได้ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องสับย่อยที่มีจำหน่าย
ที่มา : http://www.chipperthai.com



ภาพที่ 2 เครื่องย่อยกิ่งไม้นำเข้าจากต่างประเทศ
ที่มา : https://www.nanagarden.com

เครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ ของบริษัทได้นำเข้าเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ โดยใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ขนาด 6.5 แรงม้า มีระบบสตาร์ทมือ ความสามารถในการย่อยกิ่งไม้ได้ 2-3 นิ้ว มีจำนวนใบมีด 2 ใบ (1 คู่) ความเร็วตัด 2,400 รอบต่อนาที ระบบการขับเคลื่อนผ่านมูเลย์ส่งกำลังด้วยสายพาน

ผู้ประกอบการและกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจะผสมผสานองค์ความรู้จากนักวิจัยในสาขาที่สามารถพัฒนาแนวความคิดนี้ได้ และจะทำการพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยการออกแบบและพัฒนาเครื่องใหม่ให้สามารถทำงานให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ได้มากกว่าเครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และตอบสนองตลาดกลุ่มลูกค้าภาครัฐ กลุ่มภาคเกษตรกร และกลุ่มลูกค้าภาคเอกชน โดยการออกแบบให้มีระบบการสับย่อยไม้ที่หลากหลาย การออกแบบให้ทำการสับย่อยไม้ได้ปริมาณที่มากขึ้น และสามารถเคลื่อนย้ายได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องสับย่อยเศษวัสดุไม้ กิ่งไม้ สู่เชิงพาณิชย์

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อย โดยวิธีการทดลอง

2.3 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการที่ร่วมโครงการ

3. ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัย เพื่อพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ให้สู่เชิงพาณิชย์ กลุ่มผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

3.1 พัฒนาเครื่องสับย่อยไม้ โดย

3.1.1 ใช้เครื่องยนต์ 2 จังหวะขนาด 14 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

3.1.2 การออกแบบการขึ้นรูปประกับแบริ่ง เป็นวัสดุอะไหล่ให้มีความแข็งแรง

3.1.3 มีเครื่องเจนเนอเรเตอร์ประกอบเข้ากับเครื่องยนต์ และควบคุมแรงดันด้วยกล่องควบคุม

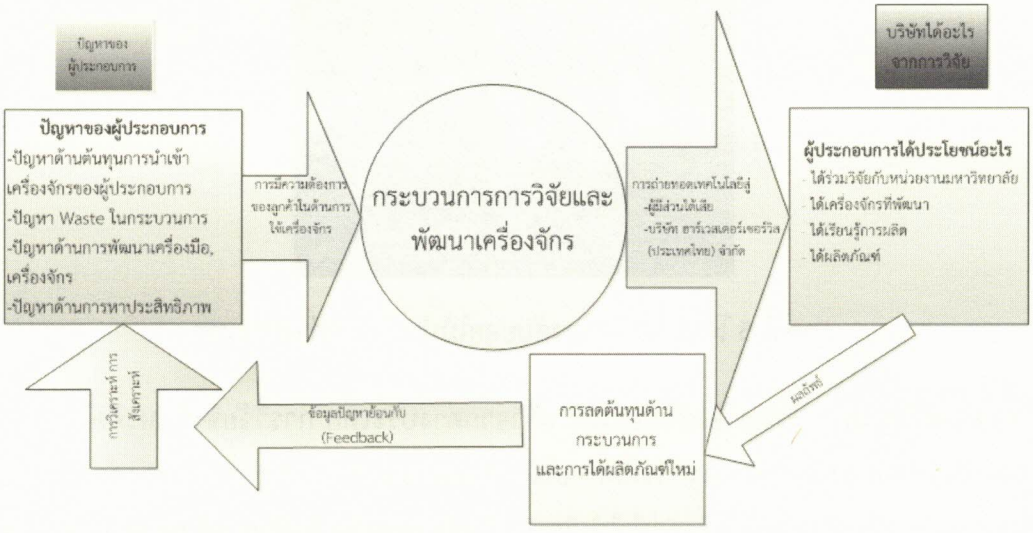
3.1.4 ออกแบบชุดหัวสับย่อยไม้ที่พัฒนาขึ้นใหม่

3.2 ถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ และองค์ความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้เครื่องที่ได้พัฒนาของบริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด

3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่ ได้แก่ การดำเนินโครงการวิจัยนี้กำหนดพื้นที่สำหรับดำเนินงานไว้เฉพาะ คือ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ พื้นที่บริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด โรงกลึงดุลย์ช่างกล ในการสร้าง ประกอบ ทดสอบ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีใช้พื้นที่สำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด พื้นที่สำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริดในการถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วม

4. กรอบความคิดในการวิจัย/สมมุติฐานการออกแบบและพัฒนา

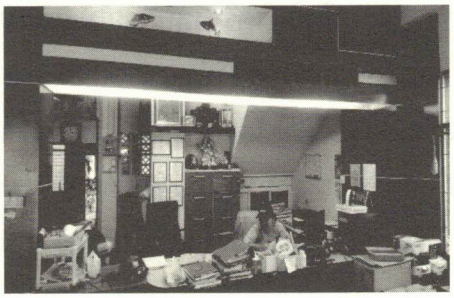
การดำเนินการวิจัยเริ่มตั้งแต่การศึกษาปัญหาความต้องการของผู้ประกอบการของลักษณะการทำงานของเครื่องสับย่อยไม้ในด้านปริมาณ ด้านคุณภาพสินค้า กลุ่มเป้าหมายการวิจัยพัฒนานี้ และนำมาพัฒนาเครื่องจักรให้เหมาะสมกับผู้ประกอบการที่ต้องการ โดยกำหนดการออกแบบการทดลอง และการเก็บข้อมูลสถิติอย่างเป็นระบบ รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยี แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบความคิดในงานวิจัย

5. ศึกษาข้อมูล/การออกแบบเครื่อง

การสำรวจตลาดของบริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า การจัดจำหน่ายให้กับกลุ่มลูกค้าที่สั่งซื้อเครื่องจักรจากบริษัทที่มีการนำเข้าและจำหน่ายในหน่วยงานหลัก คือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย หน่วยงานเทศบาลเมือง หน่วยงานเทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล ภาคเอกชน ภาคเกษตรกรรม และผู้ประกอบการอื่นๆ มียอดขายเครื่องสับย่อยไม้ 120 เครื่องต่อปี มีมูลค่าการตลาดมากกว่า 15 ล้านบาทต่อปี การวิเคราะห์ถึงผลลัพธ์ที่จะทำให้เกิดเศรษฐกิจที่ดีในชุมชน คือ การใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น ทำให้เกิดการใช้แรงงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น การเกิดมูลค่าการตลาด แสดงดังภาพที่ 4

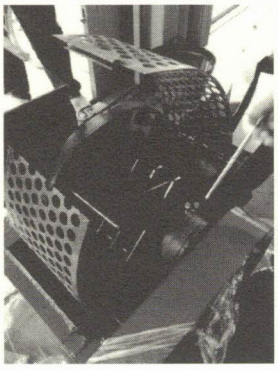


ภาพที่ 4 เครื่องจักรกลของบริษัท ฮาเวสเตอร์เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด

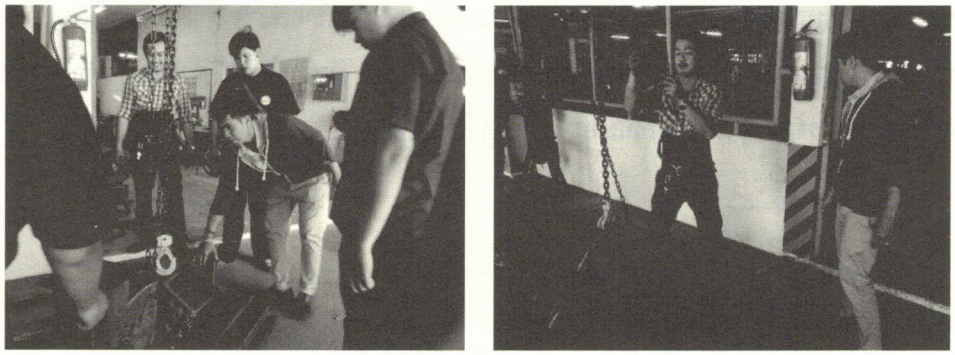
5.1 เครื่องสับย่อยไม้แบบเดิม การศึกษาข้อมูลเครื่องสับย่อยไม้แบบเดิมก่อนการพัฒนา มีปัจจัยเบื้องต้น คือ มีการนำเข้าชุดสับย่อยที่มีต้นทุนด้านราคาที่สูง วิธีการสร้างไม่เป็นไปตามความต้องการของบริษัท ประสิทธิภาพการทำงานด้อยคุณภาพ แสดงดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 โครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้นำเข้าจากต่างประเทศ

จากภาพที่ 5 โครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้นำเข้าจากต่างประเทศ การวิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม ในส่วนของการตัดย่อยไม้ การออกแบบการทดลองส่วนของค่าความแข็งวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเครื่องสับย่อยไม้ ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ร่วมกับทีมวิจัยจากเครื่องต้นแบบ แสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 7



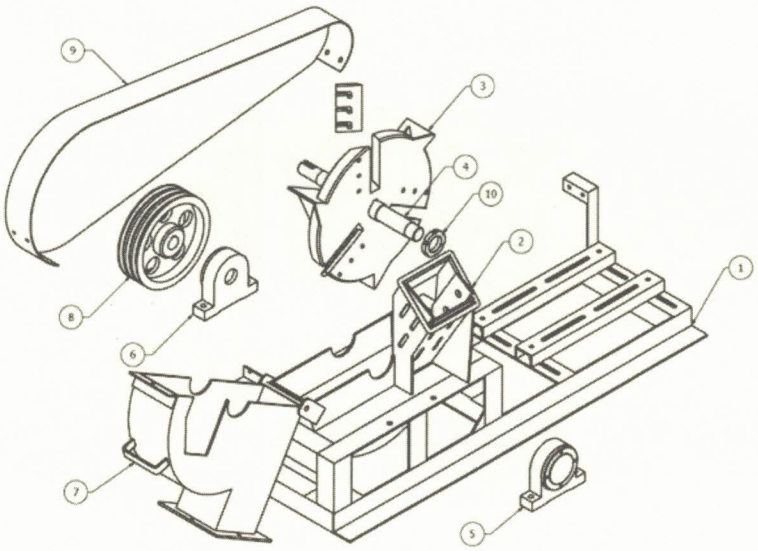

ภาพที่ 6 การถอดชุดใบตัดเครื่องสับย่อยแบบเดิม



ภาพที่ 7 การถอดและการวิเคราะห์ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

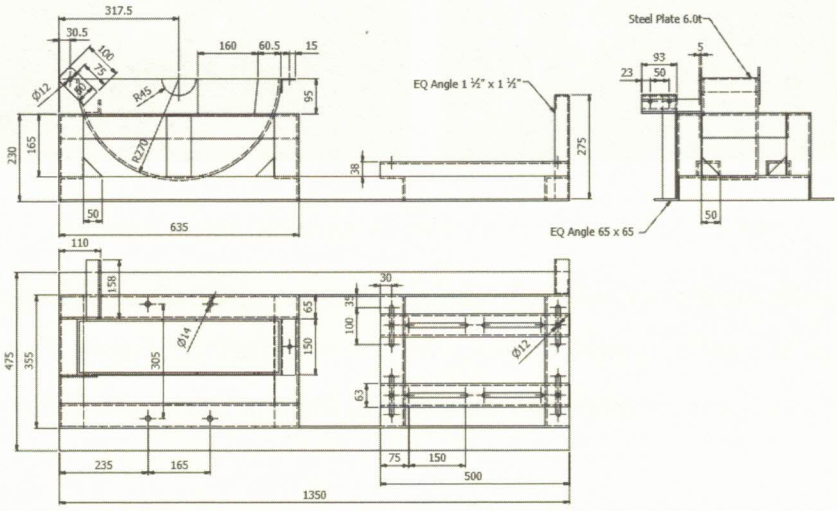
5.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้ การออกแบบเครื่องสับย่อยไม้ กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และการออกแบบเครื่องสับย่อยในส่วนต่างๆ คือ ส่วนของโครงสร้างหัวสับย่อย ส่วนการสับย่อย ส่วนขององศาของใบสับย่อย และส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีผลด้านประสิทธิภาพ และการเลือกใช้วัสดุตามรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องสับย่อย การออกแบบใช้ข้อมูลของการสับย่อยเดิมและความต้องการของผู้ประกอบการในการที่จะเลือกใช้เหล็กเหนียวที่เป็นวัสดุที่แข็งแรง และเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีการนำวัสดุโครงสร้างมาทดสอบเหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 7 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 3,534 kgf/cm^2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 10 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 2,709 kgf/cm^2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 1 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 3,066 kgf/cm^2 แสดงการออกแบบโครงสร้าง ดังภาพที่ 8



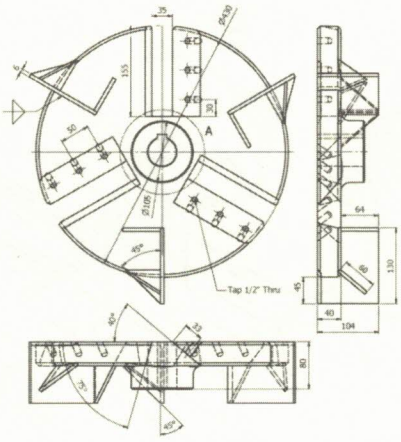
ภาพที่ 8 การออกแบบโครงสร้างเครื่องสับย่อยไม้

การออกแบบชิ้นส่วนที่ 1 โครงสร้างรองรับฐานเครื่องต้นกำลัง และชุดหัวสับย่อย โดยการออกแบบใช้เหล็กฉากขนาดความกว้าง 50.8 มิลลิเมตร และความยาว 50.8 มิลลิเมตร มีความยาวตัวโครงสร้าง 1,350 มิลลิเมตร ความกว้างโครงสร้าง 475 มิลลิเมตร ความสูงโครงสร้าง 230 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 9



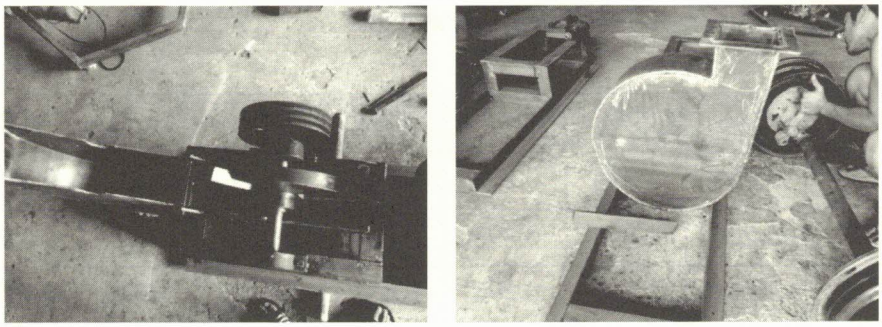
ภาพที่ 9 แบบโครงสร้างหัวสับย่อย

การออกแบบชิ้นส่วนที่ 3 โครงสร้างชุดหัวสับย่อย กลุ่มผู้วิจัยได้ออกแบบหัวสับที่มีลักษณะทรงกระบอก มีรูแกนเพลาไสร่องลิ่มขนาด 16 มิลลิเมตร ขนาดความโตของชุดหัวสับย่อยเท่ากับ 430 มิลลิเมตร ขนาดความหนาเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีร่องใส่ใบสับย่อยจำนวน 3 ร่อง ขนาดองศาของร่องเท่ากับ 50 องศา แต่ละร่องมีการต๊าปเกลียว ½ นิ้ว จำนวน 3 รู ความโตของรูเพลาเท่ากับ 50.8 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 10

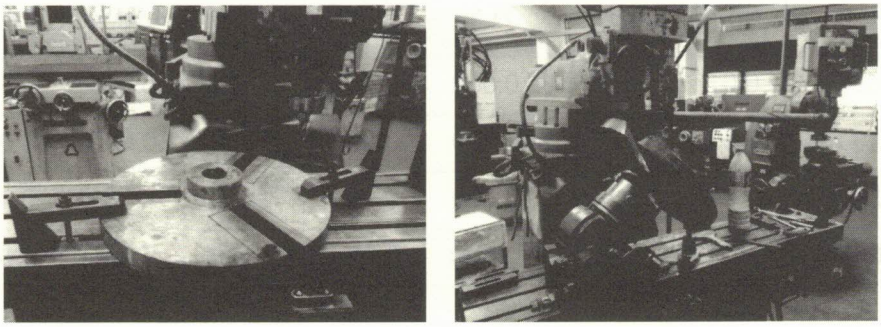


ภาพที่ 10 แบบโครงสร้างชุดหัวสับย่อย

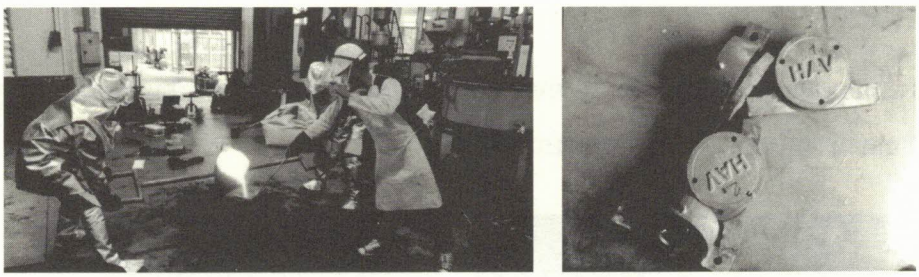
2.5.2 การพัฒนาสร้างเครื่องสับย่อยไม้ใช้การตัด และการเชื่อมประกอบจากเหล็กโครงสร้างฉากขนาด 50.8 x 50.8 มิลลิเมตร และการขึ้นรูปในส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 11 ถึงภาพที่ 13



ภาพที่ 11 โครงสร้างเครื่องสับย่อย



ภาพที่ 12 การขึ้นรูปชุดหัวสับย่อย



ภาพที่ 13 การหล่อขึ้นรูปประกับใช้กับแบริ่งขนาด 6308

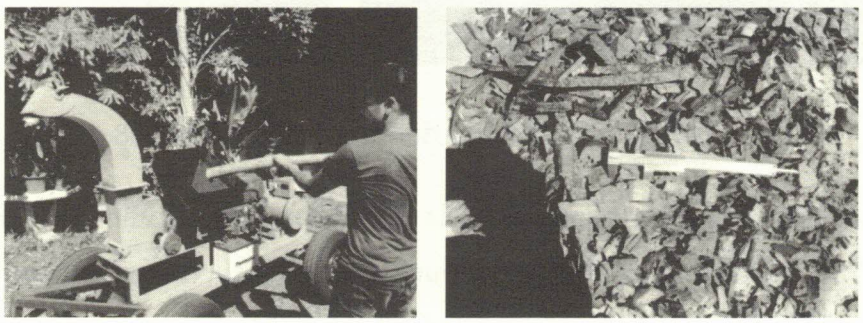
การเลือกใช้วิธีการหล่อในการทำประกับแบริ่ง โดยการเทหล่อขึ้นรูปเหล็กประกับใช้กับแบริ่งขนาด 6308 โดยนักวิชาการด้านโลหะวิทยาในการวางแผนการหล่อเหล็กกับการวิจัยนี้ ได้ประกับที่เกิดจากการวิเคราะห์ออกแบบ การขึ้นรูปโมลต้นแบบ และการหล่อ ส่งผลที่ดีให้กับผู้ประกอบการในการใช้งาน และได้ตรวจสอบปริมาณธาตุผสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลปริมาณธาตุผสมตัวประกับใช้กับแบริ่งขนาด 6308

ทดสอบ	Fe %	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %
1	94.278	3.256	1.894	0.292	0.084	0.009	0.087	0.018	0.000
2	94.340	3.206	1.898	0.293	0.059	0.014	0.088	0.016	0.000
3	94.309	3.231	1.896	0.292	0.071	0.012	0.088	0.017	0.000
ค่าเฉลี่ย	**94.309**	**3.231**	**1.896**	**0.293**	**0.071**	**0.011**	**0.087**	**0.017**	**0.000**
ทดสอบ	**Al %**	**Co %**	**Cu %**	**Ti %**	**V %**	**W %**	**Mg %**	**Sn %**	**B %**
1	0.005	0.013	0.044	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003
2	0.008	0.013	0.043	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003
3	0.006	0.013	0.043	0.000	0.006	0.000	0.006	0.008	0.003
ค่าเฉลี่ย	**0.01**	**0.013**	**0.26**	**0.000**	**0.006**	**0.000**	**0.006**	**0.008**	**0.003**

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณธาตุผสมตัวประกับใช้กับแบริ่งขนาด 6308 ที่ได้จากการหล่อขึ้นรูป ผลจากการวิเคราะห์ธาตุผสมทำให้ทราบถึงวัสดุเหล็กหล่อที่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายดูได้จากปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ที่มีค่าร้อยละ 94.309 และธาตุคาร์บอน (C) ที่มีค่าร้อยละ 3.231 ทำให้มีความแข็งแรง ลดระยะเวลาในการขึ้นรูปได้

เครื่องสับย่อยสามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายจากการถอดประกอบด้วยการขันยึด ประกอบชุดฐานติดตั้งเข้ากับโครงที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 เครื่องสับย่อยไม้ที่พัฒนาและการสับย่อยไม้

6. การทดสอบเครื่องสับย่อยไม้ที่พัฒนา

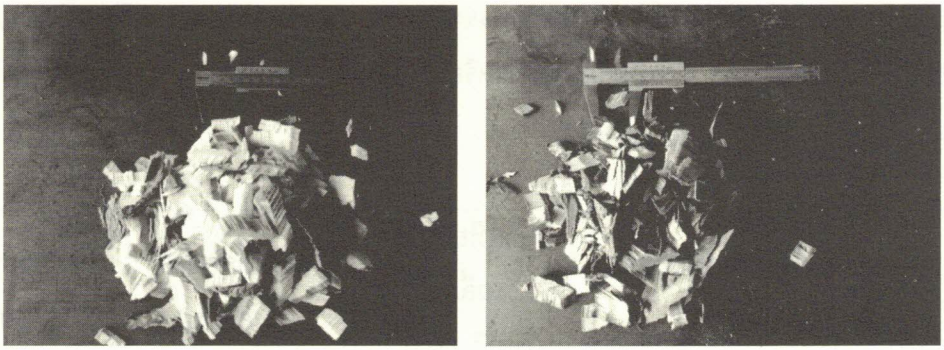
6.1 การหาประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยไม้ การออกแบบการทดลองได้ออกแบบการย่อยไม้ขนาดต่างๆ ที่มีขนาดน้อยกว่า 2 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 4 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่า 4 เซนติเมตร

จนถึง 6 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 6 เซนติเมตรขึ้นไป การทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 10 กิโลกรัม ซึ่งทำการทดสอบกับกิ่งไม้สด ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อยกิ่งไม้ ดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบเครื่องสับย่อยกิ่งไม้สด

ครั้งที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	ขนาดที่ย่อยได้เฉลี่ย (เซนติเมตร)	มวลที่ย่อยได้ (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	<2	1.8	10	3
	2-4	1.9	10	3
	4-6	2.0	10	2
	>6	2.0	10	2
2	<2	1.8	10	3
	2-4	1.9	10	3
	4-6	2.0	10	2
	>6	2.0	10	2
3	<2	1.8	10	3
	2-4	1.8	10	2
	4-6	1.9	10	2
	>6	2.0	10	2
4	<2	1.8	10	3
	2-4	1.9	10	2
	4-6	2.0	10	2
	>6	2.1	10	2
5	<2	1.8	10	3
	2-4	1.8	10	3
	4-6	1.9	10	2
	>6	2.0	10	2
ค่าเฉลี่ย		**1.91**	**10**	**2.4**

6.2 การหาขนาดการย่อยของชิ้นไม้ที่ย่อยได้ การย่อยไม้ทั้งแบบสดและแบบแห้งมีขนาดของเศษไม้ที่ย่อยได้แตกต่างกัน ซึ่งการทดลองได้ใช้ไม้แห้งที่มีขนาดความโต 6 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร ทำการย่อยโดยใช้การชั่งมวล การจับเวลา และการหาค่าเฉลี่ยของเศษย่อยที่ได้จากการย่อย ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การย่อยไม้ชนิดสดและชนิดแห้ง

จากภาพที่ 15 แสดงภาพการทดสอบการย่อยไม้ชนิดสดและชนิดแห้ง พบว่า สามารถย่อยไม้สดจากการทดสอบที่ 1 จำนวน 10 ครั้ง มีขนาดความโต 6 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 41 วินาที ได้ขนาดของเศษไม้เฉลี่ยเท่ากับ 1.96 เซนติเมตร และการย่อยไม้แห้งจากการทดสอบที่ 2 จำนวน 10 ครั้ง มีขนาดความโต 6 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 45 วินาที ได้ขนาดของเศษไม้เฉลี่ยเท่ากับ 2.50 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการย่อยไม้สดและไม้แห้งการทดสอบที่ 1 และการทดสอบที่ 2

ลำดับการทดสอบที่	ชนิดของไม้	ขนาดความโต (เซนติเมตร)	ระยะเวลาในการย่อยไม้เฉลี่ย (วินาที)	ขนาดของเศษไม้เฉลี่ย (เซนติเมตร)
1 (10 ครั้ง)	ไม้สด	6	41	1.96
2 (10 ครั้ง)	ไม้แห้ง	6	45	2.50

6.3 ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเจนเนอเรเตอร์ ที่เหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้านั้น มีความต้องการความเร็วรอบของตัวเจนเนอเรเตอร์ที่ 1,497-1498 รอบต่อนาที จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 217-220 โวลต์ และมีค่าความถี่ไฟฟ้าที่ 49.8-50 Hz ของอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ ที่ใช้ในประเทศมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ และค่าความถี่ไฟฟ้าที่ 50 Hz และการวิจัยได้มีการเพิ่มโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	โหลด (W)	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ความถี่ (Hz)
1	100	1,499	220	50.0
2	200	1,499	218	49.9
3	300	1,499	217	49.8
4	400	1,499	217	50.0

ตารางที่ 4 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับที่	โหลด (W)	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ความถี่ (Hz)
5	500	1,498	217	49.9
6	1,000	1,498	218	50,3
7	2,000	1,498	218	50.2
8	3,000	1,497	218	50.2
9	4,000	1,496	215	50.0
10	5,000	1,495	212	50.0

จากตารางที่ 4 ตารางการใช้พลังงานไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าก่อนต่อโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้ามีแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 218 โวลต์ (V) ความถี่ 50 Hz และมีความเร็วรอบในช่วง 1,497-1498 รอบต่อนาที จะทำให้การใช้งานดีที่สุด และพบว่า เมื่อมีการต่อโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้ามากขึ้น จะมีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เครื่องมีภาระที่มากขึ้น ความเร็วรอบจะตกลงเล็กน้อย แรงดันไฟฟ้าต่ำลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการทำงานของเจนเนอเรเตอร์ ควรปรับความเร็วรอบจากการเร่งเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น

7. สรุปผล

การพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรผลิตชิ้นส่วนต่างๆ จากการวิจัยร่วมกับบริษัทฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด ในด้านลักษณะการใช้งาน ประสิทธิภาพการใช้งาน ผลจากการวิเคราะห์ธาตุผสมทำให้ทราบถึงวัสดุเป็นเหล็กหล่อที่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายดูได้จากปริมาณ ธาตุเหล็ก (Fe) ที่มีค่าร้อยละ 94.309 และธาตุคาร์บอน (C) ที่มีค่าร้อยละ 3.231 การออกแบบโครงสร้างให้เหล็กเหนียวและเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น การวิจัยได้มีการขึ้นรูปชิ้นส่วนโดยใช้กรรมวิธีการกลึง การไส การกัด และการเชื่อมประกอบ เป็นโครงสร้างที่สามารถรับแรงกระแทก และการทำงานที่มีแรงสั่นสะเทือนได้ โดยมีการนำวัสดุโครงสร้างมาทดสอบเหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 7 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 3,534 kgf/cm^2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 10 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 2,709 kgf/cm^2 เหล็กชุดโครงสร้างชิ้นที่ 1 (จากแบบ) มีค่าการรับแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 3,066 kgf/cm^2 ซึ่งเหล็กโครงสร้างนี้นำมาประกอบโดยใช้การขันยึดและการเชื่อม นอกจากนี้ในการพัฒนาเครื่องสับย่อยไม้สู่เชิงพาณิชย์นั้น ผู้ประกอบการมีความต้องการในพัฒนาการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องเจนเนอเรเตอร์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า และผ่านกล่องควบคุมที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้า มีฟังก์ชันการทำงานที่ใช้ระบบไฟฟ้าในหน้างานได้ จากการวิจัยได้ออกแบบการย่อยไม้ขนาดต่างๆ ที่มีขนาดน้อยกว่า 2 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 4 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่า 4 จนถึง 6 เซนติเมตร และมีขนาดตั้งแต่ 6 เซนติเมตรขึ้นไป การทดสอบๆ จำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 10 กิโลกรัม พบว่า โดยเครื่องสามารถย่อยกิ่งไม้สด

ที่มีขนาดเฉลี่ย 1.91 เซนติเมตร และการใช้เจนเนอเรเตอร์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามความต้องการของบริษัทที่มีความต้องการรอบของตัวเจนเนอเรเตอร์ที่มีโหลด 1,000-3,000 วัตต์ (W) ใช้ความเร็วรอบที่ 1,497-1,498 รอบต่อนาที ซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 218 โวลต์ และมีค่าความถี่ไฟฟ้าที่ 50 H_z ซึ่งจะทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพสูงสุด

การวิจัยได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยนำเครื่องสับย่อยไม้ลงพื้นที่เป้าหมาย เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการร่วมวิจัยประกอบกับการสร้างตลาดใหม่ยังกลุ่มเป้าหมาย โดยกำหนดพื้นที่ 2 แหล่ง คือ การถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้ยังสำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด ตั้งอยู่ที่ตำบลหาดกรวด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการแจกแบบสอบถามหลังการถ่ายทอดได้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.32 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.61 และการถ่ายทอดเครื่องสับย่อยไม้ยังสำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริด ตั้งอยู่ที่ตำบลน้ำริด อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการแจกแบบสอบถามหลังการถ่ายทอดได้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.06 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.58 การวิจัยจึงเป็นไปตามวัตถุประสงค์

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ บริษัท ฮาเวสเตอร์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด สำนักงานเทศบาลตำบลหาดกรวด สำนักงานเทศบาลตำบลน้ำริด และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ในการสนับสนุนทุนวิจัยและความสะดวกในการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้จัดทำงานวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2560). *รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย พ.ศ. 2559.* กรุงเทพฯ: กรมฯ.

นานาการ์เด็น. *เครื่องสับย่อยไม้.* (2562). สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2562, จาก https://www.nanagarden.com/

บรรเลง ศรนิล, และประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. (2526). *ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: อักษรวิทยา.

วริทธ์ อิ้งภากรณ์, และชาญ ถนัดงาน. (2536). *การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศุภวัฒน์ พุฒธะพันธ์, ชูชาติ พยอม, ศุภชัย แก้วจันทร์, และมานพ สารสุข. (2560). การพัฒนาเครื่องสับย่อยแบบข้ออิสระ. *วารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 11*(1), 24-35.

อมรอิเล็คทริค. *เครื่องสับย่อยไม้.* (2562). สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2562, จาก http://www.chipperthi.com.

Buddy Girl. ขยะในสังคมไทย. (2555). สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2562, จาก http://www.Buddygirl.blogspot.com.

การจำแนกระดับความคล้ายคลึงของเหรียญพระด้วยวิธีการรู้จำแบบ

The Classification of Similarities of Buddhist Amulets by the Pattern Recognition Method

อนุรักษ์ อ่วมเปี่ยม[1*] วันวิสาข์ จันทร์ยวง[2] อภิศักดิ์ พรหมฝาย[3] กันต์ อินทุวงศ์[4] และดุษฎี บุญธรรม[5]

[1, 2] นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

[3, 4, 5] อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Anurak Auampieam[1*] Wunwisa janyang[2] Apisak Phromfaiy[3]

Gunt Intuwong[4] and Dussadee Buntam[5]

[1, 2] Undergraduate, Computer Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

[3, 4, 5] Lecturer, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

[*]E-mail: Apisakph@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันวิธีการสร้างพระเครื่องมีขั้นตอนและกระบวนการหลายรูปแบบ เช่น การหลอมโดยใช้แม่พิมพ์ การปั๊มโลหะ ซึ่งแต่ละวิธีจะส่งผลให้เกิดรอยตำหนิที่แตกต่างกัน ซึ่งรอยตำหนินี้เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการตรวจสอบการปลอมแปลงพระ เพื่อช่วยตรวจสอบความคล้ายคลึงของเหรียญพระ งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการตรวจเหรียญพระด้วยกระบวนการรู้จำแบบ โดยทำการถ่ายภาพเหรียญพระด้านหน้าและด้านหลัง และทดสอบด้วย 3 อัลกอริทึม ได้แก่ Low Discrepancy Sampling: LD Grayscale Value Pyramid: GV และ Laplace-Gradient Wavelet Pyramid: GP จากการวิเคราะห์ผลค่าความถูกต้องและ Learning Time โดยใช้การวิเคราะห์การแปรปรวนทางเดียว ด้วยกระบวนการของ Least-Significant Different: LSD พบว่า LD อัลกอริทึมมีความถูกต้องและ Learning Time ดีที่สุด คิดเป็น 93.732% และ 0.071 ms ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพดิจิตอล, การรู้จำแบบ, เหรียญพระ

Abstract

Nowadays, the Buddhist amulets have been produced many processes such as melting using a metal stamping mold. Each mentioned method effects the different earmark. The earmark is an important indicator of the inspection of Buddhist amulets. This research aims to classify the similarities of Buddhist amulets using the pattern recognition method. The image's front view and back view of Buddhist amulet have been analyzed by three algorithms of Low Discrepancy Sampling, LD, Grayscale Value Pyramid, GV and Laplace-Gradient Wavelet Pyramid, GP. The result was analyzed by using variance analysis at 95% confidence interval

with Least-Significant Different, LSD method. It was found that the LD algorithm provided the most accurate and the learning time was 93.732% and 0.071 ms, respectively.

Keyword: Image Processing, Pattern Recognition, Buddhist amulet

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยในปัจจุบันมีการสร้างพระเครื่องออกสู่ท้องตลาดมากมาย ซึ่งมีการทำหลายรูปแบบ (พระเครื่องเมืองอุตรดิตถ์, 2553) เช่น การหลอมโดยใช้แม่พิมพ์ การปั๊มโลหะ โดยรอยตำหนิที่เกิดขึ้นจะเกิดจากแม่พิมพ์แต่ละยุคสมัย และเหรียญในยุคสมัยนั้น จะมีเหรียญหลายประเภทที่ได้รับความนิยมอย่างมาก การศึกษาเรื่องราวของพระเครื่อง ประเภทเหรียญพระพุทธ และเหรียญพระคณาจารย์รุ่นเก่าๆ นั้น มีค่านิยมสูงมาก สำหรับปี 2562 การซื้อขายนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพเศรษฐกิจเป็นหลัก เพราะบุคคลบางกลุ่มที่นิยมพระเครื่อง “ยังมีการซื้อขายกันอยู่ตลอด แต่ไม่ค่อยคึกคักเท่านั้น ถ้าเศรษฐกิจดีขึ้น ก็จะกลับมาคึกคักเหมือนเดิม” (พิศาล, 2562) การทำเหรียญพระปลอมจึงพัฒนาวิธีการทำให้ใกล้เคียงกับของแท้ยิ่งขึ้น

จากการศึกษาพบว่า มีงานวิจัยที่ทำการประมวลผลภาพวัตถุต่างๆ เช่น การตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแดงปนในข้าวขาวโดยวิธีการประมวลผลภาพดิจิตอล (ชาญชัย, 2558) การวัดประชากรเพลี้ยแป้งด้วยการประมวลผลภาพ ในการเกษตรสมัยใหม่ ได้มีการนำเทคโนโลยีชั้นสูงมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิต (มิติ และวุฒิพงศ์, 2554) การตรวจสอบฝักมะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลผลภาพ (ณัฐพล, 2555) วิธีการวัดสีแผ่นพิมพ์ธนบัตรด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์สีพื้น (ไพโรจน์, 2556) การค้นคืนข้อมูลพระเครื่องจากภาพดิจิทัล โดยเทคนิคการสกัดคุณลักษณะและวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด (ปฐมพล และพยุง, 2556) อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำอัลกอริทึม LD GV และ GP มาใช้ในการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของเหรียญพระ

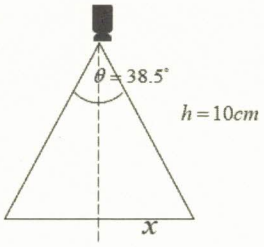
ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาเครื่องตรวจเหรียญพระด้วยกระบวนการรู้จำแบบ เพื่อแทนการใช้วิธีการส่องเหรียญพระ โดยใช้กล้องดิจิตอล และเลนส์ชนิดมาโคร โดยการถ่ายภาพด้านหน้าและด้านหลังของเหรียญ จากนั้นนำภาพที่ได้จากการถ่ายเข้าสู่อัลกอริทึมในการสอนเพื่อให้ซอฟต์แวร์ทำการเก็บข้อมูลของเหรียญ และเมื่อผู้ใช้ต้องการตรวจสอบเหรียญจึงนำเหรียญมาถ่ายแล้วกดตรวจสอบเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของเหรียญโดยที่เหรียญแต่ละเหรียญจะได้ผลออกมาเป็นร้อยละ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยเน้นกระบวนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบกับเหรียญพระ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดแนวขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญดังนี้

2.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบ

2.1.1 การคำนวณหาขนาดของเลนส์เพื่อหาพื้นที่ที่เลนส์ขนาด 8 mm สามารถมองเห็น ซึ่งพื้นที่ที่เลนส์มองเห็นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)



ภาพที่ 1 สามเหลี่ยมมุมฉาก

$$x = h \times (\tan)\frac{\theta}{2} \tag{1}$$

โดยที่ h คือ ระยะความสูง

x คือ พื้นที่ที่เลนส์มองเห็น

$\frac{\theta}{2}$ คือ องศาที่กล้องมองเห็น

2x คือ ผลรวมของพื้นที่ที่เลนส์มองเห็น

เมื่อนำค่าความสูงและมุมมองของเลนส์มาแทนสมการที่ (1) จะได้

x = 10× (tan) 19.25

x = 3.492

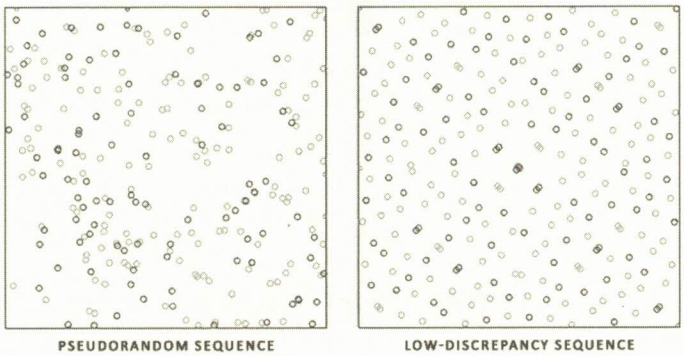
2x = 6.984 cm

ดังนั้น พื้นที่ที่เลนส์ขนาด 8 mm สามารถมองเห็น = 6.984 เซนติเมตร

2.1.2 ศึกษาอัลกอริทึม ทั้ง 3 อัลกอริทึม ได้แก่

1) การสุ่มตัวอย่างลำดับความคลาดเคลื่อนต่ำ (Low Discrepancy Sampling: LD)

ลำดับความคลาดเคลื่อนต่ำคือ ชุดของจุดมิติเติมพื้นที่ตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าชุดการสุ่มหลอกแบบตรง วิธีง่ายๆ ในการทำความเข้าใจแนวคิดที่ไม่ตรงกันและคุณสมบัติที่เหมือนกันคือ เป็นรูปทรงเรขาคณิต ดังนั้น จุดสองมิติห้าสิบสองจุดจะถูกพล็อตในหน่วยสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังภาพที่ 2 แสดงชุดของห้าสิบจุดที่สร้างขึ้นโดยใช้การสุ่มและใช้ลำดับความคลาดเคลื่อนต่ำสำหรับแต่ละมิติ ชุดความคลาดเคลื่อนต่ำจะสร้างผลลัพธ์ที่ดีกว่าในการทดลอง

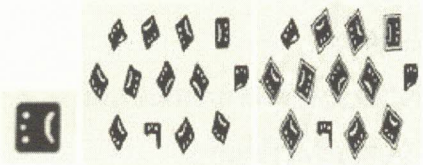


สุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนต่ำ

ภาพที่ 2 คะแนนในหน่วยสี่เหลี่ยมตามความแตกต่างแบบสุ่มและระดับต่ำ
ที่มา: Specular IBL, 2562

2) ความสัมพันธ์ระดับสีเทาในการรูปภาพพีระมิด (Grayscale Value Pyramid) (GV)

ระดับสีเทาในรูปภาพพีระมิด คือ การจับคู่ที่อิงกับโทนสีเทาเป็นอัลกอริทึมการจับคู่เทมเพลตขั้นสูงที่ขยายแนวคิดดั้งเดิมของการตรวจจับรูปแบบตามสหสัมพันธ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและช่วยให้สามารถค้นหารูปแบบที่เกิดขึ้นโดยไม่คำนึงถึงทิศทางของมัน พร้อมกับการค้นหาแบบหลายมุมนั้นเป็นวิธีการจับคู่แบบ T บนฐานของ Grayscale ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 (1) รูปแบบภาพ (2) ภาพอินพุต (3) ผลลัพธ์ของการจับคู่แบบหลายมุม

3) คลื่นความลาดชันพีระมิด (Laplace-Gradient Wavelet Pyramid) (GP)

คลื่นความลาดชันพีระมิด คือการแปลง Wavelet แบบดั้งเดิม (Mallat, 1996) ทำเหมือนตัวดำเนินการอนุพันธ์หลายใบเมื่อนำไปใช้กับข้อมูลหลายมิติ ข้อมูลถูกประมวลผลในลักษณะที่แยกกันไม่ได้ Wavelet เดียวที่ทำหน้าที่เหมือนโอเปอเรเตอร์ของ Laplace-Complex ซึ่งเป็นเคอร์เนลที่ปรับให้เรียบดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ Wavelet คือ ค่าที่ซับซ้อนและเฟสของมันให้ข้อมูลทิศทาง

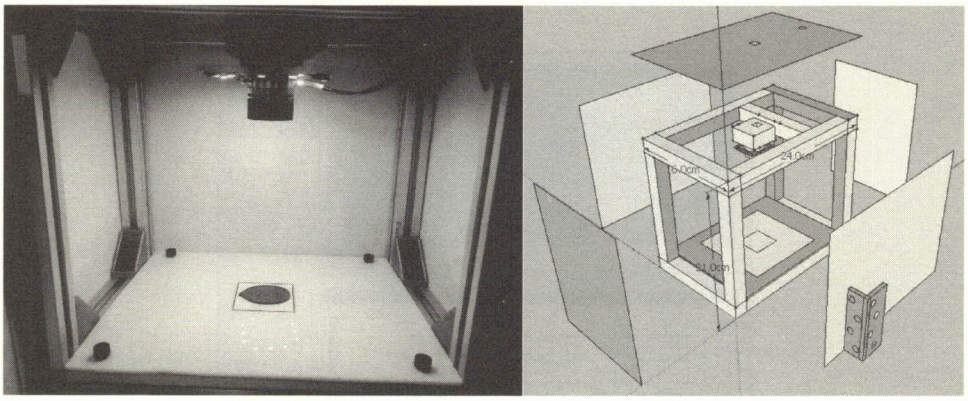
2.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องตรวจเหรียญพระด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล

ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องตรวจเหรียญพระได้ศึกษาแนวทางการตรวจเหรียญพระด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจเหรียญพระจะได้เครื่องตรวจเหรียญพระตามภาพที่ 4 (ก) และมีส่วนประกอบตามภาพที่ 4 (ข) โดยมีส่วนที่สำคัญดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ชุดโครงสร้างขนาด 16x24 เซนติเมตรโดยทำมาจากอะลูมิเนียมโปรไฟล์ ด้านล่างเป็นเทมเพลตใช้วางเหรียญพระ ด้านบนกึ่งกลางของตัวโครงสร้างจะมีการติดตั้งชุดกล้องและไฟ LED

ส่วนที่ 2 ชุดผนังปิด จะใช้แผ่นอะคริลิคสีขาวจำนวน 6 ชิ้น ใช้สกรูสเตนเลสยึดกับล้อฉากที่ยึดกับโครงสร้างอะลูมิเนียมโปรไฟล์

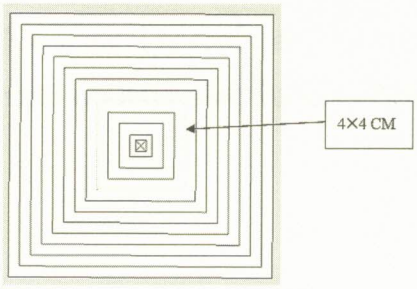


(ก) เครื่องตรวจเหรียญพระ (ข) ส่วนประกอบเครื่องตรวจเหรียญพระ

ภาพที่ 4 เครื่องตรวจเหรียญพระ

2.3 การวิเคราะห์ตรวจจับเส้นสี่เหลี่ยมเพื่อหาช่วงขอบเขตการมองเห็นของภาพที่ไม่ผิดเพี้ยน

เก็บค่าการวิเคราะห์ตรวจจับขอบเพื่อหาช่วงขอบเขตการมองเห็นของภาพที่ไม่ผิดเพี้ยน เริ่มจากการตรวจจับขอบ โดยทำการสร้างเส้นขอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.5× 0.5 เซนติเมตร 1× 1 เซนติเมตร 2× 2 เซนติเมตร 3× 3 เซนติเมตร 4× 4 เซนติเมตร 5× 5 เซนติเมตร 6× 6 เซนติเมตรและ 7× 7 เซนติเมตร แล้วทำการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยกระบวนการของ Fisher โดยทำการวิเคราะห์การตรวจจับขอบเขตของ R-Squared จากเปอร์เซ็นต์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยการพัฒนาเครื่องตรวจเหรียญพระด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล จึงเลือกใช้กรอบ 4× 4 เซนติเมตร โดยขนาดของเหรียญพระจะมีขนาดไม่เกิน 4× 4 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5

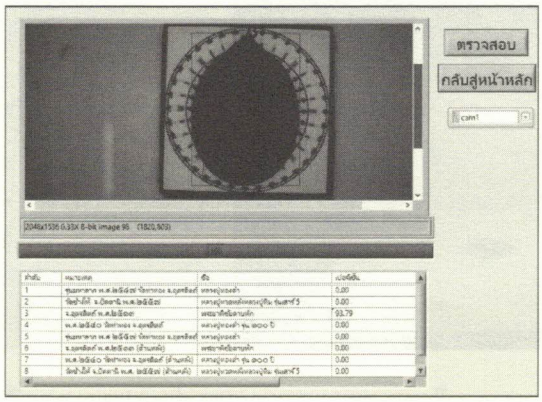


ภาพที่ 5 ผลการทดลองการวิเคราะห์ตรวจจับเส้นสี่เหลี่ยม ทั้ง 4 ด้าน

3. ผลการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ผลหาประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องตรวจเหรียญพระ

จากการเก็บค่าเหรียญ 4 เหรียญ ทดลองอัลกอริทึมทั้งหมด 4 ครั้ง ต่อ 1 อัลกอริทึม และทดลองทั้งหมด 2 ค่า ได้แก่ Accuracy และ Learning Time ได้ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 1 เข้ากระบวนการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยกระบวนการของ Fisher และได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 และ 3



ภาพที่ 6 หน้าโปรแกรมตรวจจับได้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ One way Anova โดยวิเคราะห์ว่า Algorithm มีผลต่อ Accuracy กับ Learning Time ด้วยกระบวนการของ Fisher

Algorithm	Accuracy (%)				Learning Time (ms)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
LD	94.932	97.672	87.981	94.343	0.084942	0.069687	0.065131	0.062239
GV	95.653	94.013	92.224	95.279	1.830102	1.452221	1.223682	1.418958
GP	94.283	98.094	89.704	95.434	7.793754	7.171438	6.894068	7.86821

จากการวิเคราะห์ผลทำให้ทราบว่าอัลกอริทึมไม่มีผลต่อ Accuracy เนื่องจาก P-value = 0.945 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะสรุปได้ว่า อัลกอริทึมไม่มีผลต่อความถูกต้องในการตรวจสอบจากค่า P-Value > 0.005 ดังตาราง 2 แต่ส่งผลต่อ Learning Time เนื่องจาก P-Value = 0.000 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะสรุปได้ว่า อัลกอริทึมที่สามารถใช้เวลาเรียนรู้น้อยที่สุดคือ LD (Low Discrepancy Sampling) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงตารางผลการวิเคราะห์ Accuracy

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Al	2	0.9866	0.4933	0.05	0.954
Error	9	94.3691	10.4855		
Total	11	95.3557			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.23813	1.03%	0.00%	0.00%

ตารางที่ 3 แสดงตารางผลการวิเคราะห์ Learning Time

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F Value	P-Value
Al	2	122.120	61.0599	630.58	0.000
Error	9	0.871	0.0968		
Total	11	122.991			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.311176	99.29%	99.13%	98.74%

4. การอภิปรายผลและบทสรุป

จากการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมเครื่องตรวจเหรียญพระด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอลได้มีการสอนกระบวนการรู้จำในการประมวลผลของภาพที่ได้จากกล้อง ซึ่งข้อมูลเหรียญพระเหล่านี้จะถูกดึงมาเปรียบเทียบจากฐานข้อมูล อยู่ในขอบเขตที่รับได้ การทดสอบการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องตรวจเหรียญพระด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล ได้มีการทดลองเก็บค่าเหรียญ 4 เหรียญ ทดลองอัลกอริทึมทั้งหมด 4 ครั้ง ต่อ 1 อัลกอริทึม และเข้ากระบวนการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยกระบวนการของ Fisher แล้วนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์ค่าสองค่า ได้แก่ Accuracy และ Learning Time ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าอัลกอริทึมไม่มีผลต่อ Accuracy ในการตรวจสอบหาค่าความถูกต้อง

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ควบคุมของเครื่องตรวจเหรียญพระด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล จากการทดสอบหาประสิทธิภาพและการวิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความถูกต้อง โดยการใช้อัลกอริทึม Low Discrepancy Sampling (LD) ในการตรวจสอบเหรียญพระทั้งหมด โดยคิดค่าเฉลี่ย

Accuracy (%) ของอัลกอริทึม Low Discrepancy Sampling (LD) ได้ 93.732% และ Learning Time (ms) เป็น 0.071%

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากความเมตตาชี้แนะของอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิศักดิ์ พรหมฝาย และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุษฎี บุญธรรม และอาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่กรุณาแนะแนวทางสู่ความสำเร็จ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเอื้อประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และหากเกิดข้อผิดพลาดประการใดผู้จัดทำขอน้อมรับฟังคำชี้แนะจากผู้รู้ทุกท่านและหากเกิดคุณความดีอันใดขึ้นผู้จัดทำขอน้อมรับสักการะแด่ผู้มีพระคุณข้างต้นทุกท่าน ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ชาญชัย นามพล. (2558).การตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแดงปนในข้าวขาวโดยวิธีการประมวลผลภาพดิจิตอล. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 5*(1), 59-71. สืบค้นจาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/jitubru/article/view/58203

ณัฐพล ชัยทวิชธานันท์. (2555). *การตรวจสอบฝักมะขามหวานเสียโดยวิธีการประมวลผลภาพ.* เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา.

เตชะวิภาค พิศาล. (1 มกราคม 2562). เซียนพระวิเคราะห์ตลาดพระเครื่อง 2562. *ข่าวสดออนไลน์.* สืบค้นจาก https://www.khaosod.co.th/amulets/news_2015319

ปฐมพล ฟักทอง, และพยุง มีสัจ. (2556). การค้นคืนข้อมูลพระเครื่องจากภาพดิจิทัล โดยเทคนิคการสกัดคุณลักษณะและวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 9*(2), 34-40.

พระเครื่องเมืองอุตรดิตถ์. (2553). สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2562, จาก http://www.prauttaradit.com

ไพโรจน์ คล้ายเพ็ชร์. (2556). วิธีการวัดสีแผ่นพิมพ์ธนบัตรด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์สีพื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มิติรุ จานุรักษ์, และวุฒิพงศ์ อารีกุล. (2544). *การวัดประชากรเพลี้ยแป้งด้วยการประมวลผลภาพ.* Electrical engineering conference.

เว็บพระ. (2562). เหรียญพระยาพิชัยดาบหัก รุ่นแรก ปี 13 “บ.ขาด” บล็อกนิยม. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2562, จาก https://www.web-pra.com/shop/jorawis/show/802812

K-Me Article. (2562). โครงสร้างอะตอม ตอนที่ 5 แบบจำลองอะตอมของโบห์ร. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2562, จาก http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1243

Mallat S. (1996). Wavelets for a vision. *Proceedings of the IEEE, 84*(4), 604-614.

Specular IBL. (2562). สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2562, จาก https://learnopengl.com/PBR/IBL/Specular-IBL

การพัฒนาเครื่องเตือนภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวเพื่อให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน

The Development Earthquake Warning Equipment Controlled by Embedded System for Standard

สิปราง เจริญผล[1*] รัชนี ลือดารา[2] นวลนภา จุลสิทธิ[3] และธเนศ คณะดี[4]

[1, 2] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

[3] สำนักนวัตกรรมและบริการสังคม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

[4] ศูนย์ความเชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Siprang Charoenpol[1*] Rachanee Luedara[2] Noulnapha Julasitti[3] and Thanat kanadee[4]

[1, 2] Faculty of Industrial Technology Chiangrai Rajabhat University

[3] Innovation and Social Service Office Chiangrai Rajabhat University

[4] Center for Microwave and Robotic Technology Chiangrai Rajabhat University

*E-mail: siprang15@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวและส่งข้อมูลการแจ้งเตือนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะทางไกลด้วยเทคโนโลยี LORA โดยเครื่องมือนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ที่ทำการวัดมุมเอียง เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน วงจรไมโครคอนโทรเลอร์ และวงจรไมโครคอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัว สำหรับการคำนวณจะใช้เทคนิคการประมาณค่าที่เปลี่ยนแปลงของมุมโดยใช้สมการถดถอย จะสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรงของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตาม ดังนั้นเมื่อทดสอบจะทดสอบความแรงของแผ่นดินไหวจำนวน 6 ค่า คือ 1 ริกเตอร์ 2 ริกเตอร์ 3 ริกเตอร์ 4 ริกเตอร์ 5 ริกเตอร์ และ 6 ริกเตอร์ ตามลำดับ จากการทดลองสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรงของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามและมีระยะทางไกลจากการแจ้งเตือนในระยะ 2 กิโลเมตร จากตัวเซนเซอร์และสามารถแสดงการแจ้งเตือนผ่านระบบอินเทอินเทอร์อร์เน็ตระยะทางไกล ผลจากการทดลองเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวที่คณะผู้วิจัยนำเสนอมีความถูกต้องอยู่ที่ระดับที่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จากความแม่นยำ

คำสำคัญ: แผ่นดินไหว, ระบบสมองกลแบบฝังตัว, เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน

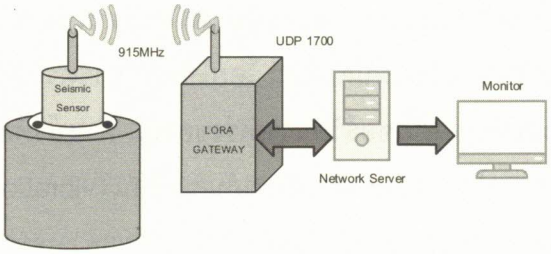
Abstract

The research focuses on the development of the earthquake detection controlled by the embedded system and the data transmission warning through the remote internet system with LORA technology. The tools consist of the tilt sensor, the vibration sensor, the microcontroller circuit and the embedded microcomputer circuit. For the calculation, an estimation technique of changing the angle is applied using the regression equation. It can be described that when the magnitude of the earthquake increases, the changed angle of the angle sensor will increase as well. Therefore, the test has determined the strength of the earthquake in 6 levels by the Richter Magnitude Scale; 1 Richter, 2 Richter, 3 Richter, 4 Richter, 5 Richter, and 6 Richter respectively. The experimental results show that the tools can be alerted in the distance of 2 kilometers from the sensor. Moreover, it can display the notifications via the remote internet system for long distance. The results provide about 80 percent accuracy.

Keywords: Earthquake, Embedded System, Seismic-Isolated.

1. บทนำ

แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดในประวัติศาสตร์มีขนาดมากกว่า 9 ริกเตอร์เล็กน้อย แม้จะไม่มีขีดจำกัดว่าขนาดจะมีได้ถึงเท่าใด จากแผ่นดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายเมื่อปี พ.ศ. 2557 มีความรุนแรงขนาด 6.0 ริกเตอร์ จากการสำรวจข้อมูลของชุมชนพบว่า แผ่นดินไหวครั้งที่ผ่านมาสร้างความเสียหายให้กับที่อยู่อาศัยในพื้นที่เกิดเหตุเป็นจำนวนมาก รวมถึงสร้างความตื่นตัวและวิตกกังวลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นอีกในอนาคต ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนวัดโดยมาตราเมร์กัลลีที่ถูกดัดแปลง หากตัวแปรอื่นคงที่ แผ่นดินไหวที่อยู่ตื้นกว่าจะสร้างความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างมากกว่าแผ่นดินไหวที่อยู่ลึกกว่าในการแจ้งเตือนภัยที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวนั้นส่วนใหญ่จะสามารถแจ้งเตือนในระยะเวลาอันใกล้เคียงกับการเกิด และปัญหาจากการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงเวลากลางคืนจะยิ่งทำให้เกิดความเสียหายกับมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาพักผ่อนและอาจทำให้เกิดการสูญเสียจากการที่ไม่สามารถหนีหรือหลบภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว ดังนั้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวระบบการแจ้งเตือนแผ่นดินไหวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัว เพื่อที่จะสามารถแจ้งเตือนการเกิดแผ่นดินไหวในเวลากลางวันและเวลากลางคืนได้สามารถแจ้งเตือนให้ผู้ประสบภัยทำการหนีออกจากอาคารและหลบภัยได้



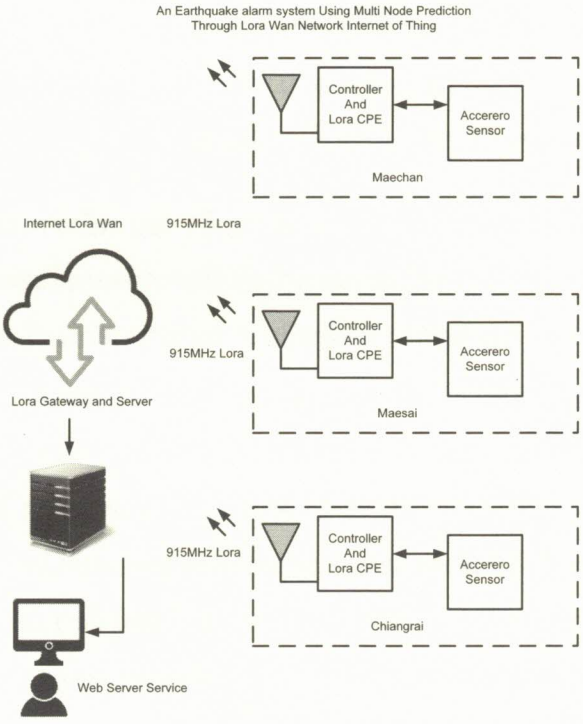
ภาพที่ 1 การเชื่อมต่อระบบตรวจจับแผ่นดินไหวในงานวิจัยนี้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างวงจรไซสโมมิเตอร์ (Seismometer) และเพื่อสร้างวงจรควบคุมและวิเคราะห์การเกิดแผ่นดินไหวด้วยระบบสมองกลจากนั้นนำข้อมูลของการวิเคราะห์และการแจ้งเตือนทำการส่งข้อมูลที่ถูกการประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วทำการแจ้งเตือนผ่านเวปแอพพลิเคชั่น และเมื่อทำการทดสอบในเบื้องต้นแล้วจากนั้นทำการพัฒนาและทดสอบเครื่องมือเตือนภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวให้ได้มาตรฐาน และทำการทดลองใช้เครื่องมือเตือนภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวให้กับชุมชนในพื้นที่เสี่ยงภัย

3. วิธีการวิจัย

3.1 ทฤษฎีและการออกแบบระบบสมองกลฝังตัวบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมของระบบการแจ้งเตือนแผ่นดินไหวผ่านระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งกำลังงานต่ำ

จากภาพที่ 1 แสดงการเชื่อมต่อระบบตรวจจับแผ่นดินไหวในงานวิจัยนี้ โดยเริ่มจากเมื่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ทำการตรวจจับแผ่นดินไหว โดยใช้หลักการตรวจวัดความเร่งของมุม ซึ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความเร่งของมุม ทำหน้าที่ตรวจจับมุมเอียงที่เกิดขึ้นและตรวจจับความเร่งของมุมที่เปลี่ยนแปลง วงจรเซนเซอร์การสั่นสะเทือน (Vibration Sensor) ทำหน้าที่ตรวจจับการสั่นสะเทือน วงจรไมโครคอนโทรเลอร์ stm32 ทำหน้าที่ประมวลผลความเร่งของมุมและทำหน้าที่ส่งข้อมูล วงจรรับส่งข้อมูลระบบอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่งกำลังงานต่ำ

จากภาพที่ 2 หลักการทำงานของวงจรเริ่มจากเมื่อเซนเซอร์ตรวจวัดความเร่งของมุมตรวจวัดความเร่งเชิงมุม ที่มีค่าเกินปริมาณ 40 องศา และทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนได้รับแรงสั่นสะเทือนพร้อมกันจะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ โดยขนาดการสั่นสะเทือนจะแสดงออกมาในรูปของการขจัด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการขจัดมีความสัมพันธ์กับความเร็วและความเร่ง การวัดความเร็วและความเร่งก็อาจใช้เพื่อแสดงการสั่นสะเทือนได้ พิจารณาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการขจัด ความเร็วและความเร่งต่อไปนี้ (Xiang Ding ; Xiaoqing Wang ; Aixia Dou ; Long Wang, 2009)

$$x = A\cos(\omega t + \varphi) \tag{1}$$

$$y = -\omega A\sin(\omega t + \varphi) \tag{2}$$

$$z = -\omega\ A\ \omega t + \varphi \tag{3}$$

โดยที่ A คือ ขนาดของการขจัด

x คือ ค่ามุมความเร่งที่วัดได้ใน ในแกน x

y คือ ค่ามุมความเร่งที่วัดได้ใน ในแกน y

z คือ ค่ามุมความเร่งที่วัดได้ใน ในแกน Z

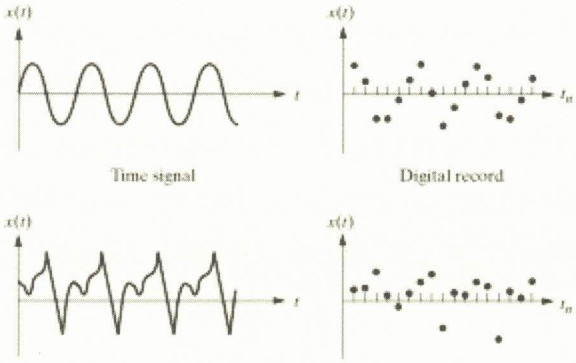
เนื่องจากพลังงานเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว เช่น พลังงานจลน์เป็นฟังก์ชันของความเร็วยกกำลังสอง ดังนั้นความเร็วจึงเป็นปริมาณพื้นฐานตัวหนึ่งที่ใช้ในการวัดการสั่นสะเทือน

จากสมการจะพบว่า หากขนาดของการขจัดเป็น A ขนาดของความเร็วและความเร่งจะหาได้โดยคูณขนาดของการขจัดด้วย ความเร็วเชิงมุม ω หรือ 2 ω ตามลำดับ ดังนั้นหากการสั่นสะเทือนเกิดที่ความถี่สูงขนาดความเร่งก็จะมีค่ามากกว่าความเร็วและการขจัด ด้วยเหตุนี้ในการวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรโดยทั่วไปที่มักมีความถี่สูง มากกว่า 1,000 เฮิรตซ์ จึงวัดปริมาณที่เป็นความเร่ง ในทางตรงกันข้ามการวัดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำ น้อยกว่า 10 เฮิรตซ์ เช่น การสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว จึงอาจวัดขนาดของการขจัดแทน สำหรับการสั่นสะเทือนที่ความถี่ปานกลาง อยู่ระหว่าง 10 เฮิรตซ์ ถึง 1,000 เฮิรตซ์ มักนิยมวัดความเร็ว และเมื่อวัดค่าการสั่นสะเทือนโดยการอ่านค่าและทำการคำนวณโดยไมโครคอนโทรเลอร์แล้วจะทำการสุ่มค่าความถี่ที่เกิดขึ้นโดยเวลาที่แต่ละจุดถูกสุ่มวัดจะห่างเท่ากัน ลักษณะการสุ่มวัดสัญญาณแสดงดังภาพที่ 3 ความถี่ที่ใช้สุ่มวัดการสั่นสะเทือนมีชื่อเรียกว่าความถี่สุ่มสัญญาณ Sampling Frequency สำหรับช่วงเวลาที่แต่ละจุดข้อมูลห่างกันนั้นสามารถคำนวณได้จากความถี่สุ่มสัญญาณดังสมการที่ 4

$$T = \frac{1}{samplefreq} \tag{4}$$

โดยที่ T คือ ค่าเวลาที่เกิดขึ้นเมื่อทำการสุ่มสัญญาณ

Samplefreq คือ ค่าความถี่ของการสุ่มสัญญาณ



ภาพที่ 3 ความถี่ที่ใช้สุ่มวัดการสั่นสะเทือนสำหรับช่วงเวลาที่แต่ละจุดข้อมูล

จะเห็นว่ายิ่งใช้ความถี่สุ่มสัญญาณสูงขึ้นเท่าใด ก็จะทำให้วัดสัญญาณได้ตรงกับลักษณะสัญญาณจริงมากขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามหากใช้ความถี่สุ่มสัญญาณสูงมากเกินไปก็จะส่งผลต่อจำนวนของจุดข้อมูลที่ต้องจัดเก็บและเวลาดำเนินการต่อมากขึ้นเกินกว่าความจำเป็น โดยอาจได้รายละเอียดของข้อมูลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในทางตรงข้ามหากใช้จำนวนจุดความถี่สุ่มสัญญาณน้อยมากเกินไปแล้ว อาจจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Aliasing ขึ้นได้ จากนั้นไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการเปลี่ยนสัญญาณในโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ โดยใช้การแปลงแบบฟูเรียร์ (Fourier Transform) หลักการของการแปลงฟูเรียร์มีความคล้ายคลึงกับการเขียนสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันคาบ ให้เป็นผลรวมของฟังก์ชันไซนูซอยด์โดยสมการที่ใช้ในการแปลงฟูเรียร์คือ

$$x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{j\omega t} dt \tag{5}$$

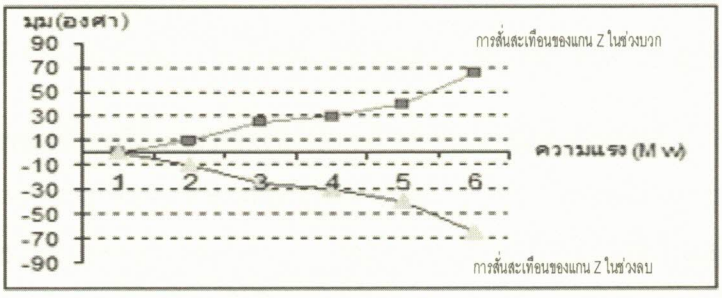
โดย $x(\omega)$ คือ สัญญาณในโดเมนความถี่ และ $x(t)$ คือ สัญญาณในโดเมนเวลา สำหรับตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ความสูงของเส้นหมายถึงขนาดของสัญญาณ X และเกิดที่ตำแหน่งในแกนนอน ซึ่งเท่ากับความถี่ ω ของสัญญาณ

เมื่อสุ่มค่าวัดการสั่นสะเทือนและเปลี่ยนสัญญาณในโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ เสร็จสิ้นก็จะส่งข้อมูลที่ทำการวัดได้โดยผ่านโมดูลอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งระยะทางไกลกำลังงานต่ำ ด้วยเทคโนโลยี LORA ซึ่งจะส่งข้อมูลที่ความถี่ 915 MHz กำลังส่ง 100 มิลลิวัตต์กำลังงาน สามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลถึง 3 กิโลเมตร เมื่อใช้งานร่วมกับสายอากาศแบบรอบทิศทางอัตรากำลังขยาย 12 dBi โดยใช้งานที่ช่องสัญญาณความถี่ 923.4 MHz ทำการส่งข้อมูลที่วัดค่าสั่นสะเทือนไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ของระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งและทำการส่งผ่านข้อมูลผ่าน UDP โปรโตคอลที่พอร์ต 1700 ไปยัง LORA เน็ตเวิร์คเซิร์ฟเวอร์ จากนั้น LORA

เน็ตเวิร์คเซิร์ฟเวอร์จะคัดกรองแพ็กเกจข้อมูลที่ได้จากเกตเวย์และทำการส่งข้อมูลแสดงผลไปยัง แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานผ่านโปรโตคอล MQTT

3.2 การทดลองการวัดค่าของมุมเอียงของเซนเซอร์

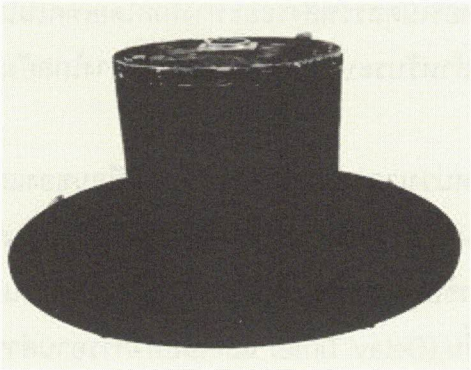
การทดสอบค่าของมุมที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดสภาวะแผ่นดินไหวโดยการทดสอบได้ทดสอบเทียบมุมองศาที่เปลี่ยนแปลงกับเครื่องจำลองแผ่นดินไหวของศูนย์เฝ้าระวังแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยค่าความแรงที่เกิดขึ้นมีผลต่อองศาที่เปลี่ยนแปลงไปจากกราฟในภาพที่ 4 เมื่อทำการใช้เทคนิคการประมาณค่าที่เปลี่ยนแปลงของมุมโดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) จะสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรงของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม (Accelerometer Seismology Sensor) จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตาม ดังนั้น เมื่อทำการทดสอบจะทำการทดสอบความแรงของแผ่นดินไหวจำนวน 6 ค่า คือ 1 ริกเตอร์ 2 ริกเตอร์ 3 ริกเตอร์ 4 ริกเตอร์ 5 ริกเตอร์ และ 6 ริกเตอร์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแรงของแผ่นดินไหวกับมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม (Accelerometer Seismology Sensor)

$$Y = \alpha + \beta x \tag{6}$$

การวิเคราะห์สมการถดถอย กำหนดให้ Y คือ ค่าเฉลี่ย ตัวแปร X จะถูกกำหนดค่าไว้ก่อนและค่า Y จะเปลี่ยนไปตามตัวแปร X กำหนดให้ α คือ ค่าคงที่ เป็นค่าที่เส้นกราฟถดถอยตัดกับแกน Y ส่วน β คือ ความชันของเส้นกราฟ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ X เปลี่ยนแปลง

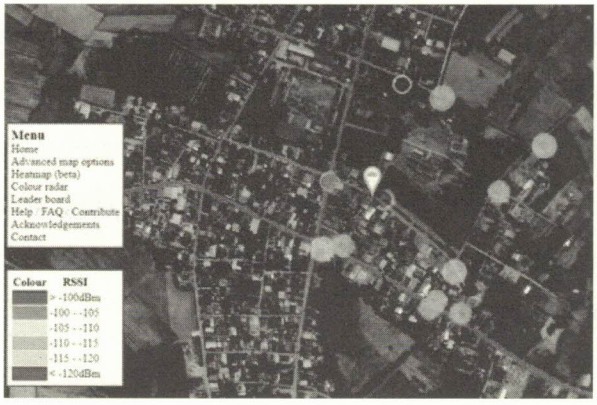


ภาพที่ 5 เซนเซอร์วัดมุม (Accelerometer Seismology Sensor) ที่ใช้ในงานวิจัย

โดยค่าความแรงของการสั่นสะเทือนนั้นสามารถวัดได้โดยเทียบเป็นมุมที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตั้งแต่ -90 องศา ไปจนถึง 90 องศาในการติดตั้งเซนเซอร์วัดมุมจะติดตั้งโดยยึดสกรูลงบนแท่นหล่อปูนที่ติดตั้งบนพื้นดิน

3.3 การทดลองการวัดสัญญาณที่เกิดขึ้นของการสื่อสารผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ด้วยเทคโนโลยี LORA

จากภาพที่ 6 แสดงระยะการส่งข้อมูลจาก LORA Node ไปยัง LORA Gateway ด้วยช่องทางการส่งความถี่สูง ด้วยการส่งรูปแบบ FSK โดยความถี่ที่ทำการส่งมีกำลังส่งอยู่ที่ประมาณ 14 dBm หรือประมาณ 25 มิลลิวัตต์กำลังงาน และมีการเข้ารหัสการส่งด้วยเทคโนโลยี LORA Protocols ระหว่างตัวส่งโนด LORA กับ LORA Gateway



ภาพที่ 6 ระยะของการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนการสั่นสะเทือนผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ด้วยเทคโนโลยี LORA

4. อภิปรายผลการทดลอง

ในการทดลองเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวสามารถวัดค่ามุมความเอียงของการสั่นสะเทือนได้อยู่ในช่วง -90 ถึง 90 องศา และได้มีการเพิ่มส่วนงานของระบบการสื่อสารระยะ

ทางไกลด้วยระบบการสื่อสารอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งระยะทางไกลโดยเทคโนโลยี LORA อย่างไรก็ตามพบว่าในผลการทดลองเห็นว่าการทดลองสำหรับระบบการสื่อสารระยะทางไกลยังมีข้อจำกัดบางประการ ซึ่งผู้วิจัยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ค่าของการหน่วงเวลาเนื่องจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวมีการสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่องและมีช่วงความถี่ระดับ Short Period (1-10 Hz) และระบบการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังหน่วยประมวลผลกลางของระบบหลักส่งข้อมูลแบบอนุกรม SPI โดยมีความเร็วในการส่งข้อมูล 4,200 บิตต่อวินาที ส่งผลให้มีค่าการประวิงเวลาเกิดขึ้น (Delay Time) และเมื่อทำการอ่านค่าของการสั่นสะเทือนจะได้ข้อมูลที่หน่วงเวลาเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในทฤษฎีของ Seismic Wave Field Separation แล้วนั้นมีผลที่มีค่าที่สอดคล้องและใกล้เคียงกันแต่จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของระบบของการแจ้งเตือนที่งานวิจัยของ Seismic Wave Field Separation นั้นจะทำการวิเคราะห์แล้วแจ้งเตือนที่ตัวมันเองส่วนงานวิจัยนี้จะทำการแจ้งเตือนที่ระยะทางไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

ประเด็นที่ 2 ระยะทางการรับส่งของการแจ้งเตือนจะมีช่วงระยะไม่เกิน 2 กิโลเมตร และมีการประวิงเวลาในการรับข้อมูลระหว่างโนด เซนเซอร์การสั่นสะเทือน และเกตเวย์ เนื่องจากข้อจำกัดการใช้งานในงานวิจัยได้ทำการเลือกใช้สายอากาศแบบรอบทิศทางและมีอัตราการขยายสัญญาณขนาด 3 dBi จึงทำให้ได้ระยะทางของการรับและส่งสัญญาณอยู่ในช่วง 100 เมตร ถึง 2 กิโลเมตร หากต้องการระยะทางการแจ้งเตือนที่ไกลขึ้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งสายอากาศที่มีอัตราการขยายที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงระยะทางที่ทดลองได้ในงานวิจัยก็สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ปัญหาที่สำคัญของงานวิจัยนี้คือในการติดตั้งเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวนั้นจะต้องทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดมุมกับพื้นที่ระนาบที่ทำมุม 0 องศา เพื่อลดความผิดพลาดของมุมที่ทำการตรวจจับ และการแจ้งเตือนนั้นเกิดการประวิงเวลาขึ้นเนื่องจากจะต้องใช้ในการอ่านค่าการสั่นสะเทือนและทำการส่งผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะควรมีการพัฒนาต่อยอดให้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลของเซนเซอร์ให้สูงขึ้น และเพิ่มความเร็วของการส่งข้อมูลให้มากขึ้นให้ทำการแสดงผลและแจ้งเตือนได้รวดเร็วกว่าระบบเดิม

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวไปทำการทดสอบระบบ ณ ศูนย์เฝ้าระวังแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่ามุมองศาที่เปลี่ยนแปลงกับเครื่องจำลองแผ่นดินไหวของศูนย์เฝ้าระวังแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยค่าความแรงที่เกิดขึ้นมีผลต่อองศาที่เปลี่ยนแปลงไป และจากการทดสอบในการวัดค่าการสั่นสะเทือนนั้นจะใช้การทดลองค่าการสั่นสะเทือนจำนวน 6 ค่า ตั้งแต่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 มาตราริกเตอร์ ตามลำดับ และนำเทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ความเป็นเชิงเส้น โดยใช้สมการแบบถดถอยจะสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรง

ของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุมจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตาม ผลจากการทดลองเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวที่คณะผู้วิจัยนำเสนอมีความถูกต้องอยู่ที่ระดับที่มากกว่า 80% และสามารถแสดงการแจ้งเตือนการสั่นสะเทือนด้วยระยะทางไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะทางไกลด้วยเทคโนโลยี LORA ทำให้สะดวกต่อการติดตั้ง เนื่องจากสถานที่ติดตั้งเซนเซอร์การสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวในบางพื้นที่มีข้อจำกัดด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ระบบการสื่อสารด้วยอินเทอร์เน็ตระยะทางไกลสามารถที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถติดตามสถานการณ์แจ้งเตือนได้จากหน้าแอปพลิเคชันได้ นอกจากนั้นเครื่องวัดแผ่นดินไหวนี้ยังสามารถต่อยอดองค์ความรู้เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ Multi Node และสามารถวิเคราะห์การแจ้งเตือนได้ในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยภายใต้เงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2561 รหัสโครงการ 643011

8. เอกสารอ้างอิง

สิปราง เจริญผล, รัชนี ลือดารา, นวลนภา จุลสิทธิ, และธเนศ คณะดี. (2562). การออกแบบและสร้างอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์การตรวจจับแผ่นดินไหวโดยใช้ระบบสมองกลแบบฝังตัวส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารไร้สายกำลังต่ำ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ "เทคโนโลยีภาคใต้วิจัย" ครั้งที่ 9 ประจำปีการศึกษา 2561.* นครศรีธรรมราช: วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้.

อนวัช สรรพศรี (2012), *เอาชีวิตรอดจากสึนามิ สิ่งที่ ควรรู้ก่อนภัยมาถึง*, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 250 หน้า.

อนวัช สรรพศรี (2010), *การประเมินความเสี่ยงสึนามิต่อประชากรและอาคารริม ฝั่งทะเลในประเทศไทย*, ดุษฎีนิพนธ์มหาวิทยาลัยโทโฮคุ, 260 หน้า. (ภาษาอังกฤษ).

Ding, X., Wang, X. Q., Dou, A. X., and Wang, L. (2009). Study on a practical earthquake damage analysis and processing system based on RS and GIS. *2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium.* Cape Town, South Africa.

Shen, H. Y., and Li, Q. C. (2010). A new method of seismic wavefield separation and denoising. *2010 2nd International conference on advanced computer contro.* (pp. 107-110). Shenyang, China.

Sherki, Y., Gaikwad, N., Chandle, J., Kulkarni, A. (2015). Design of real time sensor system for detection and processing of seismic waves for earthquake early warning system. *2015 International Conference on Power and Advanced Control Engineering* (285-289). Bangalore, India.

ภาคผนวก

การเตรียมบทความตีพิมพ์วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Manuscript Preparation Guideline for Innovation and Community Technology Journal

ชื่อ นามสกุล[1*] และชื่อ นามสกุล[2]

[1] ตำแหน่ง, ชื่อสถาบัน/หน่วยงานต้นสังกัด

[2] ตำแหน่ง, ชื่อสถาบัน/หน่วยงานต้นสังกัด

First Author's First-Last Names[1*] and Second Author's First-Last Names[2]

[1] Position, Address

[2]Position, Address

*E-mail: xxx@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยและบทความวิชาการ ผู้ส่งบทความจะต้องยึดรูปแบบตามบทความนี้อย่างเคร่งครัด บทความใดที่รูปแบบไม่ถูกต้อง จะถูกส่งคืนและไม่รับพิจารณาในครั้งนี้ บทคัดย่อต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียว ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป มีความยาวไม่เกิน 300 คำ

คำสำคัญ: ระบุคำสำคัญของเรื่อง (Keyword) จำนวน 3-5 คำ

Abstract

The research papers and Academic Papers, Authors are required to strictly follow the guidelines provided here, otherwise the manuscript will be rejected immediately in this time. The abstract has both of Thai and English Language. A good abstract should have only one paragraph. In abstract identify the importance of objectives, methodology, results, and conclusions. The length of each should not exceed 300 words.

Keyword: the number of keywords should not exceed 3-5 words.

1. คำแนะนำในการส่งผลงานเพื่อตีพิมพ์

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ โดยบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น หากมีเนื้อหา ข้อมูลวิจัยบางส่วนเคยพิมพ์ในรายงานการประชุมวิชาการจะต้องมีส่วนที่เพิ่มเติมหรือขยายจากส่วนที่เคยตีพิมพ์และต้องมีคุณค่าทางวิชาการที่เด่นชัด โดยได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ

2. บทความที่รับพิจารณาลงพิมพ์

2.1 บทความวิจัย

มีความยาวไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ เนื้อเรื่องจะประกอบด้วย บทนำ (Introduction), วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives), ขอบเขตของการวิจัย (Scope of Study), วิธีดำเนินการวิจัย (Research Rethodology), ผลการวิจัย/การทดลอง (Results), บทสรุป (Conclusion), อภิปรายผล (Discussion), ข้อเสนอแนะ (Recommendation), กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement, ถ้ามี), เอกสารอ้างอิง (References)

2.2 บทความวิชาการ

มีความยาวไม่น้อย 10 หน้ากระดาษ A4 แต่ไม่ควรเกิน 15 หน้ากระดาษ A4 เป็นบทความที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากหนังสือ เอกสาร ประสบการณ์หรือเรื่องแปล เพื่อเผยแพร่ความรู้ในสาขาต่างๆ หรือแสดงข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์มีคุณค่าทางวิชาการ บทความวิชาการควรประกอบด้วย ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สถานที่ทำงาน วิธีการการติดต่อผู้เขียน บทคัดย่อ (Abstract) และคำสำคัญ (Keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตามด้วยเนื้อเรื่อง ซึ่งลักษณะองค์ประกอบของเนื้อเรื่องอาจจะคล้ายคลึงกับบทความวิจัย แต่ไม่มีเนื้อหาของ วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง ผลการวิจัยหรือผลการทดลอง เป็นต้น

3. การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับบทความพร้อมกรอกแบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย/บทความวิชาการ ในรูปแบบ Microsoft word และ pdf ทำการส่งที่อีเมล J.techandinno.uru@gmail.com

4. รูปแบบบทความวิจัยและการพิมพ์เนื้อหาของเรื่อง

เนื้อเรื่อง ได้แก่ บทนำ (Introduction), วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives), ขอบเขตของการวิจัย (Scope of Study), วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology), ผลการวิจัย/การทดลอง (Results), บทสรุป (Conclusion), อภิปรายผล (Discussion), ข้อเสนอแนะ (Recommendation), กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement, ถ้ามี), เอกสารอ้างอิง (References) เมื่อขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้น 1 บรรทัด การพิมพ์หัวข้อให้พิมพ์ชิดซ้ายของแต่ละคอลัมน์ ส่วนของเนื้อเรื่องให้ย่อหน้า 1.25 เซนติเมตร

การลำดับหัวข้อในเนื้อเรื่อง ให้ใส่เลขกำกับ โดยให้บทนำเป็นหัวข้อหมายเลขที่ "1." และหากมีการแบ่งหัวข้อย่อย ก็ให้ใช้ระบบเลขทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 1.1, 1.1.1, 1.2, 1.2.1 เป็นต้น

4.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 (8¼ x 11¾ นิ้ว) โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะขอบกระดาษ

ระยะขอบกระดาษ	ค่าระยะกำหนด (เซนติเมตร)
ริมขอบกระดาษด้านบน	2.54
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	2.54
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	2.54
ริมขอบกระดาษด้านขวา	2.54

4.2 รูปแบบตัวอักษรและการเว้นระยะ

รูปแบบอักษรของวารสารทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทยใช้ตัวอักษร TH SarababunPSK พร้อมทั้งกำหนดขนาดและลักษณะตัวอักษรของส่วนประกอบต่างๆ ตามตารางที่ 2

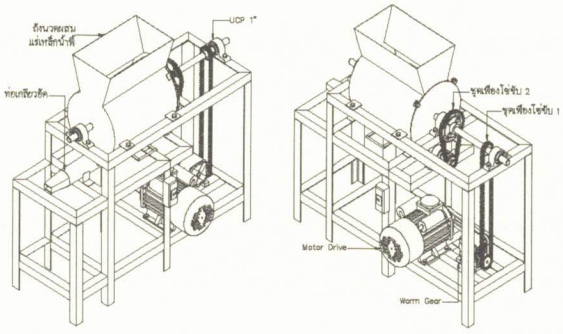
ตารางที่ 2 ขนาดและลักษณะตัวอักษรของส่วนประกอบในบทความวิชาการ

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ชื่อบทความ	18	หนา
ชื่อผู้เขียน	16	ปกติ
สถาบัน/หน่วยงาน, อีเมล	14	ปกติ
บทคัดย่อ	16	หนา
เนื้อความในบทคัดย่อ	16	ปกติ
ชื่อหัวข้อย่อย	16	หนา
ชื่อตารางและรูปภาพ	16	หนา
อ้างอิง	16	ปกติ

4.3 การจัดทำรูปภาพ

รูปภาพให้จัดวางไว้ตำแหน่งกลางหน้ากระดาษ สามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึง หรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่า

หน้ากระดาษที่กำหนด ภาพจะต้องมีคำอธิบาย โดยคำอธิบายของภาพให้พิมพ์ไว้ใต้ภาพ หากภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับ เช่น (ก) และ (ข)



ภาพที่ 1 เครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี้

4.4 การจัดทำตาราง

การนำเสนอตารางให้จัดวางชิดขอบซ้าย ตัวอักษรในตารางต้องเห็นชัดเจน และควรตีกรอบตารางด้วยเส้นสีดำ ส่วนคำอธิบายตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางและชิดริมซ้ายของกระดาษ และใส่แหล่งที่สืบค้นด้านล่างของตาราง (ถ้ามี)

4.5 การเขียนสมการ

การเขียนสมการต้องพิมพ์อยู่กึ่งกลางคอลัมน์ หรือในกรณีที่สมการมีความยาวมากอาจยอมให้มีความกว้างได้เต็มหน้ากระดาษ และจะต้องมีหมายเลขกำกับอยู่ภายในวงเล็บ ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดขอบด้านขวาของคอลัมน์ และเพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือสมการ 1 บรรทัด และเว้นใต้สมการ 1 บรรทัด เมื่อจะกล่าวอ้างอิงถึงสมการที่ (1) ให้ใส่วงเล็บด้วยเสมอดังสมการที่ 1

$$y = ax + b \tag{1}$$

5. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการในการทดสอบวัสดุตัวอย่าง

6. เอกสารอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่างๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษา แทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA การอ้างอิงในเนื้อหาเป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้างๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน "เอกสารอ้างอิง" ในส่วนท้ายของบทความโดยไม่ใส่เลขลำดับ

6.1 การอ้างอิงในเนื้อหา

(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)

6.2 การอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สาหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

หนังสือ

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). *ชื่อเรื่อง.* ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

สุรพล อุปดิสสกุล. (2521). *สถิติ: การวางแผนการทดลองเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bewley, J. D., and Black, M. (1982). *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germinatior.* New York: Springer-Verlag.

บทความวารสาร

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. *ชื่อวารสาร, ปีที่*(ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

ตัวอย่าง

วัลลภ สันติประชา และชูศักดิ์ ณรงค์เดช. (2535). คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ผลิตในภาคใต้. *ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 26*(1), 119-125.

Brooks, J. R. and Griffin, V. K. (1987). Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. *J. Food Sci, 52*(1), 712-717.

รายงานการวิจัย

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (รายงานการวิจัย). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

พินิจ ทิพย์มณี. (2553). *การวิเคราะห์ปัญหาทางกฎหมายที่เกี่ยวกับการตายของประเทศไทย* (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

Chitnomrath, T. (2011). *A study of factors regarding firm characteristics that affect financing decisions of public companies listed on the stock exchange of Thailand* (Research report). Bangkok: Dhurakij Pundit University.

เอกสารการประชุมวิชาการ

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความหรือชื่อเรื่องของบท. ใน หรือ In ชื่อ บรรณาธิการ (บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.), *ชื่อการประชุม* (น. หรือ p. หรือ pp. เลขหน้า). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ชัชพล มงคลิก. (2552). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการจัดตารางการผลิตแบบพหุเกณฑ์: กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา. ใน *การประชุมวิชาการการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 5* (น. 46). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

Krongtaew, C., Messner, K., Hinterstoisser, B., & Fackler, K. (2010). Lignocellulosic structural changes after physico-chemical pretreatment monitored by near infrared spectroscopy. In S. Saranwong, S. Kasemsumran, W. Thanapase, & P. Williams (Eds.), *Near infrared spectroscopy: Proceedings of the 14th International conference* (pp. 193-198). West Sussex, UK: IMP.

วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). *ชื่อวิทยานิพนธ์.* ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์, ชื่อมหาวิทยาลัย/วิทยาเขต (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

สมศักดิ์ รักษ์วงศ์. (2528). *การศึกษาการใช้ยาชนิดต่างๆ ในการป้องกันโรคราสนิมของถั่วเหลือง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Phillips, O.C., Jr. (1962). *The Indfluence of Ovidd on Lucan's Bellum Civil.* Ph.D. Dissertation, University of Chicago.

บทความที่สืบค้นได้จากวารสารอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. *ชื่อวารสาร,* ปีที่(ฉบับที่), เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย. สืบค้น วัน เดือน ปี, จาก http://www.xxxxxxxxxx

ตัวอย่าง

บงการ หอมนาน. (2551). เทคโนโลยีกับการควบคุมด้วยตรรกะฟัซซีตามขั้นตอนและฟังก์ชันสมาชิก. *ไมโครคอมพิวเตอร์, 26*(271), 153-156. สืบค้น 22 มิถุนายน 2554, จาก http://www.dpu.ac.th/laic/page.php?id=5753

Judson, R. A., & Klee, E. (2011). Big bank, small bank: Monetary policy implementation and banks' reserve management strategies. *Journal of Economics and Business,* 63(4), 306-328. Retrieved June 23, 2011, from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148619511000142