



วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Technology & Innovation URU Journal

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2565 ISSN 2630-0222 (Print)

Vol. 5 No. 1 January – June 2022

ISSN 2822-0358 (Online)

- 1 การออกแบบชั้นวางหนังสือปริภูมิพนธ์ในห้องสมุด
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
พิทยุต กำพัน สิงหา ปรารมภ์ อังกาบ บุญสูง
และเทียนชัย หรรรุงโรจน์
- 13 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เส้าเสริมรับแรงด้านข้าง
ในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน:
กรณีศึกษาเส้าเสริมรับกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก
ชนิดยื่นรูปตัว T
เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง
- 25 การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับ
โรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง
พิทักษ์ คล้ายชม อภิศักดิ์ พรหมฝ่าย ไพโรจน์ เนะเที่ยง
นุภากร พร้อมมูล วัชรินทร์ วัฒนเชษฐ์ และณัฐพล พิศพันธ์
- 40 การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว
ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง
วรภากรณ์ ชนะพรมมา
- 48 ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยี
เพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดในโรงเรือน
ระบบปิด
ศิวัตม์ กมลคุณานนท์ และพลิศภัทร์ คำฟู
- 58 การประยุกต์ใช้ไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
เซตฮอกเพื่อบันทึกและจำลองการออกแบบกราฟ
ลวดลายผ้าขึ้นต้นจก
รัชชัย อยู่ยั้ง และนัฐพงษ์ เนินขัด

คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

เจ้าของ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ที่ปรึกษา	อธิการบดี
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ อินทวงศ์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	อาจารย์ ดร.ปรกรณ์ เข้มมงคล
	อาจารย์ ดร.กณพ วัฒนา

กองบรรณาธิการภายนอก

ศ.เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร	ข้าราชการเกษียณ
รศ.ดร.วิชัย ศรีคำ	ข้าราชการเกษียณ
รศ.ดร.สมิตร ส่งพิริยะกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.อัษฎา โปราณานนท์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.สุชาติ แย้มเม่น	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.นิรัช สุดสังข์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ปราโมทย์ ศรีน้อย	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
รศ.ดร.รัฐไท พรเจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.ไพฑูรย์ ทองทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
รศ.ดร.เสถียร อัญญศรีรัตน	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ภาณุ บุรณจารกร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ประยูร สุรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.ดร.วิชณุ บัวเทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผศ.ดร.พิชิต พระพินิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผศ.ดอนสัน ปงผาบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ดร.วชิราภรณ์ เพิ่มพูนสินทรัพย์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

กองบรรณาธิการภายใน

รศ.ดร.อิสระ อินจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
รศ.ดร.สิงหนเดช แดงจวง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ดร.วีระพล คงนุ่น	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ดร.อังกาบ บุญสูง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ดร.ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ดร.พลิศภัทร์ คำฟู	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ดร.ครชิต พิระภาค	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.อดุลย์ พุกอินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.อรุณเดช บุญสูง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.เจนศักดิ์ คชนิล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.อมิศักดิ์ พรหมฝ่าย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ทวีศักดิ์ วรจักร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ผศ.ธนภูมิ เฟื่องเพียร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ดร.เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ดร.ยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ดร.อำนาจ ตงติบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร

อาจารย์วรพล มะโนสร้อย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
อาจารย์ภาณุวัฒน์ ชันจา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
นางสาววันนิสา เมฆทับ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
นายกิตติพงษ์ ยินดีสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

วัตถุประสงค์: เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการที่มีคุณภาพ โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ สหวิทยาการ การออกแบบและนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในสาขาที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการพิจารณาบทความ: บทความที่ตีพิมพ์ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

สำนักงาน: ฝ่ายงานวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ
อำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000 Website: <http://industrial.uru.ac.th/Journal/index.html>

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

ลักษณะบทความ: ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อน หรือต้องไม่อยู่ในขั้นตอนพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่นๆ

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

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น

ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

สารจากคณบดี

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม ถึง มิถุนายน 2565 มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ ที่มีคุณภาพโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ สหวิทยาการ การออกแบบและนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในสาขาที่เกี่ยวข้อง ก่อนการตีพิมพ์ ผลงานทุกชิ้นจะได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขานั้นๆ เพื่อให้เชื่อมั่นว่าเป็นผลงานที่มีคุณภาพ สมควรได้รับการตีพิมพ์สามารถนำไปเป็นสิ่งที่อ้างอิงทางวิชาการได้

เนื้อหาในวารสารฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 6 บทความ ได้แก่ การออกแบบชิ้นวางหนังสือปริญาณิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์, การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสารับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน: กรณีศึกษาเสารับกำลังกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T, การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง, การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง, ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด และการประยุกต์ใช้ไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แฮชชอกเพื่อบันทึกและจำลองการออกแบบกราฟลวดลายผ้าชิ้นดินจก

ในนามของกองบรรณาธิการ วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ขอขอบพระคุณนักวิจัยทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ส่งบทความมาพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่เสียสละเวลาในการประเมินบทความ และให้คำแนะนำในการปรับปรุงเนื้อหาบทความให้มีคุณภาพ และในโอกาสนี้ขอเชิญชวนผู้อ่านที่สนใจ ส่งบทความทางด้านวิชาการหรืองานวิจัย เพื่อตีพิมพ์ในวารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ในฉบับต่อไป



รองศาสตราจารย์ ดร.กนต์ อินทุวงศ์

บรรณาธิการ

บทความวิจัย

- การออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
พิทยุต กำพัน สิงหา ประมรภ อังกาบ บุญสูง และเทียนชัย ธรรมรุ่งโรจน์

1
- การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสาค้ำรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติ
ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน: กรณีศึกษาเสาค้ำรับกำแพงกันดิน
คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T
เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง

13
- การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐาน
ของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง
พิทักษ์ คล้ายชม อภิศักดิ์ พรหมฝ่าย ไพโรจน์ นะเที่ยง นุภาพร พร้อมมูล
วัชรินทร์ วัฒนเชษฐ์ และณัฐพล พิศพันธ์

25
- การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง
วราภรณ์ ชนะพรมา

40
- ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อม
ในการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด
ศิวัตม์ กมลคุณานนท์ และพลิศภัทร์ คำฟู

48
- การประยุกต์ใช้ไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แฮชชอกเพื่อบันทึกและจำลอง
การออกแบบกราฟวดลายผ้าขึ้นต้นจก
ธัชชัย อยู่ยั้ง และณัฐพงษ์ เนินซัด

58

การออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

BOOKSHELF SPECIAL PROJECT DESIGN FOR FACULTY OF
INDUSTRIAL TECHNOLOGY LIBRARY, UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

พิทยุต กำพัน^{1*} สิงหา ปรารมภ์¹ อังกาบ บุญสูง¹ และเทียนชัย หรรรุงโรจน์²

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

²บจก. พี เอ็กซ์อิม เทรด พิคชัฟเฟอร์นิเทศ

Pitayut Kampun^{1*} Singha Prarom¹ Aungkab Boonsung¹ and Thianchai Hanrungrote²

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

²P.EXIM Trade Company Limited

*Corresponding author e-mail: Framlike007@gmail.com

บทคัดย่อ

การออกแบบชั้นวางหนังสือในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อพัฒนาชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ (2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการที่มีชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ห้องสมุด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ โดยนำหลักการด้านการออกแบบและพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ 6 ข้อ เป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย คือ นักศึกษาและผู้ที่ใช้บริการห้องสมุดของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ในรอบ 1 เดือน จำนวน 92 คน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้วิธีการเลือกแบบบังเอิญ การวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ (1) การออกแบบชั้นวางหนังสือพบว่า การแสดงแนวความคิด A2-3 มีความเป็นไปได้ในการผลิต สอดคล้องกับแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์มากกว่ารูปแบบอื่น (2) ผลของการศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคร พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง ส่วนใหญ่มีอายุช่วงระหว่าง 21-25 ปี เป็นนักศึกษามากที่สุด ในส่วนของรายการชั้นวางหนังสือมีความปลอดภัยในการใช้งาน ($\bar{x} = 4.73$, S.D. = 0.51) มากที่สุด รายการรองลงมา คือ วัสดุมีความเหมาะสมในการทำชั้นวางหนังสือ ($\bar{x} = 4.62$, S.D. = 0.53) น้อยที่สุด คือ รายการชั้นวางหนังสือมีโครงสร้างและขนาดที่เหมาะสมในการใช้งาน ($\bar{x} = 4.52$, S.D. = 0.58) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชั้นวางหนังสือ, หนังสือปริญญานิพนธ์, ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Abstract

Bookshelf special project design for Faculty of Industrial Technology library, Uttaradit Rajabhat University. Purpose for (1) Design a shelf for thesis books in the library. (2) Assess the satisfaction of visitors with bookshelves in the library. The applying 6 principles of furniture design and development as a research concept. The sample group of research is Students and those who use the library services of the Faculty of Industrial Technology in a period of 1 month, 92 people is a data analysis using the random selection method. The research is divided into two parts: (1) The design of the bookshelf found that the concept A2-3 production possibility More in line with utilization guidelines than other formats. (2) The results of the study Most of the respondents were male, more than female. Most of them are between 21–25 years old. Being the most student on the level of satisfaction among consumers found that Bookshelf items are the safest to use. The next item is the materials that are suitable for making a bookshelf. At a minimum, the bookshelf items are structured and sized appropriately to use.

Keywords: Bookshelf, Special Project Book, Faculty of Industrial Technology Library

1. บทนำ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เดิมเป็นภาควิชาหนึ่งในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุดรดิตถ์ จัดการเรียนการสอนระดับอนุปริญญาวิทยาศาสตร สาขาก่อสร้าง สาขาไฟฟ้า และระดับปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมศิลป์ ต่อมาในวันที่ 10 กันยายน 2544 สถาบันราชภัฏอุดรดิตถ์ ประกาศ ตั้งคณะ “เทคโนโลยีอุตสาหกรรม” ขึ้นเป็นหน่วยงานภายในของสถาบัน โดยให้มีระบบบริหารจัดการเป็นไปตามระเบียบและประกาศของสถาบันโดยอนุโลม ต่อมาได้รับการจัดตั้งเป็นส่วนราชการหนึ่งของมหาวิทยาลัย ตามกฎกระทรวง เรื่อง จัดตั้งส่วนราชการในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ กระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2548 และได้จัดตั้งห้องสมุดคณะเทคโนโลยีขึ้น ซึ่งเวลานั้นห้องสมุดฯ ตั้งอยู่ ณ อาคาร 29 ห้อง 2901 ในปี พ.ศ. 2551 คณะเทคโนโลยีได้รับงบประมาณในการจัดสร้างตึกคณะฯ ใหม่ 1 อาคาร 5 ชั้น และแล้วเสร็จในปี 2552 ห้องสมุดจึงย้ายจากอาคารหลังเดิมมายังอาคารใหม่ และตั้งอยู่ที่อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและวิศวกรรม ห้อง EN 105 จนถึงปัจจุบัน (คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 2565)

ห้องสมุดของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นแหล่งที่รวบรวมข้อมูล ข่าวสาร ความรู้ และเอกสารทางวิชาการ ที่นักศึกษาสามารถค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมได้ตลอดเวลา สามารถเลือกหาความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ได้อย่างหลากหลาย ตามความสนใจและความต้องการของตนเอง ห้องสมุดช่วยให้นักศึกษาเป็นผู้ที่ทันสมัยทันต่อเหตุการณ์ เนื่องจากข้อมูล ข่าวสาร ความรู้ และเอกสารทางวิชาการ เกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เกิดนิสัยรักการอ่าน และการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ปัจจุบันคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มีการเปิดการเรียนการสอนระดับปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.) จำนวน 4 หลักสูตร และหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) จำนวน 4 หลักสูตร อีกทั้งยังเปิดการเรียนการสอนระดับปริญญาโท จำนวน 1 หลักสูตร ในแต่ละสาขามีกลุ่มรายวิชาโครงการ โดยเป็นรายวิชาที่น่าสนใจ กระบวนการและทฤษฎี ประยุกต์ใช้ในแต่ละสาขาวิชา เดิมเรียกว่ารายวิชานิพนธ์ ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนเป็นรายวิชาปริญญานิพนธ์ขึ้น โดยรายวิชาดังกล่าวต้องมีการส่งรูปเล่ม ที่มีรูปแบบ ข้อกำหนด ตามแบบฟอร์มที่กำหนดขึ้น เพื่อจัดเก็บไว้ที่ห้องสมุดเพื่อเป็นแหล่งค้นคว้าหาความรู้ ทำให้จำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษา เนื่องจากมีนักศึกษาลงเรียนรายวิชานี้ทุกเทอม ทำให้จำนวนของรูปเล่มปริญญานิพนธ์เพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่งผลทำให้เกิดการจัดเก็บไม่เพียงพอ ประกอบกับทางหลักสูตรเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ลงนามความร่วมมือกับสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (องค์การมหาชน) ภายใต้โครงการกระจายโอกาสสร้างแหล่งเรียนรู้ด้านการออกแบบสู่ภูมิภาค (mini TCDC) ขึ้น ที่เป็นการสนับสนุนแหล่งเรียนรู้ทางด้านการออกแบบให้กับทางหลักสูตรเทคโนโลยีการออกแบบฯ อีกทั้งยังสนับสนุนชั้นวางหนังสือให้ไว้ ณ ห้องสมุดของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ส่งผลทำให้เกิดความสนใจของนักศึกษาในแต่ละสาขามากขึ้น ทางห้องสมุดของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มีแนวคิดที่จัดทำชั้นหนังสือสำหรับจัดเก็บรูปเล่มปริญญานิพนธ์ขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับชั้นวางหนังสือของ mini TCDC โดยใช้หลักออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ทั้งด้านหน้าที่ใช้สอย ความสวยงามน่าใช้ ด้านรูปทรง และความปลอดภัยในการใช้งาน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ ให้เหมาะสมกับความต้องการของห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
- 2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการที่มีชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล โดยแหล่งที่มาของข้อมูลในปริญญานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ในห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ได้รวบรวมมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ดังนี้

3.1.1 แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ค้นคว้าจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยข้อมูลได้มาจาก

- 1) เอกสารข้อมูลจากวารสาร ตำรา บทความ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เพื่อใช้ประกอบการดำเนินงานในขั้นตอนของการออกแบบ
- 2) วารสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ เช่น อินเทอร์เน็ต บทความออนไลน์ ฯลฯ

3.1.2 แหล่งข้อมูลปฐมภูมิได้มาจากการลงพื้นที่เพื่อทำการสำรวจตามลำดับต่อไปนี้

- 1) การเก็บข้อมูลจากบรรณารักษ์ห้องสมุด นางสาววันนิสา เมฆทับ ผู้ดูแลห้องสมุด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
- 2) ทำการเก็บข้อมูลจากผู้ให้บริการห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

3.2 ขอบเขตของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร คือ นักศึกษาที่เข้าใช้บริการห้องสมุดของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ในรอบ 1 เดือน จำนวน 120 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาและนักเรียนที่เข้าใช้บริการห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ จำนวน 92 คน โดยใช้ตาราง Krejcie and Morgen (Krejcie and Morgen, 1970, pp. 608–610 อ้างถึงใน นิรัช สดสังข์, 2559) ใช้วิธีสุ่มโดยบังเอิญ (Accidental Sampling) เป็นการขอให้ผู้เข้ามาใช้บริการในห้องสมุดฯ ตอบแบบสอบถาม

3.3 ขอบเขตในการออกแบบชิ้นงานหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

3.3.1 ขนาดพื้นที่สำหรับการจัดทำชิ้นงานหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มีขนาด กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 440 เซนติเมตร สูง 255 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตั้งอยู่ตรงบริเวณมุมขวาสุดของห้องสมุด

3.3.2 นำหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ที่เน้นในเรื่องของหน้าที่ใช้สอย ความแข็งแรง วัสดุในการใช้งาน ความสวยงาม ความทนทาน หน้าที่ใช้สอย โครงสร้างมีความแข็งแรง และความปลอดภัย เพื่อตอบสนองความต้องการของห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

3.3.3 การออกแบบชิ้นงานหนังสือปริญญานิพนธ์ เป็นการจำลองรูปแบบในคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นเอกสารประกอบการพิจารณาเสนองบประมาณเพื่อสร้างจริงที่เป็นชิ้นงานติดผนังห้องสมุดฯ

3.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

กรอบแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้นำหลักการด้านการออกแบบและพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร, 2560) ดังนี้

3.4.1 หน้าที่ใช้สอย (Function) การออกแบบชิ้นงานให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานขนาดที่เหมาะสมกับรูปเล่มหนังสือปริญญานิพนธ์

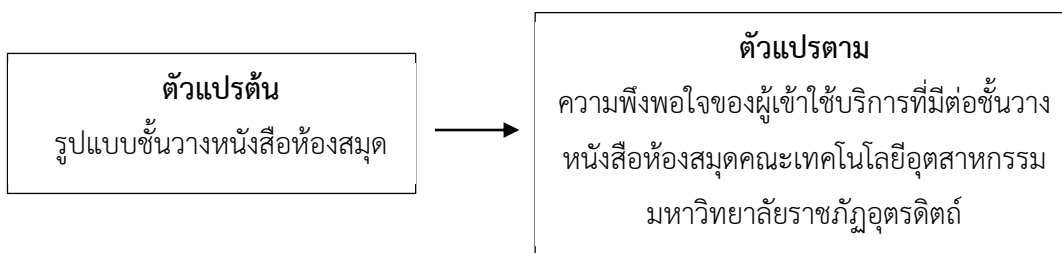
3.4.2 ความปลอดภัย (Safety) ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ชิ้นงานหนังสือ

3.4.3 ความทนทาน (Durability) ต้องสนองต่อหน้าที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน มีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักของหนังสือเป็นจำนวนมากได้เป็นเวลานาน

3.4.4 วัสดุ (Material) ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน มีความทนทาน และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างๆ กันไป มีความสวยงามในตัวเอง เช่น ไม้อัด แผ่นอะคริลิก ไม้แต่ละแบบก็มีพื้นผิวลายไม้ตามธรรมชาติ โดยวัสดุต้องมีความสอดคล้องกับกระบวนการผลิตในการขึ้นรูป

3.4.5 โครงสร้าง (Construction) การทำโครงสร้างของชิ้นงานหนังสือควรทำให้มีโครงสร้างที่มีความแข็งแรงทนทาน และเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

3.4.6 ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic) ความสะดวกในการใช้งานชั้นวางหนังสือและการหยิบหนังสือหรือการใส่หนังสือที่สะดวกสบายในการใช้งาน



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของปริญญานิพนธ์

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาข้อมูลจากห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การรวบรวมเก็บข้อมูลในส่วนการศึกษาและพัฒนาการออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ สำหรับห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ความแบบไม่เป็นทางการ แบบสอบถามความคิดเห็น แบบสอบถามความพึงพอใจ โดยกำหนดขอบเขตและประเด็นถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ดังนี้

3.5.1 แบบสัมภาษณ์ข้อมูลจากผู้เข้าใช้บริการห้องสมุดฯ มีประเด็นข้อคำถามส่วนใหญ่จะทำการสอบถามเรื่องการใช้งานชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องมือ กระบวนการ และขั้นตอนการผลิตการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ

วิธีการสร้างเครื่องมือแบบสัมภาษณ์ข้อมูลการดำเนินงานของห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์นี้ ได้ใช้วิธีการสัมภาษณ์ในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งมีคำถามเกี่ยวกับรูปแบบชั้นวางหนังสือ

3.5.2 แบบสอบถามความต้องการของผู้เข้าใช้บริการ วัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ชั้นวางหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

วิธีการสร้างเครื่องมือแบบสอบถามความต้องการชั้นวางหนังสือโดยใช้ลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์และความต้องการของผู้เข้าใช้บริการมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตั้งคำถามสำหรับแบบสอบถาม

3.5.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการที่มีต่อชั้นวางหนังสือหลังการออกแบบและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้องการและประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการที่มีต่อชั้นวางหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

วิธีการสร้างเครื่องมือแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการที่มีต่อชั้นวางหนังสือได้ใช้กรอบแนวคิดในการออกแบบมาเป็นเกณฑ์ในการตั้งคำถามแบบสอบถามความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของชั้นวางหนังสือ โดยให้เลือกระดับความพึงพอใจประเมินคะแนนจากกลุ่มตัวอย่าง

3.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.6.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบวางหนังสือ แหล่งที่มาของข้อมูลด้านเอกสารได้มาจากข้อมูลจากเอกสาร และศึกษาเอกสารวารสารหนังสือสารสนเทศต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.6.2 สำรวจความต้องการในการออกแบบชั้นวางหนังสือ โดยใช้แบบสอบถามความต้องการสำหรับผู้เข้าใช้บริการห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

3.6.3 วิเคราะห์และสรุปการออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์

3.6.4 ออกแบบร่างและคัดเลือกแบบร่าง เพื่อคัดเลือกรูปแบบของวางหนังสือที่มีความเหมาะสม

3.6.5 สรุปรูปแบบของวางหนังสือ พร้อมเขียนแบบเพื่อการผลิตเฟอร์นิเจอร์

3.6.6 ทำการสร้างต้นแบบชั้นวางหนังสือตามแบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

3.6.7 สำรวจความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการที่มีต่อชั้นวางหนังสือ

3.6.8 รวบรวมผลสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลของการออกแบบชั้นวางหนังสือ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากการสัมภาษณ์ การศึกษาความพึงพอใจ โดยแสดงผลเป็นตารางประกอบด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้ระดับความคิดเห็นโดยทำเป็น Rating Scale เพื่อที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการแปลความหมายมีดังนี้

4.51–5.00	หมายถึง	ความพึงพอใจในระดับดีมาก
3.51–4.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับดี
2.51–3.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51–2.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00–1.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลของการออกแบบชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

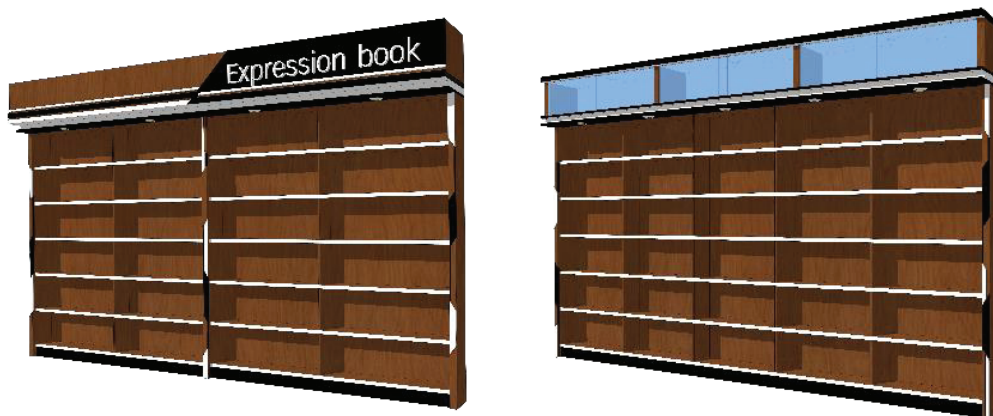
4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ความต้องการเพื่อสอบถามข้อมูลพื้นฐานของทางบรรณารักษ์ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ในการออกแบบและพัฒนาชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์ ได้ข้อสรุปว่าจากแบบสัมภาษณ์ความต้องการของบรรณารักษ์ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ (วันนิสา เมฆทับ, ผู้ให้สัมภาษณ์, 13 กุมภาพันธ์ 2564) ได้เสนอความต้องการว่า จากปัญหาของเรื่องหนังสือที่มีเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะหนังสือปริญญานิพนธ์ของรุ่นพี่ ซึ่งมีจำนวนมากจนชั้นวางหนังสือไม่เพียงพอสำหรับจัดเก็บหนังสือปริญญานิพนธ์ บรรณารักษ์ห้องสมุดมีแนวคิดที่จัดทำชั้นหนังสือเพื่อให้สามารถจัดเก็บหนังสือได้มากขึ้น โดยมีพื้นที่ในการจัดทำชั้นวางหนังสือขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 440 เซนติเมตร สูง 255 เซนติเมตร ตรงบริเวณมุมขวาสุดของห้องสมุด

ส่วนเล่มหนังสือปริญญานิพนธ์ มีขนาดกว้าง 21.5 เซนติเมตร สูง 29.5 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยแต่ละเล่ม เนื่องจากแต่ละเล่มจะมีความหนาแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 แสดงตารางการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SWOT Analysis

จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weakness)
1. ห้องสมุดมีการเปิดบริการมาเป็นเวลานาน 2. ห้องสมุดมีหนังสือจำนวนมาก 3. มีหนังสือหมุนเวียนเข้าใหม่ตลอด	1. ความน่าสนใจให้กับชั้นวางหนังสือ 2. ห้องสมุดมีที่จัดเก็บหนังสือไม่เพียงพอ
โอกาส (Opportunities)	อุปสรรค (Threats)
1. สถานประกอบการ 2. รูปแบบชั้นวางหนังสือที่สวยงาม 3. พื้นที่เพียงพอจัดเก็บหนังสือ 4. การได้รับงบประมาณสนับสนุน	1. สถานการณ์โควิด 2. การติดต่อสถานที่ในการผลิต 3. ระยะเวลาในการผลิต

4.1.2 กระบวนการออกแบบ เริ่มจากการร่างแนวคิดของชั้นวางลงบนกระดาษ จากนั้นทำการคัดเลือกรูปแบบที่คาดว่าจะสามารถเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ จำนวน 3 รูปแบบ จากนั้นทำการขยายแบบร่างทั้ง 3 รูปแบบ โดยแบ่งเป็นแนวความคิด A แนวความคิด B และแนวความคิด C เพื่อให้เกิดความหลากหลายของแนวความคิดมากยิ่งขึ้น จากนั้นทำการจำลองรูปแบบทั้ง 3 แนวคิด ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2 จำลองแนวความคิด A

ชั้นวางหนังสือแบบติดผนัง จะใช้ตัวอักษรตัว A เป็นรหัสเรียกในกลุ่มของแบบ A จะเป็นการออกแบบเพื่อให้เป็นที่สำหรับเก็บหนังสือปริญญานิพนธ์ ออกแบบให้มีความเรียบง่าย และขอบของชั้นหรือที่คั่นกลางของชั้นวางหนังสือ จะมีลวดลายเป็นเปลือกไม้ที่ตัด 3 สี สีน้ำตาล สีดำ สีขาว ตัวของชั้นวางหนังสือก็ถูกออกแบบให้เป็นสีน้ำตาลลายไม้ แบบหมวด 1 ในแต่ละแบบจะมีความต่างกันเล็กน้อย บางแบบจะมี

ป้ายของชั้นหนังสือ บางแบบจะมีตู้โชว์ไว้โชว์สิ่งของ ถึงรูปแบบจะแตกต่างกัน แต่ทุกรูปในกลุ่ม A มีโครงสร้างที่คล้ายกัน และเป็นแบบติดผนังที่เหมือนกัน



ภาพที่ 3 จำลองแนวความคิด B

ชั้นวางหนังสือที่มีการปรับเปลี่ยนการใช้งาน จะใช้ตัวอักษรตัว B เป็นรหัสเรียกในกลุ่มของแบบ B จะเป็นการออกแบบเพื่อให้เป็นที่สำหรับเก็บหนังสือปริญญานิพนธ์ เป็นแบบมีการปรับเปลี่ยนการใช้งาน ชั้นวางหนังสือมีลูกเล่นที่คล้ายของเล่นที่ชื่อว่า เกมสลับตัวเลข มีชั้นวางหนังสือชั้นอยู่ข้างใน เป็นเหมือนกับตัวเลขที่สามารถเลื่อนไปทางทิศทางไหนก็ได้ บางแบบจะสามารถเลื่อนได้แค่ทางด้านข้างอย่างเดียว



ภาพที่ 4 จำลองแนวความคิด C

ชั้นวางหนังสือที่เคลื่อนย้ายได้ เป็นรหัสเรียกในกลุ่มของแบบ C จะเป็นการออกแบบเพื่อให้เป็นที่สำหรับเก็บหนังสือปริญญานิพนธ์ เป็นชั้นวางหนังสือที่มีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายไปตกแต่งที่ตรงไหนก็ได้ ชั้นวางหนังสือได้ออกแบบให้มีความเรียบง่าย มีตู้โชว์อยู่ข้างบนของชั้นวางหนังสือและขอบของชั้นวางหนังสือมีลวดลายเป็นเปลือกไม้ ที่ตัด 3 สี สีน้ำตาล สีดำ สีขาว ขอบของชั้นมีลูกเล่นที่ลายเปลือกไม้ที่สามารถเลือกลายที่เหมือนกันของอีกชั้นมาต่อได้แบบพอดี

Expression book

FRONT VIEW

TOP VIEW

SIDE VIEW

ASSEMBLY

№	အမျိုးအမည်	ပမာဏ	အရွယ်အစား
1	ရေခဲခွက်	430x23x3	6
2	ရေခဲခွက်	230x2x1.5	4
3	အိတ်အိတ်ခွက်	430	6
4	ရေခဲခွက်	430x14x1.5	1
5	ရေခဲခွက်	230x25x5	2
6	ရေခဲခွက်	430x278.5x 1.5	1
7	ပေါက်ကွဲခွက်	38.5x5x5	2
8	ရေခဲခွက်	11.5x9.5x5	2
9	အိတ်အိတ်ခွက်	230x25x5	7.9
10	ပေါက်ကွဲခွက်	68x45x2	1
11	ပေါက်ကွဲခွက်	480x5x1.5	1
12	ပေါက်ကွဲခွက်	430x14.5x 1.5	1
13	ရေခဲခွက်	480x38x1.5	1
14	ရေခဲခွက်	480x1.5x 1.5	1

4.2 ผลการวิเคราะห์สำรวจความต้องการรูปแบบที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ชั้นวางหนังสือห้องสมุด คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (แบบเจาะจง) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม บรรณารักษ์ห้องสมุด และอาจารย์ที่ปรึกษา ได้เลือกแบบ A2-3 คิดเป็นร้อยละ 100 เนื่องจากมีความเหมาะสมกับการใช้งาน มีป้ายแสดงชัดเจน และสบายตา



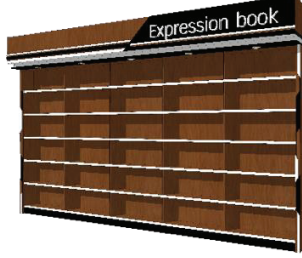
วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565

ตารางที่ 2 แสดงตารางข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 92)

รายการข้อคำถาม	รายละเอียดแบบสอบถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ	ชาย	56	60.9
	หญิง	36	39.1
2. อายุ	ต่ำกว่า 20 ปี	33	35.9
	21-25 ปี	51	55.4
	26-30 ปี	4	4.3
	มากกว่า 30 ปี	4	4.3
3. ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	26	28.3
	ปริญญาตรี	61	66.3
	ปริญญาโท	1	1.1
	ปริญญาเอก	4	4.3
4. อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	81	88
	พนักงานมหาวิทยาลัย	2	2.2
	รับราชการ	5	5.4
	อื่นๆ	4	4.3

ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ชั้นวางหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ชั้นวางหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ทำการสอบถามจำนวน 92 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นเพศชาย จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 60.9 รองลงมา เพศหญิง จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 39.1 ตามอายุช่วง 21-25 ปี มากที่สุด จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 55.4 รองลงมา อายุต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 35.9 และช่วงอายุ 26-30 ปี กับมากกว่า 30 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.3 ระดับการศึกษา เป็นระดับปริญญาตรีมากที่สุด จำนวน 61 คน คิดเป็นร้อยละ 66.3 รองลงมา ต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 28.3 รองลงมา ปริญญาเอก จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.3 รองลงมา ปริญญาโท จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.1 มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษามากที่สุด จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 88 รองลงมา รับราชการ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 5.4 รองลงมา อื่นๆ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.3 รองลงมา พนักงานมหาวิทยาลัย จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงตารางการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ชั้นวางหนังสือห้องสมุด
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ (n = 92)

รูปแบบของเฟอร์นิเจอร์ A2-3		
รายการ		
	$\bar{x}$	S.D.
1. ชั้นวางหนังสือมีความสวยงาม	4.54	0.67
2. ชั้นวางหนังสือมีความแข็งแรงต่อการใช้งาน	4.61	0.55
3. ชั้นวางมีโครงสร้างและขนาดเหมาะสมในการใช้งาน	4.52	0.58
4. ชั้นวางหนังสือมีความสะดวกสบายในการใช้	4.58	0.58
5. วัสดุมีความเหมาะสมในการทำชั้นวางหนังสือ	4.62	0.53
6. ชั้นวางหนังสือมีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.73	0.51
รวม	4.60	0.74

จากตารางข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเฟอร์นิเจอร์ชั้นวางหนังสือจำนวน 92 คน พบว่า มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด ต่อรายการชั้นวางหนังสือมีความปลอดภัยในการใช้งาน ($\bar{x} = 4.73$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.51) รองลงมา ข้อ 5 วัสดุมีความเหมาะสมในการทำชั้นวางหนังสือ ($\bar{x} = 4.62$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.53) รองลงมา ข้อ 2 ชั้นวางหนังสือมีความแข็งแรงต่อการใช้งาน ($\bar{x} = 4.61$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.55) รองลงมา ข้อ 4 ชั้นวางหนังสือมีความสะดวกสบายในการใช้ ($\bar{x} = 4.58$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.58) รองลงมา ข้อ 1 ชั้นวางหนังสือมีความสวยงามน่าใช้งาน ($\bar{x} = 4.54$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.67) และข้อ 3 ชั้นวางหนังสือมีโครงสร้างและขนาดที่เหมาะสมในการใช้งาน ($\bar{x} = 4.52$) ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.58) ตามลำดับ

5. อภิปรายผล

การออกแบบชั้นวางหนังสือห้องสมุดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ได้รวบรวมจากข้อมูลจากทฤษฎีและปฏุมภูมิ พบว่า แนวทางการออกแบบชั้นวางนั้นต้องมีความแข็งแรง ความสวยงาม รวมถึงความปลอดภัย เหมาะสำหรับเป็นชั้นวางหนังสือปริญญานิพนธ์

5.1 กระบวนการออกแบบขั้นวางเริ่มจากการร่างแบบ การคัดเลือกแบบร่าง จำนวน 3 รูปแบบ จากนั้นนำทั้ง 3 รูปแบบ ขยายแนวความคิดออกเป็น 3 แนวคิด ได้แก่ แนวความคิด A แนวความคิด B และ แนวความคิด C จากนั้นนำแบบที่ทำการสรุปผลทำการเขียนแบบในแต่ละด้าน สอดคล้องกับแนวทางการศึกษา ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบของรัฐไท พรเจริญ (2558) ที่ว่าควรกำหนดแนวทางให้ผู้บริโภคคัดเลือก อย่างน้อย 3 แนวทาง เพื่อให้ตรงกับกลุ่มประชากรกลุ่มเป้าหมายมากที่สุด ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนของการสรุปผล การออกแบบขั้นสุดท้ายควรให้ที่ปรึกษาหรือผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองก่อนที่จะสร้างต้นแบบของผลิตภัณฑ์และพัฒนาให้สมบูรณ์

การออกแบบขั้นวางหนังสือปริญญาณิพนธ์สิ่งที่ควรคำนึงอันดับแรก คือ ความปลอดภัย รองลงมา คือ วัสดุที่นำมาใช้ควรเป็นวัสดุที่ทนทาน ราคาเหมาะสม ได้นำไม้อัดนำมาปิดผิวอีกครั้งหนึ่ง เพิ่มลวดลายสีสันทันให้กับไม้อัด อีกทั้งยังสามารถกันน้ำได้อีกด้วย ประกอบกับมีน้ำหนักที่เบากว่าวัสดุอื่น สามารถ สลับสีลวดลายของไม้เพื่อให้เกิดความดึงดูดสายตาดึงดูดความน่าสนใจมากขึ้น โดยสอดคล้องกับงานวิจัย ของชญาพร ศรีรินทร์ และเกษมรัสมิ วิจิตรกุลเกษม (2560) แนวทางการออกแบบขั้นหนังสือในห้องสมุด เคลื่อนที่ขนาดเล็กของกรุงเทพมหานคร เพื่อกิจกรรมส่งเสริมการอ่าน ที่ว่าหากมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบให้ สามารถสอดคล้องกับกิจกรรมส่งเสริมการอ่าน รวมถึงวัสดุที่เหมาะสม จะเป็นการเพิ่มความน่าสนใจมากขึ้น

5.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนาารูปแบบขั้นวางหนังสือ ได้ใช้หลักการ ออกแบบเฟอร์นิเจอร์ร่วมเป็นรายการข้อคำถามของการประเมินความพึงพอใจ จากการสอบถามผู้บริโภค จำนวน 92 คน โดยเทียบกับเกณฑ์ประเมินความพึงพอใจ พบว่า รายการขั้นวางหนังสือมีความปลอดภัยในการ ใช้งานมากที่สุด รองลงมาเป็นรายการวัสดุมีความเหมาะสมในการทำขั้นวางหนังสือ ถัดมารายการขั้นวาง หนังสือมีความแข็งแรงต่อการใช้งาน ต่อมารายการขั้นวางหนังสือมีความสะดวกสบายในการใช้ ถัดมาเป็น รายการขั้นวางหนังสือมีความสวยงามน่าใช้งาน และสุดท้ายเป็นรายการขั้นวางหนังสือมีโครงสร้างและขนาด ที่เหมาะสมในการใช้งาน ตามลำดับ

6. เอกสารอ้างอิง

- คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. (2565). *ประวัติและความเป็นมา*. สืบค้น 20 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <http://industrial.uru.ac.th/history.html>
- ชญาพร ศรีรินทร์ และเกษมรัสมิ วิจิตรกุลเกษม. (2560). แนวทางการออกแบบขั้นหนังสือในห้องสมุดเคลื่อนที่ ขนาดเล็กของกรุงเทพมหานคร เพื่อกิจกรรมส่งเสริมการอ่าน. *Veridian E Journal สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*, 10(3), 1769–1786.
- นิรัช สุตสังข์. (2559). *ระเบียบวิธีวิจัยทางการออกแบบ*. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- รัฐไท พรเจริญ. (2558). *การเขียนงานวิจัยทางการออกแบบผลิตภัณฑ์*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2560). *ออกแบบเฟอร์นิเจอร์*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัว
เกินปกติด้วยวิธีการที่ต่างกัน: กรณีศึกษาเสาเข็มรับกำแพงกันดิน
คอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T

The COMPARATIVE STUDY OF LATERAL LOADED PILE ANALYSIS IN
OVERCONSOLIDATED CLAY WITH VARIOUS ANALYSIS METHOD:
CASE STUDY OF RC CANTILEVER RETAINING WALL ON PILES

เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง^{1*}

^{1*}อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Eakphisit Banjongklian^{1*}

^{1*}Lecturer, Construction Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology,
Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: eakphisit@hotmail.com

บทคัดย่อ

การออกแบบกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T ในพื้นที่ที่ดินมีกำลังรับแรงแบกทานไม่เพียงพอ จำเป็นต้องออกแบบให้วางอยู่บนเสาเข็ม ซึ่งต้องคำนึงถึงทั้งการรับน้ำหนักในแนวแกนและการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มด้วย งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แรงด้านข้างที่ยอมให้และโมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็มรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติ ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบต่างๆ ที่ใช้สมมติฐานการต้านแรงกดของดิน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์แรงด้านข้างที่ยอมให้ในเสาเข็มด้วยวิธีการของ Broms วิธีการของ Davisson and Gil และวิธีผลต่างสืบเนื่อง FDM ให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน ต่างกันไม่เกินร้อยละ 3.85 ทั้งนี้เป็นเพราะการวิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Broms และวิธีการของ Davisson and Gil ซึ่งได้เลือกใช้พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ใช้ค่า k_h บริเวณด้านบนของเสาเข็มที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้างมากกว่าดินที่อยู่ลึกลงไป จึงให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ FDM ที่ใช้ค่า k_h ที่แตกต่างกันตลอดความลึกของเสาเข็ม สำหรับผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัดประลัยสูงสุดจากแรงทางข้างประลัยด้วยวิธี Davisson and Gil และวิธี FDM ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ต่างกันไม่เกินร้อยละ 9.4 นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้นำผลการวิเคราะห์แรงอัดประลัยและโมเมนต์ดัดประลัยไปใช้ออกแบบเหล็กเสริมในเสาเข็มคอนกรีตรับแรงด้านข้างที่มีกำลังต้านทานแรงประลัยของหน้าตัดปลอดภัยเพียงพอ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ACI318

คำสำคัญ: กำแพงกันดิน, เสาเข็มรับแรงด้านข้าง, ชั้นดินเหนียว, แรงด้านข้างที่ยอมให้, โมเมนต์ดัดประลัย

Abstract

Deep foundation of RC cantilever retaining wall should be designed to resist both axial loads and lateral loads. The objective of research papers aimed to compare the results of lateral loaded pile analysis in overconsolidated clay calculated by various analysis method based on Subgrade Reaction Analysis including Broms's method, Davisson and Gil method, and Finite Difference Method (FDM). The research found that allowable lateral load calculated by Broms's method, Davisson and Gil method, and Finite Difference Method (FDM) were closed with less than 3.81% difference. The research also found the same results in ultimate moment analysis that ultimate moment analysis calculated by Davisson and Gil method and Finite Difference Method were closed with less than 9.40% difference. Finally, the research analyzed and design reinforcement in lateral loaded pile with ultimate compression load and ultimate moment from previous analysis.

Keywords: Retaining Wall, Lateral Loads, Overconsolidated Clay, Allowable Lateral Load, Ultimate Moment

1. บทนำ

ปกติในงานก่อสร้างต่างๆ ที่มีการขุดหรือถมดินจนเกิดความต่างระดับของผิวดินมากกว่าความสูงที่มวลดินจะสมดุลอยู่ได้ด้วยตนเอง จำเป็นต้องมีโครงสร้างกันดินช่วยพยุงป้องกันการทลายหรือการเคลื่อนตัวของมวลดินมากเกินไป (สิริัญญา ทองชาติ และวรารกร ไม้เรียง, 2563) กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T เป็นแบบที่ใช้กันมาก ปกติมีความสูงประมาณ 3.00–7.50 เมตร และมีส่วนประกอบ 3 ส่วนคือ (1) ส่วนตัวกำแพง (Stem) ที่ยื่นขึ้นมาจากฐานราก สำหรับต้านทานแรงดันทางข้างของดิน (2) ส่วนฐานรากด้านหน้าเขื่อน (Toe) และ (3) ส่วนฐานรากด้านหลังเขื่อน (Heel) ซึ่งส่วนของฐานรากทั้งสองด้านจะทำหน้าที่รับน้ำหนักของกำแพงกันดินทั้งหมด น้ำหนักของดินที่อยู่บนฐานทั้งด้านหลังและด้านหน้าเขื่อน และรวมถึงน้ำหนักกดทับอื่นๆ (วินิต ช่อวิเชียร และวรนิติ ช่อวิเชียร, 2560) ในกรณีที่กำลังแบกทานที่ยอมให้ของดินได้ฐานรากไม่เพียงพอ จะใช้เสาเข็มเพื่อรับแรงต่างๆ ที่ถ่ายมาจากกำแพงกันดิน ได้แก่ แรงในแนวตั้ง (Vertical Load) และแรงดันด้านข้าง (Lateral Load) โดยนำแรงดังกล่าวไปใช้วิเคราะห์และออกแบบเสาเข็มต่อไปอย่างไรก็ตาม มีผู้เสนอวิธีการวิเคราะห์เกี่ยวกับเสาเข็มรับแรงด้านข้าง (Laterally Loaded Pile) หลากหลายวิธี ได้แก่ วิธีการของ Broms วิธีการของ Matlock and Reese วิธีการของ Davisson and Gil วิธีผลต่างสี่เหลี่ยม (Finite Difference: FDM) เป็นต้น

ข้อกำหนดในการออกแบบฐานรากเสาเข็มรับแรงทางข้างจะเป็นการกำหนดการเคลื่อนตัวทางข้าง (Lateral or Horizontal Movement) หรือการโก่งตัวทางข้าง (Lateral Deflection) สูงสุดของเสาเข็ม ซึ่งในบางกรณีจะยอมให้เกิดการเคลื่อนตัวได้น้อยมากเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง (พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล,

2563) ข้อกำหนด IBC2018 ระบุว่า แรงด้านข้างใช้งานที่กระทำต่อเสาเข็มจะต้องไม่เกินครึ่งหนึ่งของแรงด้านข้างที่ยอมให้ที่ทำให้เกิดการโก่งตัวทางข้าง 25 มิลลิเมตร (International Code Council, 2018) วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ดังกล่าว ได้แก่ การใช้สัมประสิทธิ์การต้านแรงกดของดิน (Coefficient of Subgrade Reaction: k_h) (อมร พิมานมาศ, 2558; พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล, 2563; Das, B. M., 2004) เช่น วิธีการของ Broms ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวทางข้างของหัวเสาเข็มที่อยู่ในชั้นทรายหรือชั้นดินเหนียว (Broms, B. B., 1964; Das, B. M., 2004) วิธีการของ Matlock and Reese ที่ได้สร้างกราฟไว้มิติสำหรับหาการโก่งตัวของเสาเข็มรับแรงทางข้าง สำหรับดินที่มีค่า k_h เป็นศูนย์ที่ผิวดินและเพิ่มขึ้นตามความลึก ได้แก่ ทรายหรือดินเหนียวอัดตัวปกติ (NC) (พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล, 2563) วิธีการของ Davisson and Gil ที่นำเสนอกราฟไว้มิติสำหรับหาการโก่งตัวและโมเมนต์สูงสุดที่เกิดในเสาเข็มรับแรงทางข้างในดินที่มีค่า k_h คงที่ ซึ่งเป็นลักษณะของดินเหนียวอัดตัวเกินปกติ (Overconsolidated Clay: OC) (อมร พิมานมาศ, 2558; พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล, 2563) และวิธี FDM ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์หาการโก่งตัวและโมเมนต์สูงสุดที่เกิดในเสาเข็มรับแรงทางข้างในชั้นดินที่มีค่า k_h ไม่สม่ำเสมอ (พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล, 2563) งานวิจัยฉบับนี้สนใจการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์เสาเข็มตอรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติด้วยวิธีการที่แตกต่างกันที่ใช้สัมประสิทธิ์การต้านแรงกดของดินสำหรับกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T สูง 5.90 เมตร วางบนเสาเข็ม

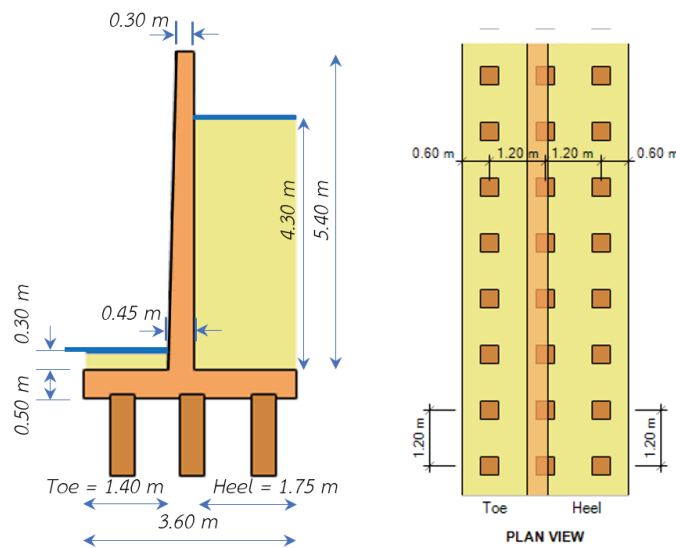
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แรงด้านข้างที่ยอมให้ และโมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็มตอรับแรงด้านข้างในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบต่างๆ ที่ใช้สัมประสิทธิ์การต้านแรงกดของดินสำหรับกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T วางบนเสาเข็ม

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 แรงใช้งาน (Service Load) และแรงประลัย (Factored Load) ที่นำมาใช้วิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้าง ได้มาจากการวิเคราะห์กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T ด้วยโปรแกรม Asdip Retain Version 5.2.1.5 (ASDIP Structural Software, 2022) มีความสูงวัดจากใต้ฐานราก 5.90 เมตร โดยกำหนดลักษณะ (Geometry) และพารามิเตอร์ ดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย ดินถม (Backfill) ที่ได้รับการออกแบบให้มีการระบายน้ำดี ไม่มีแรงดันน้ำหลังกำแพงกันดิน ความชันของผิวดินถม (Slope) เป็น 0° มุมเสียดทานประสิทธิผลของดินถม (ϕ) เป็น 34° หน่วยน้ำหนักดินถม (γ) เป็น 1,920 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความสูงกำแพงเหนือฐานราก (Stem Height) 5.40 เมตร ความสูงดินถม (Backfill Height) เป็น 4.30 เมตร มีความกว้างของฐานราก 3.60 เมตร ความหนาฐานราก (FT) 0.45 เมตร ความกว้างฐานหน้ากำแพงกันดิน (Toe) และหลังกำแพงกันดิน (Heel) เป็น 1.40 และ 1.75 เมตร ตามลำดับ เสาเข็มตอในแนวตั้ง Batter Angle เท่ากับ 0°

มีน้ำหนักบรรทุกทุกตายตัวและน้ำหนักบรรทุกจรแบบสม่ำเสมอบนดินถม (Uniform Surcharge) เป็น 360 และ 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ การวิเคราะห์ไม่พิจารณาแรงแผ่นดินไหว



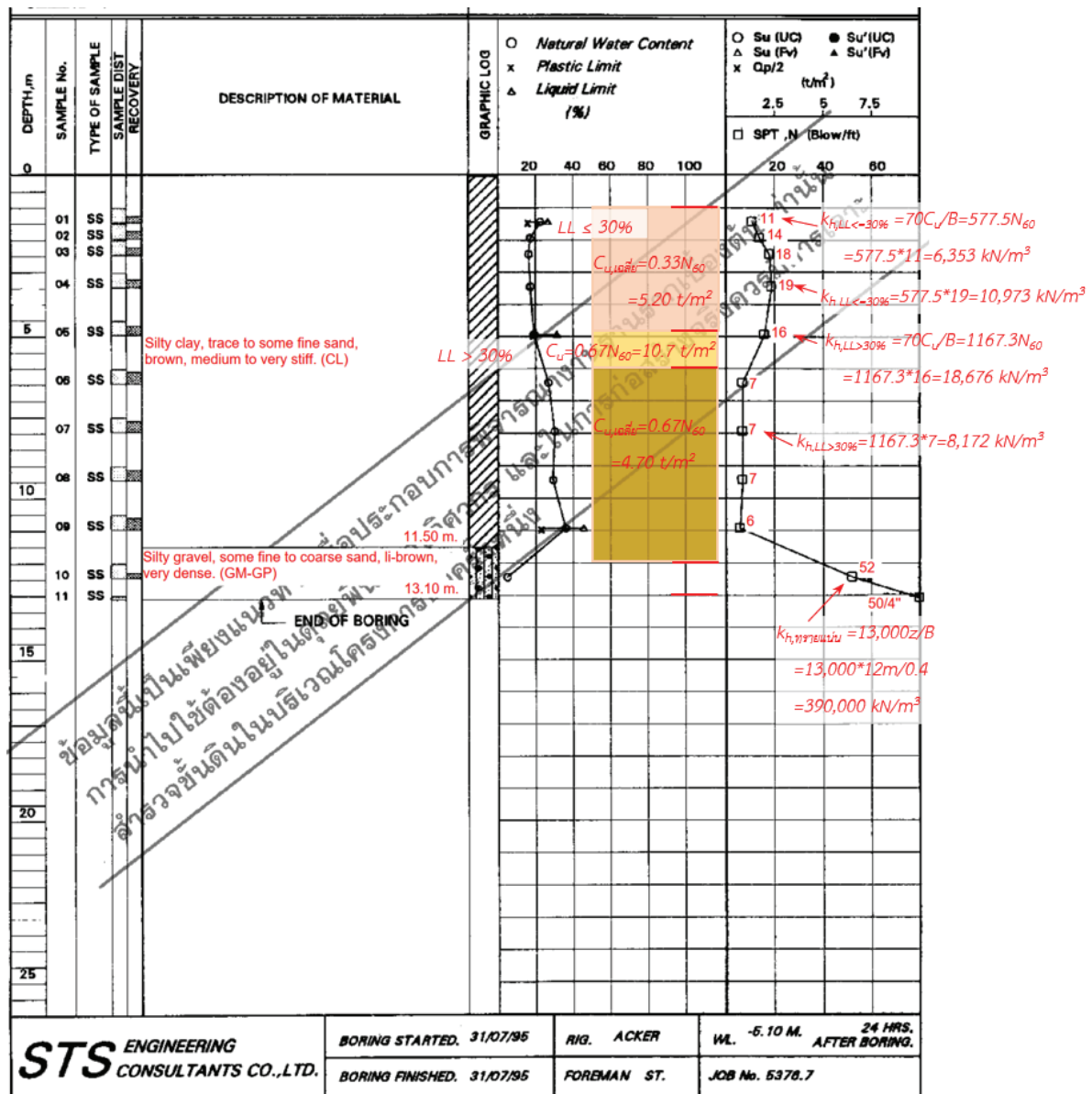
ภาพที่ 1 ลักษณะเบื้องต้นของกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T วางบนเสาเข็มในงานวิจัย (ปรับปรุงจาก Asdip Retain Version 5.2.1.5 (2022))

3.2 งานวิจัยใช้ข้อมูลจากผลการเจาะสำรวจดิน (Boring Log) ณ ตำบลเวียง อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2565) ดังภาพที่ 2 ในการคำนวณกำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม และการวิเคราะห์แรงด้านข้างที่ยอมให้และโมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็ม คอนกรีต แบ่งประเภทชั้นดินเป็น Medium Stiff to Very Stiff Clay (CL) (N_{60} อยู่ระหว่าง 6–30) และ Very Dense Sand (SM-GP) (SPT > 50)

3.3 เสาเข็มตอก (Driven Pile) เป็นเสาเข็มคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ($B = 0.40$ เมตร) ยาว 12.00 เมตร วางบนชั้นทราย มีกำลังรับแรงอัดคอนกรีต 350 ksc (ทรงกระบอก) เสริมด้วยเหล็กเสริมชั้นคุณภาพ SD40 ($f_y = 4,000$ ksc) กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มคำนวณจากผลเจาะสำรวจดินเป็น 159 ตัน/ต้น คิดเป็นกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม (Axial Capacity: F.S. = 3) 53 ตัน/ต้น (ไม่เกินกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของหน้าตัด 60–80 ตัน โดยประมาณ)

3.4 การวิเคราะห์หาแรงด้านข้างที่ยอมให้และโมเมนต์ดัดในเสาเข็มรับแรงด้านข้างในงานวิจัยนี้ ได้จัดเสาเข็มเป็นเสาเข็มยาว ($L/R = 5.95 \geq 5$) โดยที่แรงด้านทานทางข้างประลัยของเสาเข็มยาวถูกจำกัดโดยโมเมนต์ประลัยของเสาเข็ม (ไม่ได้ถูกจำกัดโดยกำลังของดินเหมือนในกรณีของเสาเข็มสั้น) ในชั้นดินเหนียวในสภาพอัดตัวเกินปกติ (OC Clay: $OCR = 4.69 > 2$) ที่หัวเสาเข็มอยู่ในสภาพยึดรั้ง (Fixed Head) มีการเรียงตัวของเสาเข็ม 2 แถว ตั้งฉากกับแนวแรงทางข้าง ดังภาพที่ 1

3.5 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแรงด้านข้างที่ยอมให้ และโมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็มแบบต่างๆ เป็นไปตามตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ผลการเจาะสำรวจดิน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2565)

ตารางที่ 1 วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เสารับแรงทางช้างโดยใช้สัมประสิทธิ์การต้านแรงกดของดิน

วิธีการต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์และเปรียบเทียบ แรงต้านช้างที่ยอมให้ในเสาเข็ม	วิธีการต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์และเปรียบเทียบ โมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็ม
1. วิธีการของ Broms	1. วิธีการของ Broms
2. วิธีการของ Davisson and Gil	2. วิธีการของ Davisson and Gil
3. วิธี FDM	3. วิธี FDM

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 กำหนดลักษณะของกำแพงกันดินและระยะห่างของเสาเข็มเบื้องต้น คำนวณหาแรงในแนวดิ่งและแรงด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็ม จากผลการรวมแรงใช้งาน (Service Load) ตามข้อกำหนด ASCE7-10/16 (American Society of Civil Engineers, 2016) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การรวมแรง (Load Combination) ตาม ASCE7-10/16 (American Society of Civil Engineers, 2016)

กรณีรวมแรง (Combination Load Case)	
แรงใช้งาน (Serviced Load)	แรงประลัย (Factored Load)
1) $D + L + H$	1) $1.4D + 0.9H$
2) $D + H + 0.6W$	2) $1.2D + 1.6L + 1.6H$
3) $D + L + H + 0.6W$	3) $1.2D + 0.9H + 0.5W$
4) $D + H + 0.7E$	4) $1.2D + L + 0.9H + W$
5) $D + L + H + 0.7E$	5) $1.2D + L + 0.9H + E$
-	6) $0.9D + 1.6H + W$
-	7) $0.9D + 1.6H + E$

4.2 คำนวณและวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงด้านข้างที่ยอมให้ในเสาเข็มด้วยวิธีการต่างๆ ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้แรงในแนวดิ่งและแรงด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็มจากแรงใช้งาน (Service Load) ในข้อ 4.1 ต้องไม่เกินกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยและแรงด้านข้างที่ยอมให้ในเสาเข็ม หากเกินกว่าค่าที่ยอมให้ต้องทำการปรับแก้ลักษณะของกำแพงกันดินใหม่

งานวิจัยจะแสดงการวิเคราะห์หาแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวทางข้าง 25 มิลลิเมตรของหัวเสาเข็มยาวที่อยู่ในชั้นดินเหนียวอัดตัวเกินปกติ และหัวเสาเข็มแน่น พอสังเขปด้วยวิธีการของ Broms เป็นวิธีหนึ่งซึ่งง่าย ทำได้โดยการอ่านกราฟไร้มิติระหว่าง Dimensionless Length (βL) และ Dimensionless Lateral Deflection (y) จึงได้แรงทางข้าง ($H_{a@25mm}$) (Broms, B. B., 1964; Das, B. M., 2004) ดังสมการที่ (1)

$$H_{a@25mm} = \frac{\text{ระยะโง่งที่ยอมให้} \times k_H \beta L}{\text{ค่า } y \text{ ที่อ่านได้จากกราฟ}} = \frac{0.025 \times (8925) \times 0.40 \times 12}{4.30} = 249 \text{ kN} \approx 25 \text{ ตัน} \quad (1)$$

4.3 จากนั้นคำนวณหาแรงตามแนวแกนประลัย (Ultimate Axial Load: P_u) และแรงด้านข้างประลัย (Ultimate Lateral Load) ที่กระทำต่อเสาเข็มจากผลการรวมแรง ตามข้อกำหนด ASCE7-10/16 ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ $P_u \leq 159$ ตัน/ต้น

4.4 นำแรงด้านข้างประลัยที่ได้ไปใช้คำนวณและวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเมนต์ดัดประลัยสูงสุดในเสาเข็มด้วยวิธีการต่างๆ ดังตารางที่ 1

4.5 นำค่าแรงตามแนวแกนประลัยและโมเมนต์ดัดประลัยจากผลการรวมแรง ไปใช้ในการออกแบบเสาเข็มรับแรงด้านข้าง

4.6 สรุปผลการวิจัย

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงด้านข้างที่ยอมให้ในเสาเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

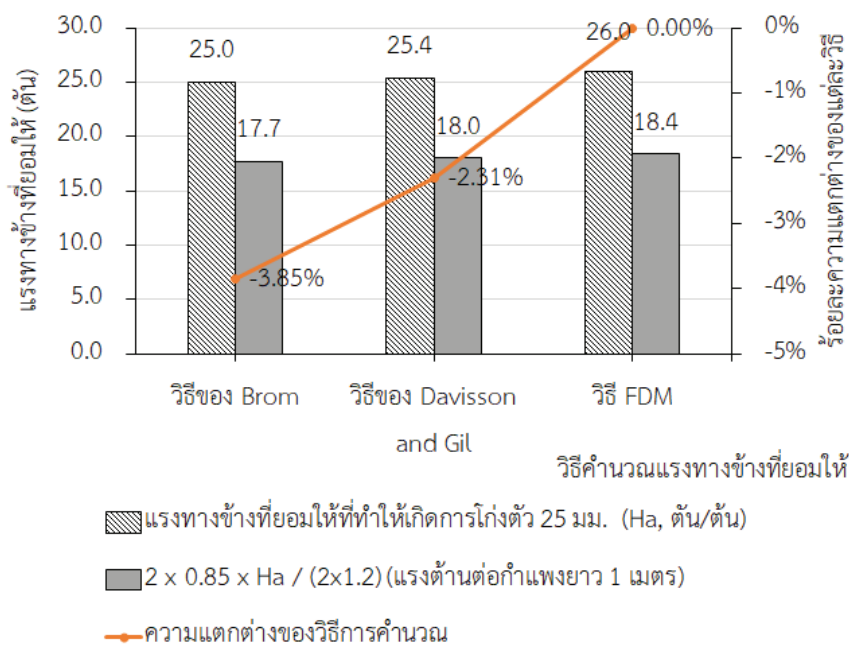
ผลการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า แรงทางข้างที่ยอมให้ที่ทำให้เกิดการโก่งตัวของหัวเสาเข็ม 25 มิลลิเมตร ($H_{a@25mm}$) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Broms, Davisson and Gil และวิธี FDM มีค่า 25.0, 25.4 และ 26.0 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นค่าความแตกต่างเมื่อเทียบกับวิธี FDM เพียงร้อยละ 3.85, 2.31 และ 0.00 ตามลำดับเท่านั้น โดยวิธีการของ Broms มีความแตกต่างจากวิธี FDM มากที่สุด เพียงร้อยละ 3.85 เท่านั้น ทั้งนี้การวิเคราะห์แรงทางข้างที่ยอมให้ที่ทำให้เกิดการโก่งตัวของหัวเสาเข็ม 25 มิลลิเมตร ด้วยวิธีการ FDM ได้คำนึงถึงค่า k_n ตลอดความลึกของเสาเข็ม เหมาะสมกับการวิเคราะห์ชั้นดินที่มีค่า k_n ไม่สม่ำเสมอ จึงให้ค่าที่มีความถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด ในขณะที่วิธีการของ Broms และ Davisson and Gil ต้องกำหนดใช้ค่า k_n ค่าเดียว ซึ่งคำนวณจากค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำเฉลี่ย (c_u) ในช่วงความลึก 8B คือ 3.20 เมตร ผลการวิจัยสอดคล้องกับพัลลภ วิสุทธิเมธานกุล (2563) ที่กล่าวว่า ดินส่วนที่อยู่บริเวณด้านบนของเสาเข็มมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้างมากกว่าดินที่อยู่ลึกลงไป และสอดคล้องกับตันแคนและคณะ (Duncan, J. M. et al., 1994) ที่เสนอให้ใช้ค่าเฉลี่ยของ c_u ในช่วงความลึก 8B จากผิวดิน

ตามที่สุดส่วนระยะห่างเสาเข็มต่อความกว้างเสาเข็ม (S/B) ทั้งในแนวตั้งฉากกับแรงทางข้างและแนวขนานกับแรงทางข้างเท่ากับ 3 จึงใช้ค่าตัวคูณลดกำลังสำหรับเสาเข็มกลุ่มในชั้นดินเหนียวสำหรับกำลังและการเคลื่อนตัวเป็น 0.40 และ 0.25 ตามลำดับ (Sharma, P. and Hari, D. S., 1990; อมร พิมานมาศ, 2558)

งานวิจัยได้เลือกใช้ผลการคำนวณแรงทางข้างที่ยอมให้ที่ทำให้เกิดการโก่งตัวของหัวเสาเข็ม 25 มิลลิเมตร ของเสาเข็มกลุ่ม ($H_{allow, pile group}$) จากวิธีการของ Broms ซึ่งมีค่าต่ำสุดเป็น 7.8 ตันต่อแถวรับพิชชอยยาว 1 เมตร ดังสมการที่ (2) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการรับแรงด้านข้างใช้งาน (Service Lateral Load) ของกำแพงกันดิน

$$\frac{\text{จำนวนต้น} \times \text{ตัวคูณลดค่า} \times (H_{a@25mm} / 2)}{\text{แถวรับพิชชอยของเสาเข็ม}} = \frac{[3 \times 0.25 \times (25 / 2)]}{1.2} = 7.8 \text{ ตัน/เมตร} \quad (2)$$

พบว่า การจัดขนาดและสัดส่วน (Geometry) ของกำแพงกันดินเบื้องต้นนั้นมีความเหมาะสม มีเสถียรภาพเพียงพอ ดังภาพที่ 4(ก) และ 4(ข) แสดงผลวิเคราะห์จากการรวมแรงที่ 2: $D + H + 0.6W$ เกิดแรงอัดในเสาเข็ม (Axial Force) 9.3, 10.7 และ 12.1 ตัน ไม่เกินกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม (Axial capacity = 53 ตัน/ตัน) และแรงทางข้างรวมที่เกิดขึ้น ($R_h = 7.0$ ตัน/เมตร) ไม่เกินแรงทางข้างที่ยอมให้ (Horizontal Capacity = 7.8 ตัน/เมตร) ดังภาพที่ 4(ก) และ 4(ข) และในการตรวจสอบเบื้องต้น พบว่า แรงเฉือนที่ยอมให้ในหน้าตัดเสาเข็มคอนกรีต ($0.29 \times \sqrt{350} \times 40 \times \frac{35}{1000} = 7.59$ ตัน) มีค่ามากกว่าแรงเฉือนใช้งานที่เกิดในเสาเข็มแต่ละต้น ($7.0 \times 1.2 / 3 = 2.8$ ตัน) ถือว่าปลอดภัย (สมพร อรรถเศรษฐพงศ์, 2561)



ภาพที่ 3 ผลการคำนวณแรงทางข้างที่ยอมให้ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างๆ

5.2 ผลการคำนวณและวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเมนต์ดัดประลัยสูงสุดในเสาเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

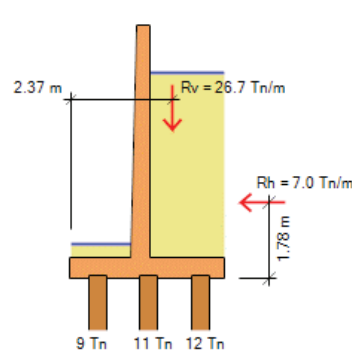
ผลการวิเคราะห์หาแรงตามแนวแกนประลัย (Ultimate Axial Load: P_u) และแรงด้านข้างประลัย (Ultimate Lateral Load: H_u) ที่กระทำต่อเสาเข็มจากผลการรวมแรงต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4(ค) และตารางที่ 3 โดยภาพที่ 4(ค) แสดงค่า P_u และ M_u เฉพาะกรณีการรวมแรงที่ 2: $1.2D + 1.6L + 1.6H$ พบว่า P_u มีค่า 13, 14 และ 15 ตัน/ตัน ตามลำดับ มีผลรวมเท่ากับแรงในแนวดิ่ง ($R_v \times$ แถบ 1.20 ม. = $35.5 \times 1.2 \approx 42$ ตัน) ส่วน H_u มีค่า 4.48 ตัน/ตัน ($H_u = \frac{11.2 \text{ ตัน/ม.}}{3 \text{ ตัน}} \times$ แถบความยาวรับผิวดชอบ 1.20 ม. = 4.48 ตัน/ตัน) ทั้งนี้จะนำแรงด้านข้างประลัยที่ได้พิจารณาเพิ่มค่าจากผลของเสาเข็มกลุ่มแล้ว (เช่น $4.48 / 0.40 = 11.2$ ตัน) ไปคำนวณเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดประลัยที่เกิดในเสาเข็มด้วยวิธีการต่างๆ กัน

PILE FOUNDATION (Comb. D+H+0.6W)

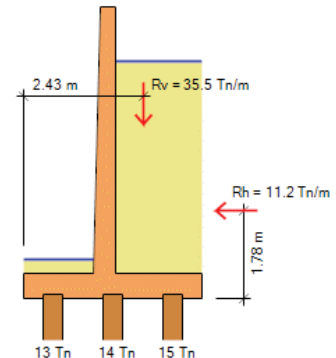
Use 40-cm Square Piles, Embedment = 7.5 cm

	Toe	Center	Heel	
Dist from Toe	0.60	1.80	3.00	m
Pile Spacing ...	1.20	1.20	1.20	m
Batter Angle	0.0	0.0	0.0	deg
Axial Force	9.3	10.7	12.1	Tn
Axial Capacity	53.0	53.0	53.0	Tn
Axial Ratio	0.17	0.20	0.23	✓
Hor. Capacity = 7.8 Tn/m > 7.0 Tn/m				✓

(ก)



(ข)



(ค)

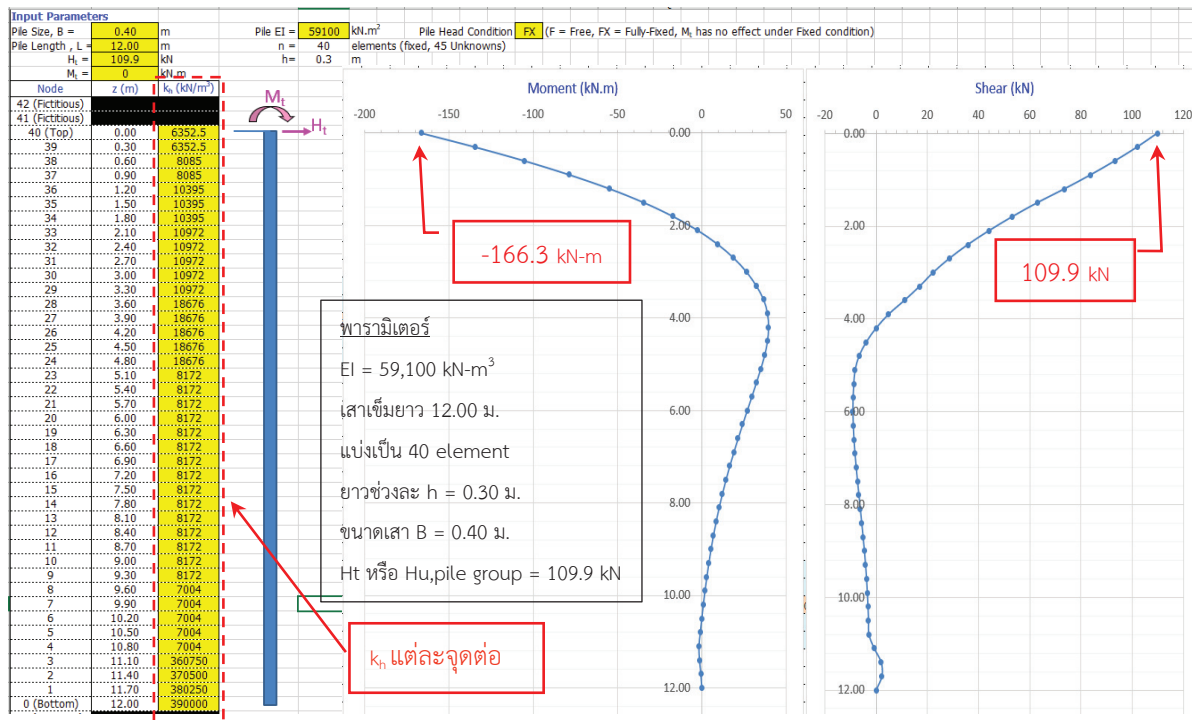
ภาพที่ 4 (ก), (ข) ผลการวิเคราะห์แรงใช้งานที่เกิดขึ้นน้อยกว่าแรงที่ยอมให้ในเสาเข็มทั้งแรงอัดและแรงทางข้าง กรณีการรวมแรง $D + H + 0.6W$, และ (ค) ตัวอย่างผลการวิเคราะห์หา P_u และ M_u จากกรณีการรวมแรงที่ 2: $1.2D + 1.6L + 1.6H$ (ASDIP Structural Software, 2022)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงอัดประลัย แรงด้านข้างประลัย และโมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็ม ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างๆ

กรณีรวมแรง (Combination load case)	แรงอัดประลัย เสาเข็มแถวที่ 1 (P_u แถวซ้าย)		แรงอัดประลัย เสาเข็มแถวที่ 2 (P_u แถวกลาง)		แรงอัดประลัย เสาเข็มแถวที่ 2 (P_u แถวขวา)		แรงด้านข้าง ประลัย (H_u , ตัน/ตัน)	แรงด้านข้างประลัย เมื่อพิจารณาจาก เสาเข็ม $H_u/0.4$		โมเมนต์ดัดประลัยในเสาเข็มคำนวณ ด้วยวิธีต่างๆ (M_u , kN-m)			ร้อยละความแตกต่างของ M_u ***	
	หน่วย ตัน/ตัน	หน่วย Kn/ตัน	หน่วย ตัน/ตัน	หน่วย Kn/ตัน	หน่วย ตัน/ตัน	หน่วย Kn/ตัน		หน่วย ตัน/ตัน	หน่วย Kn/ตัน	Brom's (1)	Davisson and Gill (2)	FDM (3)	$\Delta M_{u,1}$	$\Delta M_{u,2}$
1) 1.4D+0.9H	10	98.1	15	147.1	19	186.4	2.5	6.3	61.8	23.8	84.8	93.5	-74.6	-9.4
2) 1.2D+1.6L+1.6H	13	127.5	14	137.3	15	147.1	4.5	11.2	109.9	49.4	150.8	166.3	-70.3	-9.4
3) 1.2D+0.9H+0.5W	9	88.3	13	127.5	16	157	2.5	6.3	61.8	23.8	84.8	93.5	-74.6	-9.4
4) 1.2D+L+0.9H+W	9	88.3	13	127.5	17	166.8	2.5	6.3	61.8	23.8	84.8	93.5	-74.6	-9.4
5) 1.2D+L+0.9H+E	9	88.3	13	127.5	17	166.8	2.5	6.3	61.8	23.8	84.8	93.5	-74.6	-9.4
6) 0.9D+1.6H+W	12	117.7	10	98.1	8	78.5	4.5	11.2	109.9	49.4	150.8	166.3	-70.3	-9.4
7) 0.9D+1.6H+E	12	117.7	10	98.1	8	78.5	4.5	11.2	109.9	49.4	150.8	166.3	-70.3	-9.4
*** $\Delta M_{u,1} = [(1) - (3)] \times 100/(3)$ และ $\Delta M_{u,2} = [(2) - (3)] \times 100/(3)$													เฉลี่ย	-72.8

งานวิจัยพบว่า โมเมนต์ดัดประลัยที่เกิดในเสาเข็มด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่ต่างกัน คือ วิธีของ Davisson and Gil และวิธี FDM (ภาพที่ 5) ดังตารางที่ 3 ให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันเฉลี่ยเพียงร้อยละ 9.4 สำหรับวิธีของ Broms และวิธี FDM ดังตารางที่ 3 ให้ค่าที่แตกต่างกันเฉลี่ยถึงร้อยละ 72.8 โดยวิธี FDM ให้ผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัดประลัยที่เกิดในเสาเข็มมากที่สุด ทั้งนี้การวิเคราะห์โมเมนต์ดัดประลัยที่เกิดในเสาเข็มด้วยวิธีการ FDM ได้คำนึงถึงค่า k_h ที่แตกต่างกันตลอดความลึกของเสาเข็ม เหมาะสมกับการวิเคราะห์ชั้นดินที่มีค่า k_h ไม่สม่ำเสมอ จึงให้ค่าที่มีความถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด ในขณะที่วิธีการของ Davisson and Gil กำหนดใช้ค่า k_h ค่าเดียว ซึ่งคำนวณจากค่า c_u เฉลี่ย ในช่วงความลึก 8B หรือ 3.20 เมตร ผลการวิจัยสอดคล้องกับพัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล (2563) ที่กล่าวว่าดินส่วนที่อยู่บริเวณด้านบนของ

เสาเข็ม มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงด้านข้างมากกว่าดินที่อยู่ลึกลงไป และสอดคล้องกับ ดัน แคน และคณะ (Duncan, J. M. et al., 1994) ที่เสนอให้ใช้ค่าเฉลี่ยของ c_u ในช่วงความลึก 8B จากผิวดิน

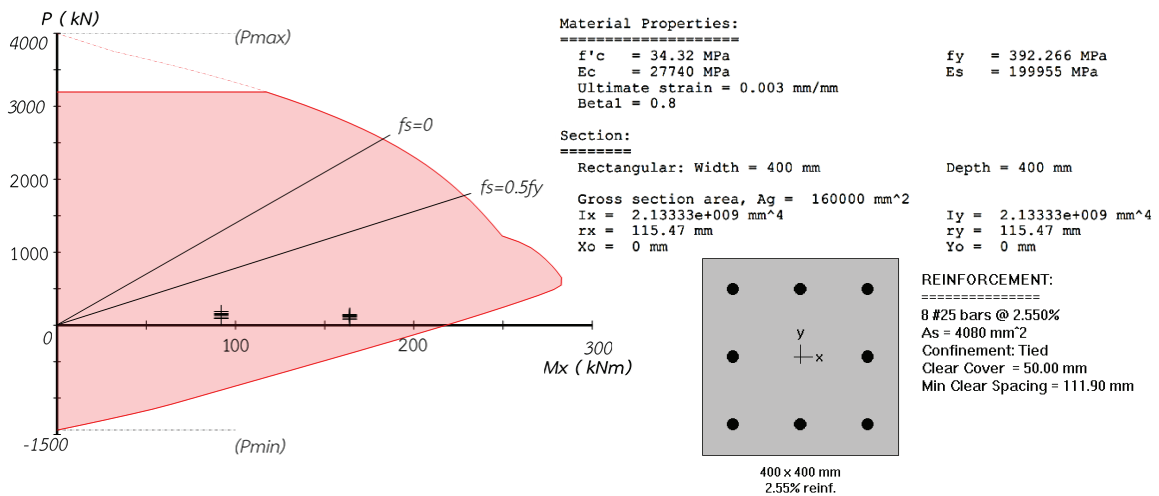


ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์หาโมเมนต์ดัดประลัย (166.3 kN-m) และแรงเฉือนประลัย (109.9 kN) ในเสาเข็ม ด้วยวิธี FDM เมื่อแรงด้านข้างประลัยเพิ่มค่าจากผลของเสาเข็มกลุ่มแล้ว ($H_{u, \text{pile group}}$) มีค่า 11.2 ตัน หรือ 109.9 kN

5.3 ผลการออกแบบเสาเข็มรับแรงด้านข้าง

งานวิจัยเลือกใช้ค่าแรงอัดในแนวแกนประลัย (P_u) และค่าโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) ที่คำนวณด้วยวิธี FDM ซึ่งให้ค่าที่แม่นยำและมากที่สุด (ค่าเชิงอนุรักษ์) ในกรณีการรวมแรงทั้ง 7 กรณี จากตารางที่ 1 เพื่อใช้ในการออกแบบเสาเข็มรับแรงด้านข้าง ผลการวิจัยพบเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์ (Interaction Diagram) ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดประลัยลดค่า (ϕP_n หรือ P ในภาพที่ 6) กับกำลังรับโมเมนต์ดัดประลัยลดค่า (ϕM_n หรือ M_x ในภาพที่ 6) ของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาดหน้าตัด 0.40×0.40 เมตร เสริมเหล็กพิเศษ 8-DB25 เป็นดังภาพที่ 6 และจากการตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักประลัยของหน้าตัดเสาเข็มด้วยเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์ ดังภาพที่ 6 พบว่าค่าแรงอัดประลัยและค่าโมเมนต์ดัดประลัยที่เกิดขึ้น (คู่อันดับที่ 1-13 ในภาพที่ 6 จาก 7 กรณีการรวมแรง) อยู่ภายในเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์ถือว่าปลอดภัย กำลังรับแรงของหน้าตัดเสาเข็มมีเพียงพอตามมาตรฐาน ACI318 โดยในการคำนวณเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์เสาเข็มในงานวิจัยไม่พิจารณา Slenderness ของเสาเข็ม สอดคล้องกับอมร พิมานมาศ (2556) ซึ่งการจำแนกเป็นเสาเข็มยาวตามขอบเขตงานวิจัยจะใช้เพื่อการวิเคราะห์หาแรงภายในของเสาเข็มรับแรงทางข้างเท่านั้น (อมร พิมานมาศ, 2556; พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล,

2563) ในส่วนของกำลังรับแรงเฉือนประลัยของคอนกรีตเสาค้ำ ($0.53 \times \sqrt{350} \times 40 \times \frac{35}{1000} = 13.8$ ตัน) มีค่ามากกว่าแรงเฉือนประลัยสูงสุดที่เกิดในเสาค้ำแต่ละต้นเช่นกัน (11.2 ตัน)



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์และออกแบบเสริมเหล็กในเสาค้ำคอนกรีตด้วยเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์

6. บทสรุป

การวิจัยฉบับนี้แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์เสาค้ำรับแรงด้านข้างจากกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T ในลักษณะดินตามผลสำรวจดิน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่ต่างกัน 3 วิธี ที่ใช้สัมประสิทธิ์การต้านแรงกดของดิน คือ วิธีการของ Broms, วิธีการของ Davisson and Gil และวิธีผลต่างสี่เหลี่ยม FDM ให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้การวิเคราะห์แรงด้านข้างที่ยอมให้ด้วยวิธีการของ Broms และวิธีการของ Davisson and Gil ซึ่งเลือกใช้คุณสมบัติของดินที่เหมาะสมด้วยค่า k_h บริเวณด้านบนของเสาค้ำที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์เสาค้ำรับแรงด้านข้างมากกว่าดินที่อยู่ลึกลงไป จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ FDM ที่ใช้คุณสมบัติของดินตลอดความลึกของเสาค้ำ โดยผลการวิเคราะห์แรงทางข้างที่ยอมให้ที่ทำให้เกิดการโก่งตัวของหัวเสาค้ำ 25 มิลลิเมตร ด้วยวิธีการของ Broms, Davisson and Gil และวิธี FDM มีค่าใกล้เคียงกันเป็น 25.0, 25.4 และ 26.0 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นค่าความแตกต่างเมื่อเทียบกับวิธี FDM เพียงไม่เกินร้อยละ 3.85 และผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัดประลัยจากแรงทางข้างประลัยด้วยวิธี Davisson and Gil และวิธี FDM ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ต่างกันไม่เกินร้อยละ 9.4 และได้ผลการออกแบบเสาค้ำคอนกรีตรับแรงด้านข้างจากผลการวิเคราะห์ ที่มีกำลังรับแรงประลัยของหน้าตัดเพียงพอและปลอดภัยตามมาตรฐาน ACI

7. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาอิทธิพลของแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load) แรงดันน้ำ และจัดรูปแบบเสาเข็มลักษณะต่างๆ กัน ที่มีผลต่อการออกแบบและต้นทุนการก่อสร้างกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดยื่นรูปตัว T

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2565). *การเจาะสำรวจดิน*. สืบค้น 1 มกราคม 2565, จาก <http://soilgis.dpt.go.th/login.php>
- พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล. (2563). *คู่มือวิศวกรรมฐานราก (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม)*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วินิต ช่อวิเชียร และวรนิติ ช่อวิเชียร. (2560). *การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ป.สัมพันธ์พาณิชย์.
- สมพร อรรถเศรษฐีวงศ์. (2561). *เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษ ครั้งที่ 20 MicroFEAP 6.2 กับตัวอย่างงานโครงสร้างชุดที่ 3*. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- สิริัญญา ทองชาติ และวารการ ไหมเรียง. (2563). *การออกแบบฐานราก*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครปฐม: สำนักพิมพ์กิตติวรรณการพิมพ์.
- อมร พิมานมาศ. (2556). *การวิเคราะห์และการออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรม ETABS เล่ม 1 และ 2*. กรุงเทพฯ: ซีวิลเอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์แอนด์เทรนนิ่ง.
- อมร พิมานมาศ. (2558). *การออกแบบแก้ไขฐานราก ฐานรากรับแรงด้านข้างและฐานรากรับเครื่องจักร*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ซีวิลเอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์แอนด์เทรนนิ่ง.
- American Society of Civil Engineers. (2016). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE7-10/16)*. VA: American Society of Civil Engineers.
- ASDIP Structural Software. (2022). *ASDIP Retain Structural Engineering Software Version 5.4.0.1*. FL: ASDIP Structural Software.
- Broms, B. B. (1964). Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils. *Journal of Soil Mechanical and Foundations Division*, 90(2), 27–64.
- Das, B. M. (2004). *Principle of Foundation Engineering*. (5th ed.). CA: Thomson Learning.
- Duncan, J. M., Evans, Jr., L. T., and Ooi, P. S. K. (1994). Lateral Load analysis of single piles and drilled shafts. *J. of Geotech. Eng., ASCE*, 120(5), 1018–1033.
- International Code Council. (2018). *International Building Code 2018 (IBC2018)*. IL: International Code Council, Inc.
- Shamsher, P. and Hari, D. S. (1990). *Pile Foundations in Engineering Practice*. New York: John Wiley & Sons.

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟาง
บนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS
FOR STRAW MUSHROOM'S FARM BASED ON INTERNET OF THINGS

พิทักษ์ คล้ายชม^{1*} อภิศักดิ์ พรหมฝาย¹ ไพโรจน์ นะเที่ยง¹ นุภาพร พร้อมมูล¹

วัชรินทร์ วัฒนเชษฐ์¹ และณัฐพล พิศพันธ์¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Pitak Khlaichom^{1*} Apisak Phromfaiy¹ Pairoj Natieng¹ Nupakorn Prommul¹

Wacharin Watanachet¹ and Nattapon Pisan¹

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: pitak.khl@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในปัจจุบันเกษตรกรพบปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน เช่น อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ดอกเห็ดบานเร็วและมีดอกเห็ดน้อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน แล้วทำการประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบเปิดตาราง เพื่อสั่งงานพัดลมและปั๊มน้ำสเปรย์หมอก เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนให้มีค่าตามที่กำหนด โดยสามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือได้ด้วย ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุม พบว่า ค่าความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิน้อยกว่าระบบที่ใช้คนควบคุมโดยเฉลี่ย 0.8% และค่าความผิดพลาดในการควบคุมความชื้นน้อยกว่าระบบที่ใช้คนควบคุมโดยเฉลี่ย 2.16% ผลผลิตมากขึ้นกว่าระบบเพาะเห็ดเดิม 10 กิโลกรัม เป็นเงิน 1,000 บาท หักค่าแรงงาน 1,250 บาท ทำให้รายได้เพิ่มขึ้นต่อรอบการผลิตจากระบบเพาะเห็ดเดิม เป็นเงิน 2,250 บาท ใช้เวลาคุ้มทุน 10 รอบการผลิต

คำสำคัญ: ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม, โรงเพาะเห็ดฟาง, อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

Abstract

Mushroom cultivation in the house requires temperature and humidity control. At present, the farmers have problems in controlling the temperature and humidity of the greenhouse, for example, if the temperature is too high, it will cause the mushroom to bloom faster and produce less mushrooms. The purpose of this research is to develop and find the efficiency of the automatic environment control system for the mushroom house based on

the Internet of things. Using microcontroller Read from the housing temperature sensor. Then proceed with the open table to control the fan operation and pump spray mist for control the temperature and humidity in the house to a certain value. It can be displayed and controlled through the Internet with the application on the mobile phone. The control system performance was found to be slightly lower than the control system by 0.8% and the control humidity was less than the control system by 2.16%. More than the original 10 kg of mushroom system is 1,000 baht, minus the labor 1,250 baht, resulting in an increase in revenue per production cycle from the original mushroom system is 2,250 baht.

Keywords: Automatic Environmental Control Systems, Straw Mushroom's Farm, Internet of Things

1. บทนำ

เห็ดฟางเป็นเห็ดชนิดแรกที่เพาะได้ในประเทศไทย เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่เพาะมากที่สุด ได้รับความนิยมในท้องตลาด มีราคาสูง ให้ประโยชน์ทางด้านอาหารและสมุนไพร ส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกบ้างเล็กน้อยในรูปเห็ดแห้งและเห็ดบรรจุกระป๋อง เห็ดฟางยังสามารถเพาะได้ทุกฤดูและทุกภาคของประเทศ (สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2564, น.1) เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ โดยเกิดจากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว กากถั่ว ต้นกล้วย ขี้เลื่อยเพาะเห็ดเก่า หรือกากมันสำปะหลัง ขึ้นอยู่กับวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น เป็นเห็ดที่ให้ผลผลิตเร็วประมาณ 10-12 วัน ให้ผลผลิตคุ้มทุน (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร, 2555, น.7) การเพาะเห็ดฟางในประเทศไทยมีรูปแบบการเพาะ 3 แบบ คือ แบบกองสูง แบบกองเตี้ย และแบบอุตสาหกรรมหรือแบบโรงเรือน การเพาะเห็ดฟางแบบกองสูงเป็นวิธีที่ปฏิบัติกันมาหลายสิบปีและในปัจจุบันยังมีการเพาะกันอยู่บ้างแต่ไม่มากนักเนื่องจากใช้ฟางจำนวนมาก ส่วนการเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ยเป็นวิธีที่นิยมและแพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากใช้วัสดุเพาะได้หลายชนิด วิธีการเพาะไม่ยุ่งยาก ใช้พื้นที่น้อย และสามารถกำหนดเวลาเก็บผลผลิตได้แน่นอนในเวลาอันสั้น (สราวุธ อธิระปัญญา และคณะ, 2553, น.6) ปัจจัยสำคัญในการเพาะเห็ดฟาง ได้แก่ (1) สภาพอากาศ เห็ดฟางชอบอากาศร้อน เพราะอากาศร้อนจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของดอกเห็ด ส่วนในช่วงอากาศหนาวเห็ดจะไม่ค่อยออกดอก ผลผลิตลดน้อยลง จึงทำให้ราคาสูง ในฤดูฝนชาวสวนส่วนมากทำนา การเพาะเห็ดน้อยลง ราคาเห็ดฟางนั้นก็จะมีขึ้น (2) แสงแดด เห็ดฟางไม่ชอบแสงแดดโดยตรงนัก ถ้าถูกแสงแดดมากเกินไปเส้นใยเห็ดอาจจะตายได้ง่าย ดอกเห็ดฟางที่ไม่โดนแสงแดดจัดมีสีขาวนวลสวย ถ้าดอกเห็ดฟางโดนแดดแล้วจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำเร็วขึ้นกว่าปกติ และ (3) ความชื้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพาะเห็ดฟางมาก เป็นตัวกำหนดการเจริญของเส้นใยเห็ดที่สำคัญ ถ้าความชื้นมีน้อยเกินไป เส้นใยของเห็ดจะเดินช้าและรวมตัวเป็นดอกไม่ได้ ถ้าความชื้นมากเกินไปก็จะทำให้เส้นใยฝ่อหรือเน่าตายไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545, น.20-22)

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟางพบปัญหา ได้แก่ (1) เห็ดขึ้นหรือเส้นใยเห็ดไม่ยอมรวมตัวกันเป็นดอกเห็ด เกิดจากอากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป หรืออุณหภูมิในโรงเรือนสูงเกิน 38 องศาเซลเซียส หรือมีแสงสว่างไม่เพียงพอ (2) ดอกเห็ดขึ้นไม่สม่ำเสมอ เกิดจากอากาศภายในโรงเรือนไม่เพียงพอ ความชื้นไม่สม่ำเสมอ (3) ดอกเห็ดบานเร็วเกินไปทั้งที่ยังเล็กอยู่ เกิดจากโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงมาก เชื้อเห็ดอ่อนหรือใส่อาหารเสริมมากเกินไป (4) ดอกเห็ดมีสีคล้ำ เกิดจากสายพันธุ์เห็ดฟางหรืออุณหภูมิโกรก หรือได้รับแสงแดดมาก (5) ดอกเห็ดมีน้ำหนักเบา เกิดจากความชื้นไม่เพียงพอ หรือขณะเกิดดอกเห็ดมีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก (ฟาร์มเห็ดฟางคุณชายคม, 2559) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดฟาง อริยาฟาร์มเห็ดฟางอำเภอตรอน จังหวัดอุดรธานี มีผลผลิตเห็ดฟางต่อการผลิตอยู่ที่ 70–100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากหลังคาของโรงเรือนทำจากเหล็ก มีลักษณะหน้าจั่วไม่สูงและชิดไปทางด้านหน้า มีการระบายอากาศได้ไม่ดี ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง ในช่วงเวลาที่อากาศร้อนจึงต้องคอยลดอุณหภูมิของโรงเรือนทุกๆ 1 ชั่วโมง ได้แก่ การเปิดประตูระบายอากาศ การพรมน้ำที่กระสอบป่านบริเวณประตู การสเปรย์น้ำบนหลังคา หากความชื้นต่ำก็ปล่อยน้ำบนพื้นโรงเรือน ในกรณีที่ต้องเดินทางไปทำภารกิจอื่นในชีวิตประจำวัน หรือนำเห็ดฟางไปจำหน่ายที่ตลาด จะเกิดความกังวลต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ของโรงเรือน โดยเฉพาะในฤดูร้อนต้องดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากเกิดปัญหาเห็ดฟางเสียหายบ่อยครั้ง (อริยา รอดจำนงค์, 2560, สัมภาษณ์)

มีงานวิจัยพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนอัตโนมัติ โดยวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด เพื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ หากค่าทั้งสองไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังระบบปั๊มน้ำให้ทำงานโดยการจ่ายน้ำผ่านท่อและหัวสปริงเกอร์ ให้มีการกระจายน้ำทั่วบริเวณโรงเพาะเห็ด (ศุภวุฒิ ผากา และคณะ, 2557, น.58) อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังทำงานในแบบออฟไลน์ (Offline) ไม่มีการติดต่อสื่อสารข้อมูลกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หากเกิดปัญหาหรือความผิดปกติขึ้นกับโรงเรือนขึ้น เกษตรกรอาจไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที จากปัญหาดังกล่าว ทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) โดยพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม มีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเพาะเห็ด ส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ เข้ามายังชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ หากค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงหน่วยความจำเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือประมวลผลข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรด้วยสมาร์ทโฟน (Smart Phone) ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้น โดยเกษตรกรสามารถใช้โทรศัพท์มือถือควบคุมและดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือนทำให้เกษตรกรมีความสะดวกสบายในการเพาะเห็ดฟาง ได้ผลผลิตเห็ดฟางที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด และขายได้ในราคาที่สูงขึ้น ช่วยลดปัญหาความเสียหายที่เกิดในระหว่างการเพาะเห็ดสอดคล้องกับแนวคิดประเทศไทย 4.0

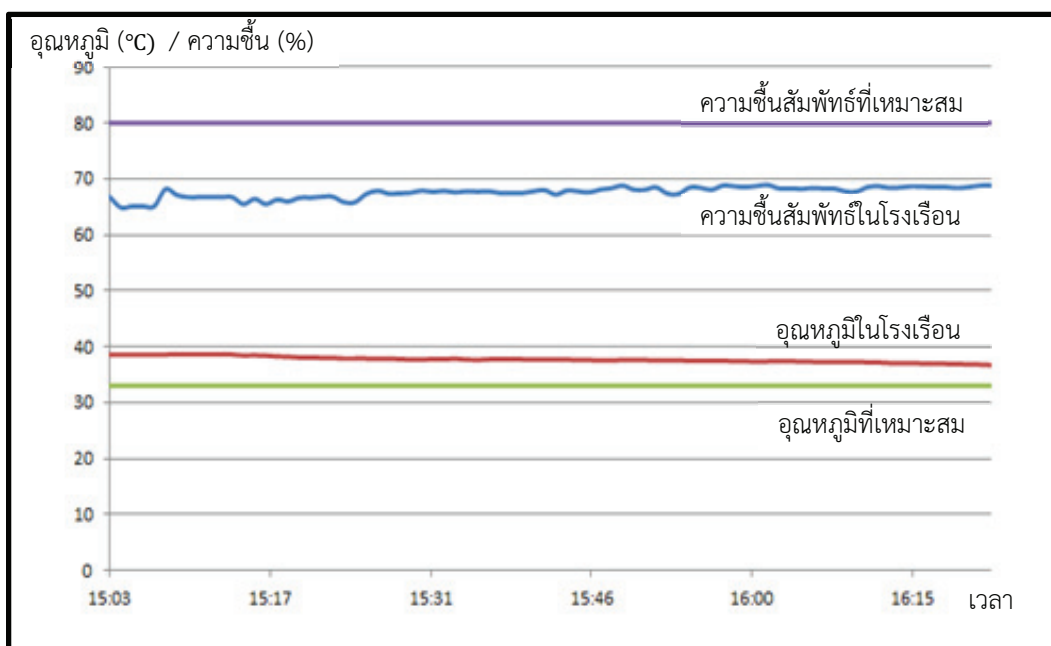
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิเคราะห์ปัญหาของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

การเพาะปลูกเห็ดฟางอริยาฟาร์มเห็ดฟางนั้นจะต้องควบคุมที่อุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนตลอดเวลา ถ้าอากาศร้อนอุณหภูมิในโรงเรือนจะสูง ต้องเปิดประตูโรงเรือนเพื่อระบายอากาศออก อีกทั้งต้องคอยควบคุมความชื้นของโรงเห็ด ช่วงเห็ดตัดเส้นใยต้องดูแลอย่างดี เพราะอาจทำให้เชื้อเห็ดขึ้นราหรือน้ำไปเลยก็ได้ ปัจจุบันที่อริยาฟาร์มยังไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ยังคงใช้ประสบการณ์ในการควบคุมและดูแลเห็ด รายได้ต่อการอบการผลิตอยู่ที่ 70–90 กิโลกรัมต่อการอบการผลิต สูงที่สุด 100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ดังนั้นปัญหาเรื่องอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดจึงต้องคอยควบคุมให้ได้ค่าที่เห็ดต้องการอยู่เสมอ สรุปผลการวิเคราะห์ปัญหาได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แสดงกราฟอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือน

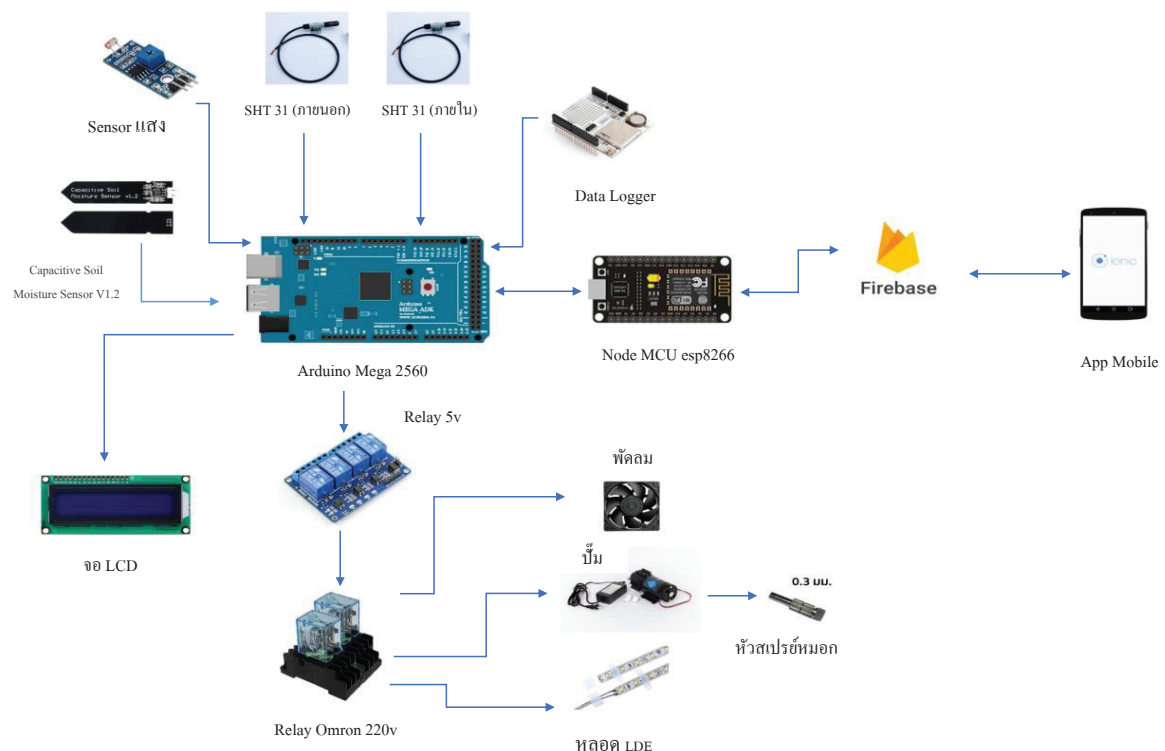
จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน มีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือน มีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม ทำให้เห็ดฟางเจริญเติบโตไม่เต็มที่และสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีคนคอยดูแลควบคุมอุณหภูมิ

และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนอยู่สม่ำเสมอโดยการเปิดสปริงเกอร์บนหลังคา เพื่อคอยลดอุณหภูมิลงตลอดช่วงเวลากลางวันของเจริญเติบโตของเห็ด ทำให้ต้องจ้างแรงงานเพื่อคอยดูแลตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

3.2 การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ มีการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ และส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

3.2.1 ส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ



ภาพที่ 2 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

ในส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นของวัสดุเพาะ มาประมวลผลด้วยตัวควบคุม โดยนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำสเปรย์หมอก และพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าเป้าหมาย รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูลเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดด้วย

3.2.2 ส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

ในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเป็นการพัฒนาให้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติเชื่อมต่อข้อมูลกับอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งด้วยอุปกรณ์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเกษตรกรสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน เช่น ค่าของเซนเซอร์ต่างๆ สถานะของอุปกรณ์แต่ละตัว และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงานค่าต่างๆ ที่เป็นเงื่อนไขในการทำงานของระบบควบคุม เช่น ช่วงของค่าอุณหภูมิ ความชื้นที่จะใช้ควบคุมโรงเรือน ค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือน และการดูค่าทางสถิติย้อนหลังได้

สำหรับการทำงานในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เริ่มจากการแปลงสัญญาณข้อมูลจาก Serial เป็นสัญญาณข้อมูล WiFi แล้วเชื่อมต่อกับ 3G/4G Router เพื่อเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับผู้ให้บริการ แล้วส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งขึ้นไปจากระบบควบคุมสภาพแวดล้อมกับอุปกรณ์อื่นๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เมื่อข้อมูลถูกเก็บไว้ที่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์แล้วจะมีขั้นตอนจัดการให้ผู้ดูแลระบบหรือที่เกี่ยวข้องได้รับตำแหน่งของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลดิบ สามารถสื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างจำกัด จึงต้องมีเว็บไซต์ทำหน้าที่เป็นแผงหน้าปัดของระบบ ช่วยทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้สื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องดูได้ง่ายขึ้น

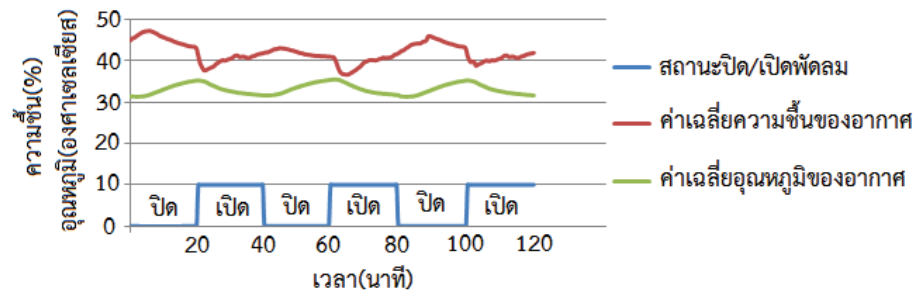
4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของพัฒนาและสเปิร์มหมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสเปิร์มหมอกและพัฒนาที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือนจำลอง ขนาด 3×3 เมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญประกอบการพิจารณาการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

4.1.1 กรณีปิด/เปิดพัฒนาสเปิร์มหมอกอย่างเดียว

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีการปิด/เปิดพัฒนาสเปิร์มหมอกอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าขณะปิดพัฒนาสเปิร์มหมอกเป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดพัฒนาสเปิร์มหมอกเป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ

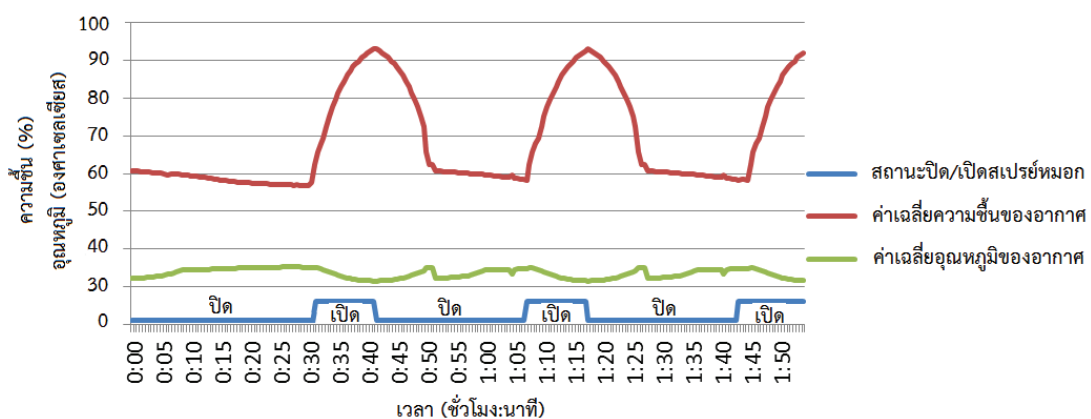


ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

สำหรับค่าความชื้นของอากาศในขณะปิดพัดลม จะเห็นได้ว่าความชื้นจะค่อยๆ สูงขึ้น จนถึงระดับหนึ่งแล้วความชื้นจะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย และเมื่อเปิดพัดลมในช่วงแรก ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วแล้วค่อยเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนมาก แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนน้อย โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้น

4.1.2 กรณีปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าขณะปิดสเปรย์หมอกอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดสเปรย์หมอกเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ สำหรับค่าความชื้นของอากาศในขณะปิดสเปรย์หมอกจะเห็นได้ว่าความชื้นจะค่อยๆ ลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับหนึ่งความชื้นจะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย และเมื่อเปิดสเปรย์หมอกในช่วงแรก ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับหนึ่ง

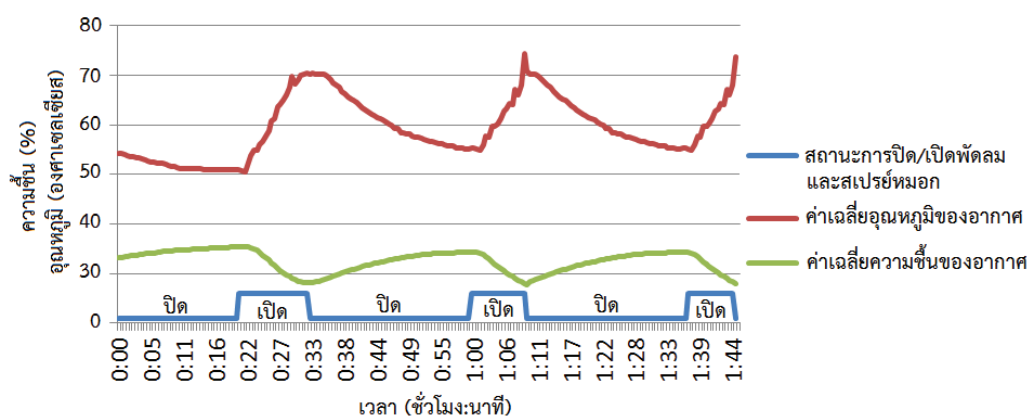


ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนน้อย แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนมาก โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้น

4.1.3 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกพร้อมกัน

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าขณะปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอก อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น ความชื้นของอากาศจะลดลงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ค่าความชื้นของอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับหนึ่งความชื้นจะมีค่าคงที่



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนสูงกว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียว แต่การปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนน้อยกว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว เพราะการเปิดพัดลมระบายอากาศจะทำให้ความชื้นในอากาศลดลงด้วย อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา

4.2 ผลการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสเปรย์หมอกและพัดลมระบายอากาศที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน ในหัวข้อที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง โดยตัวควบคุมเป็นแบบเงื่อนไขตามเหตุการณ์ 15 กรณี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทำงานของตัวควบคุมแบบเงื่อนไขเหตุการณ์ 15 กรณี

อุณหภูมิ	ความชื้น	พัดลม	สเปรย์หมอก	แจ้งเตือน
Very High	High	on	on	off
Very High	Normal	on	on	off
Very High	Low	on	on	off
High	High	on	off	off
High	Normal	on	off	off
High	Low	off	on	off
Normal	High	on	off	off
Normal	Normal	off	off	off
Normal	Low	off	on	off
Low	High	off	off	on
Low	Normal	off	off	on
Low	Low	off	on	on
Very Low	High	off	off	on
Very Low	Normal	off	off	on
Very Low	Low	off	on	on

Very High	คือ	ค่าอุณหภูมิที่เกินจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 3 องศา
High	คือ	ค่าอุณหภูมิที่เกินจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 1 องศา
Normal	คือ	ค่าอุณหภูมิปกติ
Low	คือ	ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 1 องศา
Very Low	คือ	ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 3 องศาขึ้นไป
On	คือ	สถานะการทำงานเปิด
Off	คือ	สถานะการทำงานปิด

4.3 ผลการสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

หลังจากที่ทีมวิจัยได้ดำเนินการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การออกแบบระบบควบคุมและการออกแบบตัวควบคุม สามารถแสดงผลการดำเนินการได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวควบคุมหลัก

จากการทดลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เบอร์ SHT31 กับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากเครื่องวัดมาตรฐาน ได้ผลความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\text{Temp} = 0.2504T - 47.122 \quad (1)$$

โดยที่ Temp คือ ค่าอุณหภูมิของอากาศ

T คือ ค่าข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เบอร์ SHT31

$$\text{Hum} = 0.1199H + 15.435 \quad (2)$$

โดยที่ Hum คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

H คือ ค่าข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ SHT31

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรียน อริยาพารม

หลังจากทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับ โรงเรือนจำลองแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำระบบไปติดตั้งที่โรงเรือนเพาะเห็ดฟางอริยาพารม และทำการทดสอบระบบ โดยผู้วิจัยทำการตั้งค่าเป้าหมาย (Set Point) ของอุณหภูมิไว้ที่ 33 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 80% ทำการทดลอง 3 ชั่วโมง มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน ทั้ง 3 ครั้ง พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนมีความชื้นสูงกว่าค่าเป้าหมาย

ตารางที่ 2 ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรียนอริยาพารม

อุณหภูมิภายใน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าสูงสุด (องศาเซลเซียส)	35.5	35.1	33.5
ค่าต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	32.8	32.8	30.7
ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	34.32	33.68	32.49
S.D.	0.99	0.69	1.02
ค่าความผิดพลาด RMSE (%)	1.82	0.98	1.66
พัดลมเปิด (นาท)	23	43	23

ตารางที่ 3 ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรียนอริยาพารม

ความชื้นภายใน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าสูงสุด (%)	91.7	91.7	91.7
ค่าต่ำสุด (%)	91.4	86.5	87.9
ค่าเฉลี่ย (%)	91.67	89.64	91.47
S.D.	0.06	1.88	0.83
ค่าความผิดพลาด RMSE (%)	11.59	9.88	11.76
ปั้มน้ำ (นาท)	0	0	0

4.5 การศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากการเก็บข้อมูลการเพาะปลูกเห็ดฟางของอริยาฟาร์มเห็ด จะได้ผลผลิตต่อหนึ่งรอบการเก็บผลผลิตอยู่ที่ 80 กิโลกรัม เมื่อนำรายได้จากการขายผลผลิตที่ได้มาคิดค่าแรงงานคนและค่าต่างๆ

ตารางที่ 4 รายละเอียดของการเพาะเห็ดต่อหนึ่งรอบการผลิต

รายการ	การเพาะเห็ดแบบเดิม (บาท)	การเพาะเห็ดแบบ อัตโนมัติ (บาท)	หมายเหตุ
เงินลงทุน			
ค่าเครื่องควบคุม	-	30,000	
ค่าใช้จ่ายต่อรอบการผลิต			
ค่าวัสดุเพาะ	960	960	
ค่าเชื้อ + อาหารเสริม	490	490	
ค่าโรยเชื้อ 1 คน	250	250	
ค่าปุ๋ยฟาง + ผสมเข้า 2 คน	500	500	
ค่าอบไอน้ำ 1 คน	250	250	
ค่าคนดูแล 1 คน 10 วัน	2,500	1,250	ค่าแรงลดลง
ค่าเก็บเห็ด 1 คน 6 วัน	1,500	1,500	
ค่าน้ำ	-	-	ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ
ค่าไฟฟ้า	-	-	ใช้ไฟจาก แผงโซลาร์เซลล์
ค่าฟืน	-	-	ใช้ไม้ที่ปลูกเอง
รายรับต่อรอบการผลิต			
ผลผลิต (กิโลกรัม)	70	80	
ราคาขายผลผลิต กิโลกรัมละ	100	100	
คิดเป็นเงิน	7,000	8,000	
กำไรต่อรอบการผลิต	550	2,800	
รายรับที่เพิ่มขึ้นต่อรอบการผลิต		2,250	

เมื่อนำมาคิดกำไรที่ได้หลังจากคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งรอบของการผลิตแล้ว สรุปได้ว่าระบบเดิมได้กำไร 550 บาท จากการขายผลผลิต 70 กิโลกรัม ซึ่งต่างจากระบบอัตโนมัติถึง 2,250 บาท ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อติดตั้งเครื่องควบคุมแล้ว สามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพาะเห็ดแบบเดิมได้อีก 10 กิโลกรัม และยังสามารถลดภาระหน้าที่ของคนดูแลได้ในส่วนของการรดน้ำ และการดูแลเห็ดในช่วงกลางคืน ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลได้ครั้งหนึ่ง

การคำนวณจุดคุ้มทุนคิดได้จาก

$$\frac{\text{ค่าเครื่องควบคุม}}{\text{กำไร}} = \text{รอบการผลิต} \quad (3)$$

$$\text{สามารถคำนวณได้ดังนี้} \quad \frac{30,000}{2,800} = 10 \text{ รอบการผลิต}$$

จากการคำนวณเพื่อหาจุดคุ้มทุนในสมการที่ 3 ของการติดตั้งเครื่องควบคุมแล้ว สรุปได้ว่าหากทำการเพาะเห็ดด้วยระบบอัตโนมัติ จุดคุ้มทุนที่เกษตรกรผู้เพาะเห็ดลงทุนกับเครื่องควบคุมอยู่ที่ 10 รอบการผลิตก็สามารถคืนทุนให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดได้แล้ว

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของพัดลมและสเปร์ย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือนจำลอง พบว่าการเปิดพัดลมอย่างเดียวส่งผลทำให้อุณหภูมิของอากาศในโรงเรือนลดลงในระดับปานกลาง เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 3.6 องศาเซลเซียส การเปิดสเปร์ย์หมอกอย่างเดียวส่งผลให้ความชื้นของอากาศในโรงเรือนเพิ่มขึ้นในระดับมาก เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 34.7% และการเปิดพัดลมและสเปร์ย์หมอกพร้อมกันส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงในระดับมาก เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 6.63 องศาเซลเซียส และทำให้ความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.17%

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง จะมีการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ (1) ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ มาประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบเงื่อนไข 15 กรณี โดยนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำสเปร์ย์หมอก และพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูล เพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดด้วย (2) การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเป็นการพัฒนาให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ด้วยอุปกรณ์

สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเกษตรกรสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ (Auto/Manual) เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงาน (Configuration) ต่างๆ ได้ผ่านแอปพลิเคชัน

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลอง โดยทำการทดลองตั้งค่าเป้าหมายของอุณหภูมิเท่ากับ 34 และ 36 องศาเซลเซียส ความชื้นเท่ากับ 65 และ 80% ระบบสามารถควบคุมให้อุณหภูมิเข้าสู่ช่วงค่าเป้าหมายได้ แต่มีการแกว่งขึ้นลงเล็กน้อย ส่วนค่าความชื้น ระบบสามารถควบคุมให้ความชื้นเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่ใช้เวลานาน โดยตัวควบคุมการทำงานของสเปร์ย์หมอกและพัดลม ให้ปิด/เปิดตามเงื่อนไข 15 กรณี เมื่อเข้าสู่เงื่อนไข Normal-Normal ตัวควบคุมจะปิดพัดลมและสเปร์ย์หมอก

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนโดยตั้งค่าเป้าหมายอุณหภูมิไว้ที่ 33 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 80% พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนจริงมีความชื้นสูงกว่าค่าเป้าหมาย อย่างไรก็ตาม ไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง เนื่องจากเห็ดฟางต้องการความชื้นของอากาศอยู่ในช่วง 80–90%

ระบบควบคุมที่ออกแบบมาเหมาะสมกับการใช้งานแล้ว เนื่องจากระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้เป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 0.44% ส่วนของความชื้นสามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้เป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดในการควบคุมความชื้นเท่ากับ 1.25% ค่าความผิดพลาดมีผลมาจากสภาพอากาศภายนอกที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน และการคลายความร้อนของวัสดุเพาะที่เกิดจากผสมของสารเคมีที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน

แอปพลิเคชันสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่เกิดปัญหาในเรื่องของการเรียกดูค่าต่างๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตและแอปพลิเคชันจากระบบควบคุม และสามารถสั่งงานกลับไปยังควบคุมระบบได้อย่างแม่นยำ

จากการคิดกำไรที่ได้หลังจากคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งรอบของการผลิตแล้ว ระบบอัตโนมัติสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพาะเห็ดแบบเดิมได้อีก 10 กิโลกรัม และยังสามารถลดภาระหน้าที่ของคนดูแลได้ในส่วนของการรดน้ำและการดูแลเห็ดในช่วงกลางคืน ทำให้ผู้ผลิตสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลได้ครึ่งหนึ่ง และจุดคุ้มทุนที่ได้จากการคำนวณ เพื่อคืนกำไรให้กับเกษตรกรอยู่ที่ 10 รอบการผลิต ซึ่งกำไรที่ได้ในรอบการผลิตต่อไปจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณอริยาฟาร์มเห็ดฟาง ที่ให้อุปกรณ์และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอื้อเฟื้อสถานที่ตั้งโรงเพาะเห็ดจำลองสำหรับใช้ทดสอบระบบ

ที่พัฒนาขึ้น ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2545). *เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ฟาร์มเห็ดฟางคุณชายคม. (2559). *ปัญหาการเพาะเห็ดฟาง*. สืบค้น 3 พฤษภาคม 2559, จาก <https://khunchaikhom-mushrooms.com>
- ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่, และอดิสร ถมยา. (2557). *การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปรางค์กู่ อำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง* (รายงานวิจัย). ลำปาง: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร. (2555). *คู่มือการเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.
- สรารุณ อธิระปัญญา, วาสนา ศิริพรหม, ณัฐพลสิทธิ์ เถระรัชชานนท์, และสุนทร รัชฎาวงษ์. (2553). *ผลของการใช้วัสดุจากฟางข้าว ชี้เลื่อย ปอเทือง และถั่วเขียวฉิมมัน เพื่อการเพิ่มผลผลิตของเห็ดฟาง* (รายงานวิจัย). เพชรบูรณ์: สถานีพัฒนาที่ดินเพชรบูรณ์.
- สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2564). *การเพาะเห็ดฟางกองเดี่ยว*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564, จาก <https://sm.mju.ac.th/1.News/ฟางกองเดี่ยว.pdf>
- อริยา รอดจำนง. (2560). *การเพาะเห็ดฟาง*. [สัมภาษณ์]. เมื่อ 16 มกราคม 2560.

การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง

THE STUDY OF FACTORS FOR RICE SEED CLEANING MACHINE

WITH EXPERIMENTAL DESIGN METHOD

วราภรณ์ ชนะพรมา^{1*}

^{1*}สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Waraporn Chanapromma^{1*}

^{1*}Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: Waraporn.ch@uru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว และหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง Plackett–Burman Design มากรองปัจจัยขั้นแรก ผลลัพธ์ที่ได้มี 2 ปัจจัยที่มีผลในระดับนัยสำคัญต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความชื้นที่ 12.7% คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว และความเร็วของแรงลม จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับการทดลองเพื่อศึกษาถึงระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยการใช้การออกแบบและทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว 1.0, 3.0 และ 5.0 เซนติเมตร และความเร็วลม 21.0, 27.0 และ 32.0 เมตรต่อวินาที พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด คือ ความเร็วลม โดยที่ความเร็วลม 21 เมตรต่อวินาที จะได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สะอาดที่สุด จากนั้นหาค่าที่เหมาะสมจากการความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้ฟังก์ชันถดถอย ผลการทดลองพบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะต้องใช้ความกว้างของช่องปล่อยข้าวที่ 1 เซนติเมตร และความเร็วแรงลมที่ 21 เมตรต่อวินาที ถึงจะได้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาดที่สุด ผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำและปรับตั้งค่าที่ได้ตามค่าที่ออกแบบการทดลอง ผลที่ได้จากเครื่องทำความสะอาดจะได้เมล็ดพันธุ์ดีเฉลี่ย 18.9 กิโลกรัม จากปริมาณเมล็ดพันธุ์ดีทั้งหมด 19 กิโลกรัม

คำสำคัญ: เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว, การออกแบบการทดลอง, การทดลองแบบแฟกต์เกดเบอร์แมน

Abstract

This research aimed to study level factors for rice seed cleaning machine and find the linear relationship of factors with Plackett–Burman experiment design. The results obtained from the analysis employing the Plackett–Burman design illustrated that only two factors. The width of the rice release channel and the wind speed, had a statistically significant impact on deformation at a significant level of 0.05. Then 3^k factorial design with regression equation was consequently applied to analyze the width of the rice release channel at 1.0, 3.0, 5.0 cm and

the wind speed at 21.0, 27.0, 32.0 m/s. The optimal level of the rice release channel and the wind speed were 1.0 cm. and 21 m/s respectively. After the implementation, the rice seed cleaning machine will get an average of 18.9 kilograms of good seed from a total of 19 kilograms of good seed.

Keywords: Rice Seed Cleaning Machine, Plackett–Burman Design, Experimental Design

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร พืชเศรษฐกิจส่วนใหญ่ที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ ข้าว ข้าวโพด ถั่ว มันสำปะหลัง และอ้อย การเพาะปลูกข้าวของเกษตรกรจะนิยมปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ โดยเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ผ่านมา ซึ่งมีทั้งเศษฟาง เศษหญ้า เศษหิน และข้าวลีบปนอยู่ด้วย ข้าวเหล่านี้ก่อนจะนำไปทำเมล็ดพันธุ์ข้าวจะต้องทำความสะอาดเสียก่อนเพื่อให้ได้ข้าวที่มีความบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งเจือปน ซึ่งแต่เดิมนั้นชาวนาจะใช้กระด้งและตะแกรงในการทำความสะอาด ซึ่งต้องใช้เวลาในการทำงานนาน และต้องใช้แรงงานจำนวนมาก เมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้นั้นหากมีการเจือปนของสิ่งต่างๆ เช่น ข้าววัชพืช เมล็ดหญ้า ความไม่สมบูรณ์ของเมล็ด และเมล็ดพันธุ์ข้าวต่างสายพันธุ์ การเจือปนของสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้การเพาะปลูกของเกษตรกรนั้นได้ผลผลิตที่น้อยลง (ณฤตล อนุรัตน์ และวรวรรณ นกน้อย, 2559) ข้าววัชพืชหรือวัชพืชต่างๆ มีผลในส่วนของอาการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทำให้การเจริญเติบโตของต้นข้าวนั้นไม่สม่ำเสมอและไม่สมบูรณ์ โดยพรชัย เหลืองอาภาพงศ์ (2540) ได้ทำการศึกษา พบวัชพืชที่มีในรายงานวัชพืชของประเทศไทยมีวัชพืชในนาข้าวที่จัดว่าเป็นวัชพืชร้ายแรง คือ หญ้าข้าวนก หญ้านกสีชมพู ถั่วผี และหญ้าข้าวผี (*Oryza rufipogon* Griff) การดูแลรักษาลำบากจะทำให้เกิดโรคระบาดในข้าวได้ง่าย และหากเมล็ดข้าวพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์หรือเมล็ดพันธุ์ที่เสียหายที่เกิดจากการเก็บเกี่ยว หรือการเก็บรักษาที่มีความชื้นมากกว่าหรือน้อยกว่า 14% ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 ระบุข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว (กรมการค้าข้าว, 2561) ก่อนนำมาเป็นข้าวพันธุ์นั้นทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าว ด้วยยุคสมัยที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดนวัตกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกมากมาย ส่งผลให้มีการประดิษฐ์คิดค้น ผลิต และจำหน่ายเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์หลายรูปแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับขนาด ราคา และวิธีการใช้งาน เช่น การออกแบบรางลำเลียงเมล็ดพันธุ์ด้วยองศาที่แตกต่างต่อการสีหรือของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ (Camacho, J. et al., 2007) โดยการศึกษาความเร็วลมที่เหมาะสมในการเป่าสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าว (รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย, 2562) และมีตัวแปรหลายตัวแปรในการสร้างและออกแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ให้ปรับและตั้งค่าได้อย่างเหมาะสม การใช้วิธีของการออกแบบการทดลอง Plackett–Burman มาใช้ในการกรองปัจจัย และการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลมาใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมเป็นวิธีการที่ประหยัดเวลา (วิทยา สุมะลี และระพี กาญจนะ, 2561) การออกแบบการทดลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Plackett และ Burman ในปี ค.ศ. 1946 เพื่อใช้คัดเลือกปัจจัยออกบางส่วน

(Screening Factors) เพื่อลดจำนวนปัจจัยลงเหลือเฉพาะ (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551) ด้วยหลักการออกแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สร้างขึ้นมีลักษณะการทำงาน ด้วยวิธีการปล่อยข้าวตามแรงโน้มถ่วงและมีใบพัดลมช่วยเป่าพัดพาฝุ่นละอองออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้น ในการที่จะได้ข้าวปราศจากฝุ่นเมล็ดพันธุ์ข้าวมีการตกกระทบและเมล็ดข้าวดีบางส่วนได้ถูกพัดพาออกไปด้วย และยังมีปัจจัยมากมายที่ต้องศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ผู้วิจัย จึงต้องการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวและหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น ของปัจจัยจากการออกแบบการทดลองเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวและ หาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 การทดลองความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวกับเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้พันธุ์ข้าว ที่เพาะปลูกทั่วไปของอำเภอพิชัย และอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ แต่ละครั้งจะใช้ข้าวสุ่มหยิบ ทำซ้ำจำนวน 3-4 ครั้ง

3.2 เปอร์เซนต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการทดลองนำเข้าเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว กำหนดเปอร์เซนต์ไว้ไม่เกิน 14%

3.3 ปัจจัยที่ทดลองเป็นค่าที่สามารถปรับค่าได้ เช่น ความกว้างช่องปล่อยข้าว แรงลม องศาของแท่นรับข้าว น้ำหนักข้าวที่ทำการทดสอบ

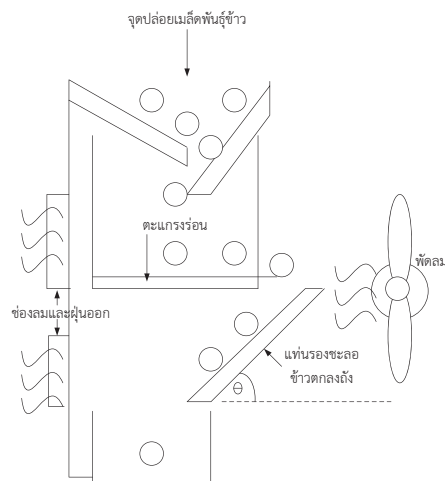
3.4 ใช้วิธีการออกแบบการทดลองที่ 3 ระดับ สูง กลาง ต่ำ หรือการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k Level

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์

4.1.1 เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้สามารถกำจัดเศษฝุ่น วัชพืช และฝุ่นออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มากที่สุด ฝุ่นแรงได้มากกว่าฝัดโดยการใช้มือ ภาพที่ 1 เป็นการจำลองการทำงานของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยข้อดีของเครื่องที่เห็นได้ชัด คือ เป็นเครื่องที่ต้องมีฝุ่นฟุ้งน้อยที่สุด โดยปัจจัยที่หาความสัมพันธ์และสามารถปรับค่าได้เบื้องต้น คือ ความเร็วของตะแกรงร่อน ขนาดพัดลม จำนวนพัดลม และองศาของแท่นชะลอข้าวตกลงถึง



ภาพที่ 1 จำลองการทำงาน และเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์

4.1.2 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

กำหนดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยวัดค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านเครื่อง Rice Moisture Tester โดยกำหนดไว้ไม่เกิน 14% ในงานวิจัยเป็นข้าวพันธุ์ กข ที่มีความชื้น 12.7% โดยประมาณ ชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนการทดลองโดยใส่เมล็ดพันธุ์ดีและเศษวัชพืช เมล็ดพันธุ์ลีบ โดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักข้าวที่จะทำการทดลอง

เมล็ดพันธุ์ดี (กิโลกรัม)	เมล็ดพันธุ์ลีบ (กิโลกรัม)	น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)
14	1	15
24	1	25

หมายเหตุ: เมล็ดพันธุ์ลีบ คือ ข้าวไม่เต็มเมล็ด หรือแกลบ

4.2 วิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการของ Plackett-Burman Design เพื่อกรองข้อมูลโดยมีปัจจัยที่ทำการทดลอง 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กระทำการทดลอง 2 ซ้ำ รวมการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 24 ครั้ง โดยมีปัจจัยและระดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองเพื่อกรองข้อมูล

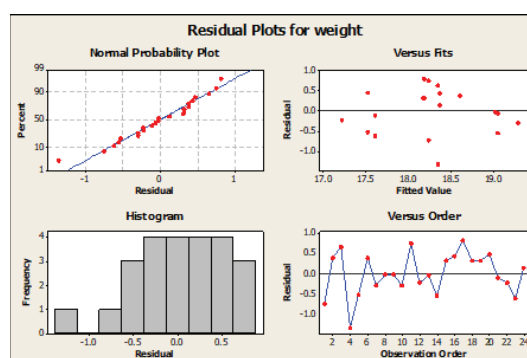
ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ระดับต่ำ	ระดับสูง	
ความกว้างของช่องปล่อยข้าว	A	2	5	เซนติเมตร
น้ำหนักของวัตถุดิบที่ปล่อยไปในปล่องต่อครั้ง	B	15	25	กิโลกรัม
องศาของแท่นรองข้าว	C	45	60	องศา
ตะแกรงรองข้าว	D	ไม่มี	มี	-
ความเร็วลม	E	21	32	เมตร/วินาที

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการทดลองเพื่อกรองปัจจัย

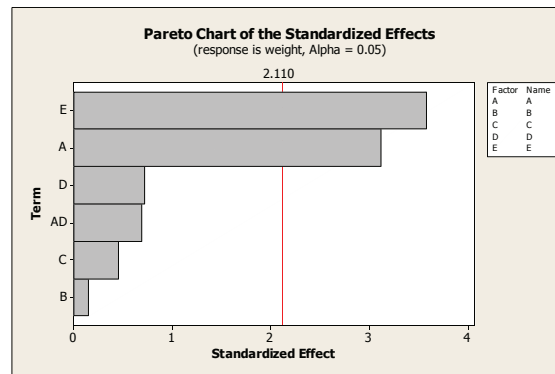
จากการใช้เทคนิคการกรองข้อมูลแบบ Plankett-Burman Design ทำให้สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งหมด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลอยู่ใกล้เคียงกับเส้นปกติ สามารถอนุมานได้ว่าข้อมูลนี้มีความเหมาะสม ข้อมูลจากกราฟ Versus Fitted Value เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล ซึ่งจากลักษณะของกราฟสามารถอธิบายได้ว่า มีการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน ข้อมูลจากกราฟ Histogram จะแสดงในลักษณะของระฆังคว่ำ สามารถประมาณได้ว่า มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ ข้อมูลจากกราฟ Versus Order เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ซึ่งพบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นเสถียรภาพ

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	8.6854	8.82966	1.76593	4.76	0.007
ความกว้าง	1	3.6038	3.60375	3.60375	9.71	0.006
น้ำหนักข้าว	1	0.0704	0.00778	0.00778	0.02	0.887
องศา	1	0.2204	0.07683	0.07683	0.21	0.655
ตะแกรง	1	0.0204	0.19003	0.19003	0.51	0.484
แรงลม	1	4.7704	4.75063	4.75063	12.80	0.002
2-Way Interactions	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
ความกว้าง*ตะแกรง	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
Residual Error	17	6.3106	6.31056	0.37121		
Lack of Fit	5	2.2656	2.26556	0.45311	1.34	0.311
Pure Error	12	4.0450	4.04500	0.33708		



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ภาพที่ 4 Residual Plots for น้ำหนักข้าวที่ได้



ภาพที่ 5 Pareto Chart ของน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวดี

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักข้าวดีที่ได้หลังจากทดลองผ่านเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยโปรแกรมทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่ามีอยู่ 2 ค่า ที่น้อยกว่าค่า P-Value คือ ปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักพันธุ์ข้าว คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว (A) และความเร็วของแรงลม (E) สามารถดูแผนภูมิพาเรโตในภาพที่ 5 ประกอบเพื่อดูผลความสัมพันธ์ นั้นหมายความว่า ปัจจัยความกว้างช่องปล่อยข้าวกับความเร็วลม มีอิทธิพลที่ส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน หมายความว่าทั้งสองปัจจัยต่างก็มีผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาศึกษาระดับปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุด

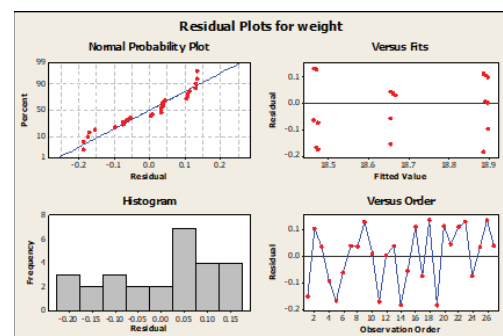
5.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการทดลองเพื่อศึกษาระดับตัวแปร

Analysis of Variance for น้ำหนักข้าวดี

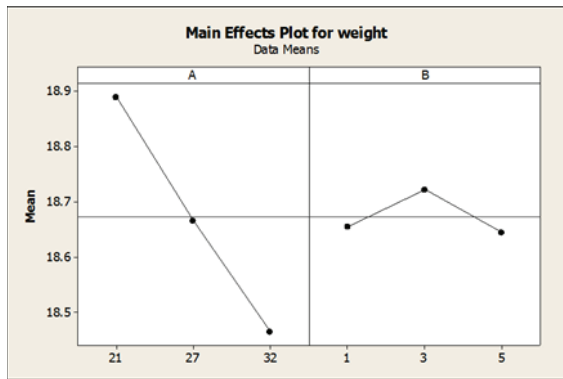
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
แรงลม (A)	2	0.80296	0.80296	0.40148	36.13	0.000
ความกว้าง (B)	2	0.03185	0.03185	0.01593	1.43	0.264
แรงลม (A) * ความกว้าง (B)	4	0.07704	0.07704	0.01926	1.73	0.187
Error	18	0.20000	0.20000	0.01111		
Total	26	1.11185				

S = 0.105409 R-Sq = 82.01% R-Sq(adj) = 74.02%

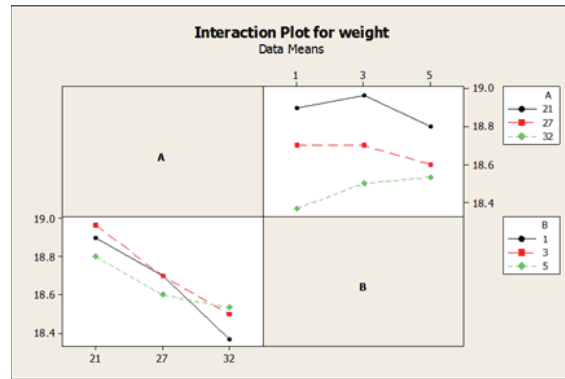
ภาพที่ 6 วิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล



ภาพที่ 7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของปัจจัยแรงลม



ภาพที่ 9 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมแต่ละคู่ของปัจจัยและความกว้างช่องปล่อยข้าว

ตัวแปรที่นำมาทดลองซ้ำเพื่อดูความสัมพันธ์ของตัวแปร ผู้วิจัยใช้ระดับปัจจัยที่ 3 ระดับ กระทำ 3 รอบซ้ำ การทดลองทั้งหมด 27 ครั้ง สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังภาพที่ 6 และ 7 จะเห็นว่าปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักข้าวที่ดีได้ คือ แรงลม (A) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 นั้นหมายความว่า ปัจจัยแรงลมเท่านั้นที่มีผลโดยตรงกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ และเมื่อพิจารณาผลความสัมพันธ์ในกราฟ ความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักในภาพที่ 8 จะเห็นว่าปัจจัยแรงลมเมื่อใช้ความเร็วลมน้อยจะส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด และปัจจัยช่องปล่อยข้าว เส้นกราฟขึ้นชันไม่มาก จึงสรุปได้ว่าปัจจัยนี้ไม่ส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว และในภาพที่ 9 อิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างความเร็วลมกับความกว้างช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นไม่มีผลต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว

6. สรุปผล

จากวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวและหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง จากเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นมีปัจจัยที่อาจมีผลกับการทดลอง ดังนี้ ความกว้างช่องปล่อยข้าว น้ำหนักของวัตถุดิบที่ปล่อยไปในปล่องต่อครั้ง องศาของแท่นรองข้าว ตะแกรงรองข้าว และความเร็วลม จึงทำการกรองปัจจัยขั้นต้นโดยพบว่า ความกว้างของช่องปล่อยข้าวและความเร็วลม มีผลมากที่สุด จากนั้นทดลองซ้ำเพื่อดูความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดี คือ ความเร็วลม และหาค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยฟังก์ชันของสมการถดถอย โดยสมการการทำนายระดับค่าที่เหมาะสมในรูปของปัจจัยต่างๆ เพื่อที่จะใช้พยากรณ์ค่าที่ปรับตั้งค่าให้ได้เมล็ดพันธุ์ข้าวสะอาดเป็นไปตามที่ต้องการได้ดังสมการที่ (1)

$$\text{น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวดี} = 19.7 - 0.0383 \times \text{ความเร็วลม} - 0.0028 \times \text{ความกว้างช่องปล่อยข้าว} \quad (1)$$

และนำข้อมูลไปทดลองจริง โดยทำการทดลองทั้งหมด 10 รอบ เพื่อยืนยันความถูกต้องของสมการ ทำให้พบว่า เมื่อแทนค่าความเร็วลมที่ 21 เมตรต่อวินาที และความกว้างช่องที่ 1 เซนติเมตร จะได้จำนวน เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สะอาดมากที่สุด เท่ากับ 18.9 กิโลกรัม จากปริมาณเมล็ดพันธุ์ดีทั้งหมด 19 กิโลกรัม

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าข้าว. (2561). เมล็ดพันธุ์และการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. สืบค้น 15 ตุลาคม 2561, จาก <http://www.rice-thailand.go.th/rkb/seed/index.php-file=content.php&id=3.html>
- ณฤตล ผนูรัตน์ และวรวรรณ นกน้อย. (2559). การศึกษาและพัฒนาเครื่องคัดข้าวพันธุ์คุณภาพสำหรับโรงสีสำหรับชุมชน (รายงานการวิจัย). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: ท็อป.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. (2540). วัชพืชศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวในครัวเรือน. วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม, 1(2), 36–46.
- วิทยา สุมะลิ และระพี กาญจนะ. (2561). การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 25(1), 156–165.
- Camacho, J., Lewis, R., and Dwyer-Joyce, R. S. (2007). Wear of a chute in a rice sorting machine. *Wear*, 263(1–6), 65–73.

ประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อม
ในการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด

THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION MATERIALS WORKED WITH TECHNOLOGY
FOR ENVIRONMENT CONTROL FOR MUSHROOM CULTIVATION FARM

ศิริวัฒน์ กมลคุณานนท์^{1*} และพลิศภัทร์ คำฟู¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Siwat Kamonkunanon^{1*} and Phalitphat Khumfu¹

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: siwat3003@uru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ (1) คัดเลือกวัสดุก่อสร้างที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยี และ (2) ทดลองควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนร่วมกับเทคโนโลยีทางด้านการเกษตร เพื่อควบคุมปัจจัยในการผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐาน คือ ความชื้นสัมพัทธ์ 80% และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส โดยคัดเลือกวัสดุในการสร้างโรงเรือนที่มีราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น จากการศึกษาพบว่า วัสดุที่เหมาะสมที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ด โดยแบ่งเป็นวัสดุเป็น 8 ประเภท คือ (1) ผนังก่อซีเมนต์บล็อก (2) หลังคาแผ่นเหล็กเมทัลชีท (3) ฝ้าเพดานฉาบเรียบโดยใช้วัสดุแผ่นฝ้ายิปซัมบอร์ด (4) พื้นคอนกรีต (5) คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (6) ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก (7) เสาเหล็กรูปพรรณ และ (8) คานหลังคาเหล็กรูปพรรณ โดยวัสดุทั้ง 8 ประเภทนี้ เมื่อได้ดำเนินการก่อสร้างเป็นโรงเรือนผลิตเห็ดแล้วและทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง พบว่าสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ คือ (1) ความชื้น วัสดุที่นำมาใช้สร้างโรงเรือนสามารถทนความชื้นสูงและเมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 80% ได้ (2) อุณหภูมิ วัสดุที่นำมาใช้สร้างโรงเรือนสามารถเป็นฉนวนความร้อนและเมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงว่า วัสดุก่อสร้างที่ได้เลือกมาใช้ในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดแบบใช้เทคโนโลยี มีประสิทธิภาพดีเมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งเพื่อการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผลิตเห็ด

คำสำคัญ: โรงเรือนผลิตเห็ด, เทคโนโลยีในการผลิตเห็ด, วัสดุก่อสร้างสำหรับโรงเรือนผลิตเห็ด

Abstract

This research has two objectives: (1) select construction materials to be used as construction materials for a closed system mushroom house using technology and (2) experiment to control the environment in the mushroom house using technology to

control the factors in cultivation of Bhutan oyster mushrooms, relative humidity 80% and temperature not more than 30 degrees Celsius. From the study, it was found that suitable materials used as building materials for mushroom house by selecting materials that are cheap easy to find in a local city. There are 8 types of materials: (1) the wall is a cement block wall, (2) the roof is a metal sheet roof, (3) the ceiling is a smooth plastered ceiling using the material is gypsum board, (4) the floor is a concrete floor poured in place, (5) the beam is reinforced concrete beam, (6) the footing is reinforced concrete footing, (7) the column is carbon steel square tube, and (8) the roof beam is carbon steel tube. These 8 types of materials, when the construction of a mushroom house and working with technology can control the environment are (1) moisture, found that the materials are able to withstand high humidity and 80% relative humidity can be controlled, (2) temperature, it was found that the materials are able to insulate heat and control the temperature inside the house not to exceed 30 degrees Celsius. The results showed that the construction materials that were selected for the construction of the mushroom house using technology perform well in conjunction with technology and able to control the environment in the mushroom house.

Keywords: Mushroom House, Mushroom Cultivation Technology, Construction Materials for Mushroom House

1. บทนำ

เห็ดเป็นพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรไทยในกลุ่มเล็กๆ เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี ประเทศไทยมีการศึกษาอย่างเป็นทางการ เมื่อปี พ.ศ. 2479 โดยการบริโภคเห็ด นิยมบริโภคทั้งเห็ดที่มีตามธรรมชาติและเห็ดที่สามารถเพาะได้ (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2555) การผลิตเห็ดนางฟ้าในโรงเรือน เกษตรกรจะพบปัญหา เช่น ปัญหาวัสดุของโรงเรือนที่ไม่เหมาะสม ปัญหาระบบการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ไม่มีประสิทธิภาพ ปัญหาระบบการจัดการความชื้นภายในโรงเรือนที่ไม่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้โรงเรือนผลิตเห็ดแบบอัตโนมัติมีต้นทุนที่ประหยัด มีความเหมาะสมกับวัสดุในประเทศ และเป็นโรงเรือนที่มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของเกษตรกรในประเทศไทย การเลือกวัสดุในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดที่สามารถควบคุมและทนต่อสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดในโรงเรือนได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาและวิจัย เพื่อให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด 4 ปัจจัยหลักคือ (1) ความชื้น (2) อุณหภูมิ (3) การถ่ายเทอากาศ และ (4) แสง (ชลธิชา โคประโคน, 2559) (พรพรรณ ไชยชุมพล, 2557; การผลิตเห็ด, 2561; นานทรี หุ่นเที่ยง, 2559; Zhi-Li Yi et al., 2014) ผู้วิจัยจึงต้องการคัดเลือกวัสดุในการก่อสร้างที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดที่สามารถทำงาน

ร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งในการผลิตเห็ด เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผลิตเห็ดได้ และยังเป็นโรงเรือนที่คงทน แข็งแรง วัสดุหาง่ายทั่วไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 คัดเลือกวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมในการก่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยี และดำเนินการก่อสร้างโรงเรือน

2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเป็น 2 ช่วง คือ (1) ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติของวัสดุที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในโรงเรือน เพื่อคัดเลือกวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท โดยพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่ได้ในท้องถิ่น ราคาถูก ทนต่อสภาพแวดล้อมและรักษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนผลิตเห็ดได้ (2) ทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุก่อสร้างเมื่อสร้างเป็นโรงเรือนจริงแล้ว โดยทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งที่ใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนผลิตเห็ด

4. ผลการดำเนินการ

4.1 ผลการศึกษาของวัสดุในงานก่อสร้างที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมและรักษาสภาพแวดล้อมในการผลิตเห็ดแบบใช้เทคโนโลยี

การคัดเลือกวัสดุก่อสร้างเพื่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยี จำเป็นต้องคัดเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสม สามารถควบคุมและทนต่อสภาพแวดล้อมของโรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดได้ ซึ่งการผลิตเห็ดในโรงเรือน จะมีการควบคุมปัจจัยหลัก คือ (1) ความชื้น (2) อุณหภูมิ (3) การถ่ายเทอากาศ และ (4) แสง โดยปัจจัยทั้ง 4 นี้ จะส่งผลต่อการออกดอกของเห็ดและคุณภาพของเห็ดที่เพาะด้วย ดังนั้นวัสดุที่จะใช้เพื่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดจึงต้องมีราคาถูก สามารถหาได้ทั่วไป มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดในโรงเรือนระบบปิด เมื่อพิจารณาใน 2 ประเด็น ของวัสดุก่อสร้างที่เป็นฉนวนความร้อนและทนต่อความชื้นได้ ผู้วิจัยจึงแบ่งวัสดุก่อสร้างออกเป็น 8 องค์อาคาร คือ (1) ผนัง (2) หลังคา (3) ฝ้าเพดาน และ (4) พื้น (5) คาน (6) ฐานราก (7) เสา และ (8) คานหลังคา เนื่องจากโรงเรือนนี้เป็นโรงเรือนแบบปิด ลักษณะองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ผู้วิจัยจึงออกแบบองค์อาคารแต่ละส่วนเพื่อช่วยควบคุมสภาพแวดล้อม ดังนี้

4.1.1 ผนัง ผู้วิจัยเลือกใช้ผนังก่อซีเมนต์บล็อก เนื่องจากคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายด้าน เช่น มีน้ำหนักเบา ไม่ต้องใช้โครงสร้างคานขนาดใหญ่ ค่าการป้องกันความร้อนดีกว่าอิฐมวลเบาและผนังคอนกรีต ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญมากในการควบคุมอุณหภูมิของโรงเรือน

4.1.2 หลังคา ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างหลังคาพร้อมกับฝ้าเพดาน เนื่องจากต้องการใช้แผ่นฉนวนความร้อนปูบนฝ้าเพดาน เนื่องจากแผ่นฉนวนความร้อนมีคุณลักษณะที่ป้องกันการแผ่ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในโรงเรือนได้ดี จึงเลือกหลังคาเมทัลชีทแบบไม่มีฉนวนความร้อนเพื่อไม่ให้มีฉนวนความร้อนซ้ำซ้อนกับฉนวนความร้อนที่จะปูบนฝ้าเพดาน ออกแบบหลังคาให้เป็นทรงเพิงหมาแหงนเพื่อการระบายน้ำฝนและให้น้ำหนักเบา ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

4.1.3 ฝ้าเพดาน ผู้วิจัยเลือกใช้ฝ้าเพดานฉาบเรียบ เนื่องจากเป็นวัสดุยับยั้งมีความคงทนแข็งแรง รองรับน้ำหนักของแผ่นฉนวนความร้อนที่จะปูบนฝ้าเพดานได้ เพื่อป้องกันความร้อนที่แผ่จากภายนอกเข้ามายังภายในโรงเรือน ฝ้าเพดานใช้วัสดุแผ่นยิบซัมบอร์ดที่สามารถทนต่อความร้อนและความชื้น ไม่เป็นเชื้อรา เหมาะกับโรงเรือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง นอกจากนั้นยังเป็นโครงสร้างที่รองรับแผ่นฉนวนกันความร้อนที่สามารถลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่จะถ่ายเทความร้อนจากหลังคามายังโรงเรือน

4.1.4 พื้นคอนกรีต จากการศึกษาข้อมูลวัสดุพื้นพบว่า คุณสมบัติของโรงเรือนจะต้องเป็นแผ่นพื้นที่สามารถรับน้ำหนักได้ มีราคาถูก ทนต่อความชื้นได้ดี สามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบวางบนคาน เนื่องจากจะไม่ทำให้แผ่นพื้นทรุดตัว ทนต่อความชื้นและน้ำได้ดี การเทพื้นคอนกรีตในที่ได้ออกแบบให้พื้นมีความหนา 10 เซนติเมตร มีกำลังที่เพียงพอในการรับน้ำหนักบรรทุกจากชั้นหลักและกอนเห็ดในโรงเรือน พื้นมีองศาของการลาดเอียง 15–20% เพื่อให้สามารถระบายน้ำที่พื้นออกจากโรงเรือนได้ ที่มุมพื้นได้ฝังท่อระบายน้ำไว้ 3 จุด และที่ปลายท่อสามารถเปิด-ปิดท่อได้ เพื่อใช้ระบายน้ำที่พื้น

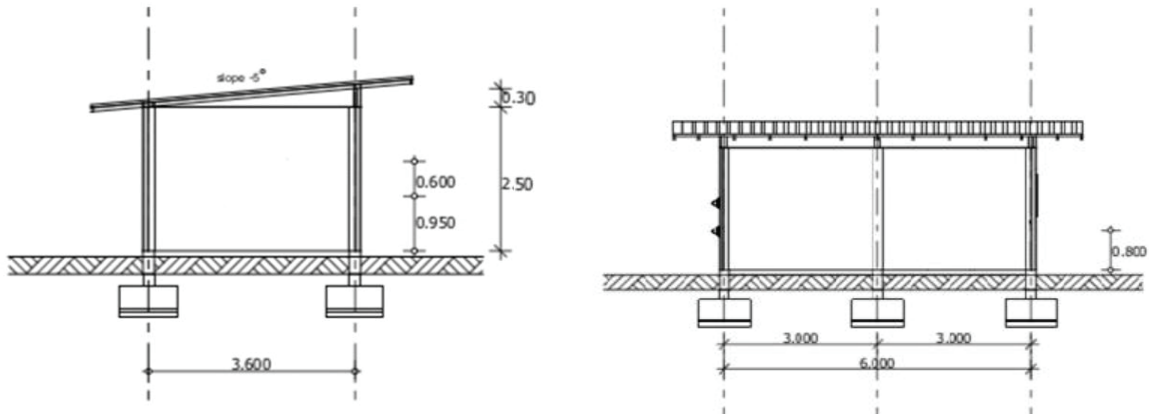
4.1.5 คาน ผู้วิจัยเลือกใช้คานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 20 × 40 เซนติเมตร เสริมเหล็ก 2-DB12 ทางด้านบนและล่าง ใส่เหล็กปลอก RB9@0.20 เมตร สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้ มีความคงทนแข็งแรง

4.1.6 ฐานราก ผู้วิจัยเลือกใช้ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบฐานรากแผ่ขนาด 1.0 × 1.0 ตารางเมตร หนา 40 เซนติเมตร จำนวน 6 ตัว เสริมเหล็ก 7-DB12 ทั้งสองทาง และใส่เหล็กปลอก RB9 วางบนพื้นชั้นดินเดิมที่ขุดลงไป 1.0 เมตร

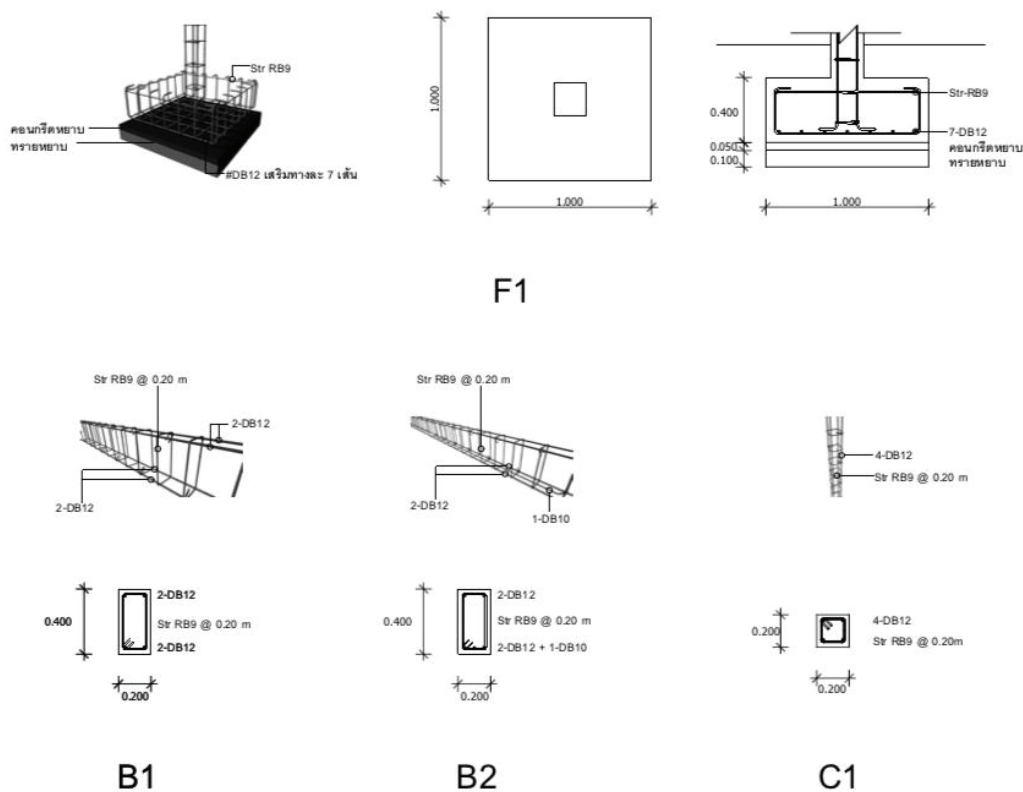
4.1.7 เสา ผู้วิจัยเลือกใช้เสาเหล็กรูปพรรณ หน้าตัดเป็นรูปกล่องขนาด 10 × 10 เซนติเมตร สูง 2.5 เมตร และฝังตรงข้ามสูง 2.8 เมตร เพื่รองรับคานหลังคา

4.1.8 คานหลังคา ผู้วิจัยเลือกใช้คานหลังคาเหล็กรูปพรรณ หน้าตัดเป็นรูปกล่องขนาด 10 × 10 เซนติเมตร เพื่รองรับเหล็กระแนงในการวางแผ่นหลังคาเมทัลชีท

โครงสร้างทั้งหมดนี้ ได้รับการออกแบบให้มีราคาถูก ลดต้นทุนในการลงทุนของเกษตรกร แต่สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่และน้ำหนักบรรทุกจรในกระบวนการผลิตเห็ดได้ มีการป้องกันความร้อนจากภายนอกที่จะถ่ายเทความร้อนเข้ามาในโรงเรือนผลิตเห็ด นอกจากนั้นยังสามารถถ่ายเทความร้อนออกได้ดีอีกด้วย โดยแสดงแบบก่อสร้าง 2 มิติ และแบบขยายขนาดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 แบบแปลน 2 มิติ ทางด้านหน้าและด้านข้างของโรงเรือนผลิตเห็ด

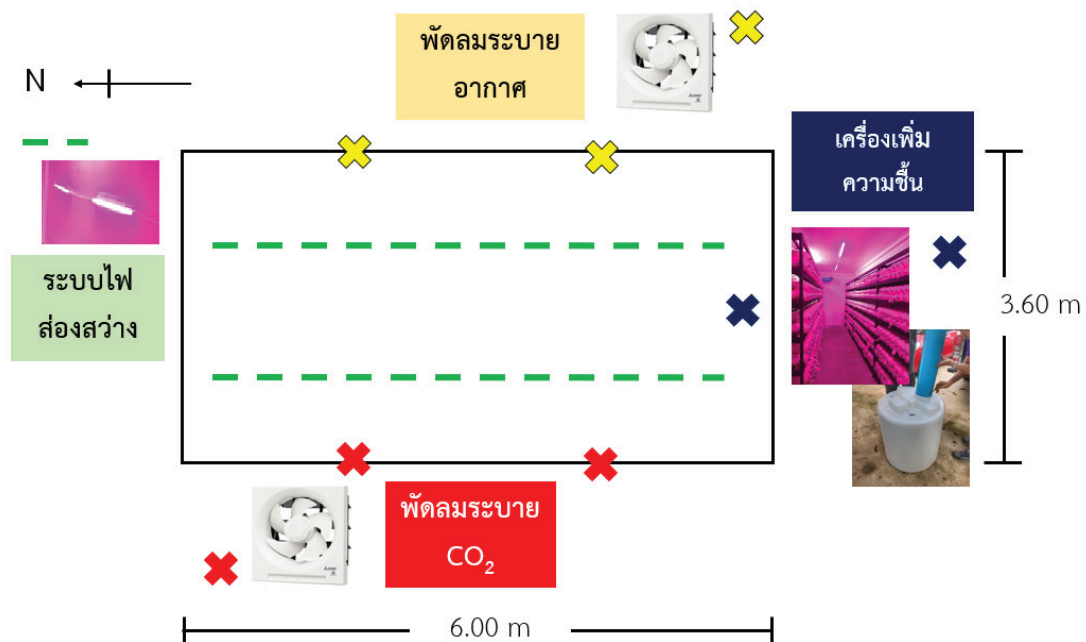


ภาพที่ 2 แบบขยายขนาดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

โดยเมื่อผู้วิจัยได้ออกแบบโรงเรือนผลิตเห็ดแล้ว จึงได้ดำเนินการก่อสร้างโรงเรือนและติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง เพื่อให้โรงเรือนมีประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ดังแสดงในภาพที่ 3 และมีการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 โรงเรือนผลิตเห็ดและการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง



ภาพที่ 4 ตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุโรงเรือนที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุโรงเรือนร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน มุ่งเน้น 2 ประเด็นหลัก คือ (1) อุณหภูมิ วัสดุต้องมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อน และต้องรักษาสภาพแวดล้อมให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส (Cikarge, G. and Arifin, F., 2018) และ (2) ความชื้นสัมพัทธ์ วัสดุต้องสามารถกักเก็บความชื้นในโรงเรือน และทนทานต่อสภาพแวดล้อม

ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง 70–90% (Subedi, A. et al., 2019; Jeznabadi, E. K. et al., 2016) จากการทดลองพิจารณาประสิทธิภาพของวัสดุโรงเรือนก่อสร้างได้ดังนี้

อุณหภูมิ การออกแบบโรงเรือนสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม ต้องควบคุมให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส (พรพรรณ ไชยชุมพล, 2557) เมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส พัฒนาคูอากาศจะทำงานเอาอากาศร้อนภายในออกไปภายนอก วัสดุโรงเรือนทั้งผนัง ผ้าเพดานบุนวม ความร้อนและวัสดุหลังคา ทำงานร่วมกับพัฒนาคูอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 30 องศาเซลเซียส ในช่วงการทดลองตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563 พบว่า สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ตลอดทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิระหว่าง 26.4–29.7 องศาเซลเซียส ขณะที่ภายนอกโรงเรือนมีอุณหภูมิระหว่าง 24.0–37.9 องศาเซลเซียส ข้อมูลที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ตรวจวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน แสดงผลในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563

เดือน	อุณหภูมิภายในโรงเรือน (°C)		อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน (°C)	
	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด
กันยายน 2562–มกราคม 2563	29.7	26.4	37.9	24.0

ความชื้น ในการผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐาน ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดจะอยู่ที่ 80–90% (นัยนา ยังเกิด และปรียนันท์ แสงดี, 2558, หน้า 88) ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องเพิ่มความชื้น โดยใช้หลักการในการสร้างละอองน้ำขนาดเล็กในถังอัดอากาศระบบปิด และใช้พัดลมเป่าละอองน้ำขนาดเล็กเข้าไปในโรงเรือน โดยเครื่องเพิ่มความชื้นจะทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 80% การทดสอบระบบพบว่าเครื่องเพิ่มความชื้นสามารถทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพ ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 80% วัสดุของโรงเรือนสามารถกักเก็บความชื้นและทนความชื้นได้ดี จากข้อมูลที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563 ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนได้ระหว่าง 81.6–84.5% ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือนได้ระหว่าง 43.4–78.3% แสดงผลในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงเรือนตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงมกราคม 2563

เดือน	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน (%)		ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน (%)	
	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด
กันยายน 2562–มกราคม 2563	85.4	81.6	78.3	43.4

5. สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า วัสดุในงานก่อสร้างที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดแบบปิดที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง คือ (1) ผนังก่อซีเมนต์บล็อก (2) หลังคาแผ่นเหล็กเมทัลชีท (3) ฝ้าเพดานฉาบเรียบโดยใช้วัสดุแผ่นฝ้ายิปซัมบอร์ด (4) พื้นคอนกรีต (5) คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (6) ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก (7) เสาเหล็กรูปพรรณ และ (8) คานหลังคาเหล็กรูปพรรณ เมื่อใช้วัสดุเพื่อสร้างโรงเรือนผลิตเห็ดทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน พบว่า โรงเรือนผลิตเห็ดระบบปิดแบบใช้เทคโนโลยีสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดได้ ให้มีอุณหภูมิในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมความชื้นในโรงเรือน ให้มีความชื้นไม่ต่ำกว่า 80% ทั้งช่วงเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ตลอดรอบฤดูของการผลิตเห็ดโดยวัสดุยังคงทน แข็งแรง และใช้งานได้ดี

สำหรับการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด เป็นการควบคุมที่ต้องบริหารจัดการที่ดี เนื่องจากในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิภายนอกจะสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากนั้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับผลการศึกษาการผลิตเห็ดที่พบว่าเห็ดจะไม่ออกดอก ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (พรพรรณ ไชยชุมพล, 2557) การวางแผนการควบคุมจึงต้องเริ่มตั้งแต่การเลือกวัสดุก่อสร้างที่เป็นฉนวนความร้อน นอกจากนั้นต้องใช้ฉนวนความร้อนในการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์และการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนเป็นอุปกรณ์สำคัญในการนำพาความร้อนออกจากโรงเรือนซึ่งโดยหลักการแล้ว อากาศร้อนจะลอยตัวสูงกว่าอากาศเย็น การติดตั้งพัดลมระบายจึงต้องติดตั้งที่ผนังในระดับสูงใกล้ฝ้าเพดาน โดยทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ด้วยหลักการทั้งหมดทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนได้

การเพิ่มความชื้นในโรงเรือนสามารถทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การรดน้ำเพิ่มความชื้น การติดสปริงเกอร์ การใช้พ่นน้ำอวาปอเรชัน แต่ทั้งสามวิธีนี้ไม่สามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนได้ตลอดระยะเวลาการผลิต การใช้เครื่องเพิ่มความชื้นในโรงเรือนจึงเป็นวิธีการเพิ่มความชื้นในโรงเรือนที่ดี สอดคล้องกับการศึกษาการผลิตเห็ดในโรงเรือนปิด พบว่า การสร้างละอองฝอยจากเครื่องอัลตราโซนิกสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 85–90% (Yang Guoguo et al., 2016) และสอดคล้องกับการศึกษาการควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะเห็ดกระดุมในประเทศเนปาล โดยการติดตั้งอุปกรณ์เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งเพื่อวัดปริมาณความชื้นในอากาศ ในการทดลองได้ใช้ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 70–90% เพื่อใช้ในการผลิตเห็ด (Subedi, A. et al., 2019) โดยสามารถควบคุมความชื้นในระดับดังกล่าวได้ เนื่องจากสามารถเพิ่มความชื้นในโรงเรือนโดยตรง เมื่อทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสามารถควบคุมความชื้นในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โครงการส่งเสริมบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม จากมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยของรัฐไปปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในภาคเอกชน (Talent Mobility)

7. เอกสารอ้างอิง

- การผลิตเห็ด. (2561). *คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการผลิตเห็ด*. สืบค้น 5 มกราคม 2564, จาก <https://th.co2meter.com/%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%81%E0%B8%8A%E0%B8%B1%E0%B8%99/%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3>
- ชลธิชา โคประโคน. (2559). *การศึกษาลงทุนผลิตเห็ดนางฟ้า*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นันทรี หุ่นเหียง. (2559). *การศึกษาดังกล่าวทางกายภาพที่มีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในห้องเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐานซึ่งสร้างขึ้นด้วยวงบ่อซีเมนต์ตามแบบจำลองหม้อดินเก็บความเย็น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นัยนา ยังเกิด และปริยพันธ์ แสงดี. (2558). *ผลิตเห็ดขาย*. กรุงเทพฯ: เอ็มไอเอส.
- พรพรรณ ไชยชุมพล. (2557). *ต้นทุนและผลตอบแทนของธุรกิจฟาร์มผลิตเห็ดนางฟ้าในจังหวัดลำปาง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเนชั่น.
- สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.). (2555). *คู่มือการผลิตเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มูฟเมนต์ เจน ทรี.
- Cikarge, G. and Arifin, F. (2018). Oyster Mushrooms Humidity Control Based on Fuzzy Logic by Using Arduino ATmega238 Microcontroller. *Journal of Physics: Conference Series*. 1140, 1–12.
- Jeznabadi, E. K., Jafarpour, M., and Eghbalsaid, S. (2016). King oyster mushroom production using various sources of agricultural wastes in Iran. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(1), 17–24.
- Subedi, A., Luitel, A., Baskota, M., and Acharya, T. D. (2019). IoT Based Monitoring System for White Button Mushroom Farming. *Proceedings 2020*, 42, 46. <https://doi.org/10.3390/ecea-6-06545>

Yang Guoguo, Bao Yidan, and Lu Yangyang. (2016). *China Patent No. CN201520906798.6U*.

Zhi-Li Yi, Wen-Fang Huang, Yan Ren, Eugen Onac, Guo-Fu Zhou, Sheng Peng, Xiao-Jing Wang, and Hai-Hang Li. (2014). LED lights increase bioactive substances at low energy costs in culturing fruiting bodies of *Cordyceps militaris*. *Scientia Horticulturae*, 175, 139–143.

การประยุกต์ใช้ไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฮดฮอก
เพื่อบันทึกและจำลองการออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นตีนจก

APPLICATION OF PYTHON IN THE DEVELOPMENT OF HEDGEHOG SOFTWARE
TO SAVE AND SIMULATE GRAPH DESIGN FOR SARONG PATTERN FABRIC

รัชชัย อยู่ยิ่ง¹ นัฐพงษ์ เนินชัด^{2*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

^{2*}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Tadchai Yuying¹ and Nattapong Nernchad^{2*}

¹Faculty of Science and Technology Uttaradit Rajabhat University

^{2*}Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: nernchad.nattapong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ การสร้างโปรแกรมบันทึกและจำลองการออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นตีนจกด้วยไพธอน (Python) โปรแกรมดังกล่าว คือ “เฮดฮอก (Hedgehog)” ถูกพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ทำงานร่วมกับไพธอนรุ่น 3.9.2 โดยมีไลบรารีที่เคอินเตอร์ (Tkinter) สนับสนุนการพัฒนาส่วนต่างๆ ของโปรแกรมเฮดฮอก โปรแกรมดังกล่าวมีเครื่องมือที่สำคัญ 2 ส่วน นั่นคือ (1) เมนูเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นตีนจก และ (2) เมนูเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึก สำหรับเมนูเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นตีนจก ประกอบไปด้วย เมนูเครื่องมือ สร้างใหม่ โหลดข้อมูลเดิม เลือกสี ส่งออกเป็นพีดีเอฟ (Portable Document Format: PDF) และลบ ในส่วนเมนูเครื่องมือในการบันทึก นั่นคือ บันทึกบันทึกเป็น และสร้างรูปย่อๆ สำหรับผลการทดลองออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นได้ทำการออกแบบกราฟลวดลาย 3 ลาย ได้แก่ กราฟลายหงส์เชื่องแสน กราฟลายหงส์ใหญ่ และกราฟลายหงส์มีหงอน อีกทั้งโปรแกรมเฮดฮอกยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บลวดลายผ้าขึ้นทั้งลายหลักและลายประกอบ ทำให้ช่างทอสามารถจำลองกราฟลวดลายตามลวดลายดั้งเดิมได้อย่างถูกต้องและประหยัดเวลาสำหรับการเริ่มต้นกราฟลวดลายใหม่

คำสำคัญ: ผ้าขึ้นตีนจก, โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกและจำลองการออกแบบลวดลายผ้าขึ้นตีนจก, โปรแกรมเฮดฮอก, โปรแกรมไพธอน

Abstract

The main aim of this research is to use Python to create a software tool for saving and simulating a graph design of a sarong pattern cloth. This developed program is the Headhawk program which runs on Windows 10 using Python 3.9.2. Tkinter is a library that aids in the development of various components of the Hedgehog software. The software includes two important tools: (1) the tool for designing the graph sarong pattern cloth, and (2) the tool for recording. For the menu of tools used to graphs design of sarong pattern fabric. It includes the Tools menu, as well as the options to create new, load existing data, choose color, export to PDF, and delete. In the saving tools menu section, there are Save, Save As, and create a thumbnail. Three pattern graphs, comprising the Chiang Saen swan pattern graph, were designed for the experiment results of the design of the graph sarong pattern, big swan pattern and a swan patterned graph with a crest. Furthermore, the Hedgehog software increases the efficiency of stored sarong patterns, both the main pattern and the accompanying pattern. This allows the weavers to accurately simulate the original pattern graph and save time for starting a new graph.

Keywords: Sarong Pattern, Software for Saving and Simulating the Design of Sarong Fabric Patterns, Hedgehog Software, Python Software

1. บทนำ

การทอผ้าขึ้นต้นจกกราฟลวดลายโบราณเป็นอาชีพหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับกลุ่มทอผ้าในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะของลวดลาย สีเส้นของผืนผ้า วิธีการทอ วัสดุเส้นใย และฝีมือการทอผ้าของช่างทอ ล้วนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตัดสินใจสำหรับผู้บริโภค ปัจจุบันการถ่ายทอดองค์ความรู้และข้อมูลของกราฟลวดลายผ้าขึ้นต้นจกจากฐานสู่รุ่น เกิดความผิตเพี้ยนไปจากลวดลายเดิม เนื่องจากการเริ่มทอผ้าผืนใหม่ช่างทอจะใช้วิธีคัดลอกกราฟลวดลายจากผ้าผืนเก่าโดยการนับเส้นผ้า ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับช่างทอที่ไม่สามารถใช้วิธีดังกล่าวได้ อีกทั้งยังไม่มีวิธีการจัดเก็บข้อมูลที่มี เช่น จัดเก็บในรูปแบบของหนังสือ รูปภาพ หรือแม้แต่ภาพวาด ด้วยเหตุนี้จึงมีกลุ่มนักวิจัยได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการสำหรับสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลอง บันทึก และออกแบบลวดลายใหม่ เช่น งานวิจัยที่ได้พัฒนาโปรแกรมออกแบบลวดลายผ้าจากโดยใช้ Visual Basic ความสามารถของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น คือออกแบบลวดลายผ้าจากได้ สามารถเก็บลวดลายที่ออกแบบไว้ในแฟ้มข้อมูล และสามารถนำไปใช้ถอดลายจากผ้าจริงด้วยเครื่องสแกนหรือกล้องถ่ายรูป (เจียรนัย เล็กอุทัย และจักรวาล พานิชโยทัย, 2554) งานวิจัยที่สร้างลวดลายและถอดลายของผ้ามัดหมี่โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (สำคัญ อ้อบรรทัด และคณะ, 2560) งานวิจัยที่ได้ศึกษาลวดลายผ้ามัดหมี่ที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดมหาสารคาม และได้นำลายเอกลักษณ์

ดังกล่าวมาประยุกต์เข้ากับลายผ้าโบราณที่มีอยู่ดั้งเดิม คือ ลายหมากจับกับโคมห้า โดยได้ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop ในการออกแบบการตีลายผ้าลงบนกราฟ (อัจฉรี จันทมูล และคณะ, 2560) งานวิจัยที่ได้สร้างและออกแบบลายผ้าของจังหวัดนครศรีธรรมราช ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์ GSP (The Geometer's Sketchpad) โปรแกรมดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการสร้างรูปและลวดลายต่างๆ และยังลดระยะเวลาการแกะลายและสามารถจัดเก็บลายเพื่อป้องกันการสูญหาย (อนุสรณ์ จิตมนัส และคณะ, 2560) และงานวิจัยได้ออกแบบลายทอผ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ JK Weave มีความสามารถแก้ไขงานและสีรวมถึงขนาดตาราง สามารถบันทึกงานหรือลายผ้าลงในคอมพิวเตอร์ สามารถคำนวณปริมาณเส้นด้ายจำลองของผืนผ้า รวมถึงการถอดลายผ้าจากภาพถ่าย (เผ่าภิญญ์ ฌิมพะเนาว์ และจักรภพ ไหมเสน, 2551) นอกจากนี้ยังสามารถนำโปรแกรม Microsoft Excel มาช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าขึ้นต้นจกและสร้างแบบจำลองลงบนกระดาษก่อนนำไปทอบนผืนผ้า และยังพบว่าปัญหาการลงจุดสีเพื่อออกแบบลวดลายมีความล่าช้า การบันทึกลวดลายบางส่วน การจัดเก็บไฟล์ที่ไม่สามารถแยกบันทึกลายหลักออกกับลายประกอบไม่สะดวกต่อการใช้งาน

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการสร้างโปรแกรมจำลองการออกแบบและบันทึกกราฟลวดลายผ้าขึ้นต้นจกตอบโจทย์การใช้งานของชุมชนทอผ้าขึ้นต้นจก อีกทั้งยังเพิ่มขีดความสามารถของกลุ่มทอผ้า โปรแกรมดังกล่าวคือ “Hedgehog (เฮดฮอก)” ถูกพัฒนาขึ้นจากภาษาคอมพิวเตอร์ที่ชื่อ ไพธอน (Python) เป็นโปรแกรมเปิด (Open Source) หรือใช้งานฟรี และใช้งานอย่างแพร่หลายในหมู่นักพัฒนาโปรแกรมหรือแม้กระทั่งในหมู่นักวิจัย ซึ่งไพธอนเป็นพื้นฐานในการสร้างเว็บไซต์ สร้างโปรแกรม การคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ดังนั้นเฮดฮอกจึงสามารถใช้งานได้ฟรีและมีเครื่องมือที่พร้อมในการออกแบบกราฟลวดลายผ้า

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกและจำลองการออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นต้นจก

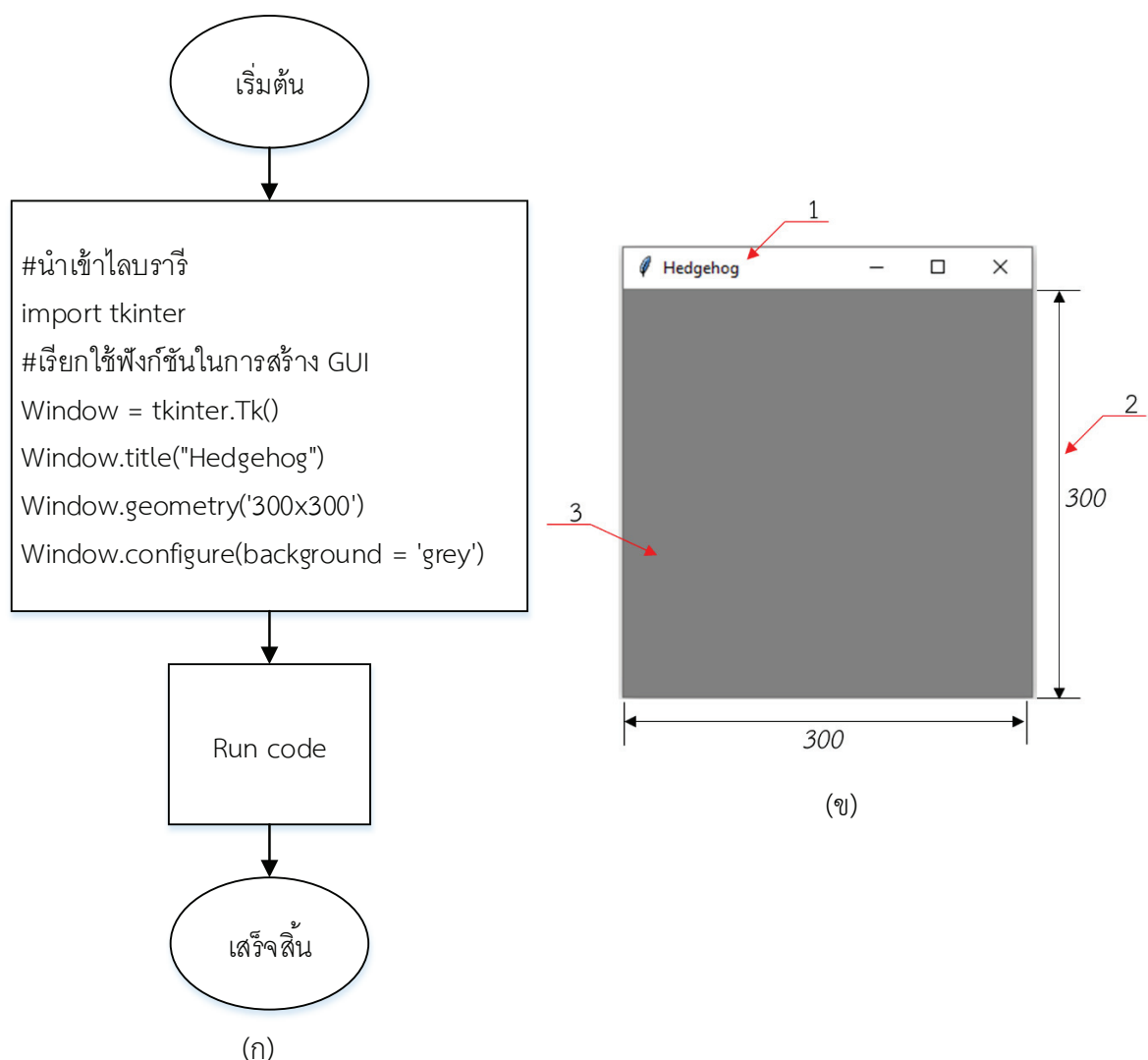
3. เครื่องมือและวิธีการวิจัย

3.1 คอมพิวเตอร์และภาษาไพธอน

งานวิจัยนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์รุ่น DELL ประมวลผลด้วย Intel Core i5 2.2GHz แรม 8GB หน้าจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วยระบบ NVIDIA GeForce 920M และใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 ขนาด 64Bit สำหรับภาษาไพธอน งานวิจัยนี้ใช้ไพธอนรุ่น 3.9.2 ซึ่งทำงานร่วมกับไลบรารี (Library) ที่ชื่อ “Tkinter” (Phthon Software Foundation, 2564)

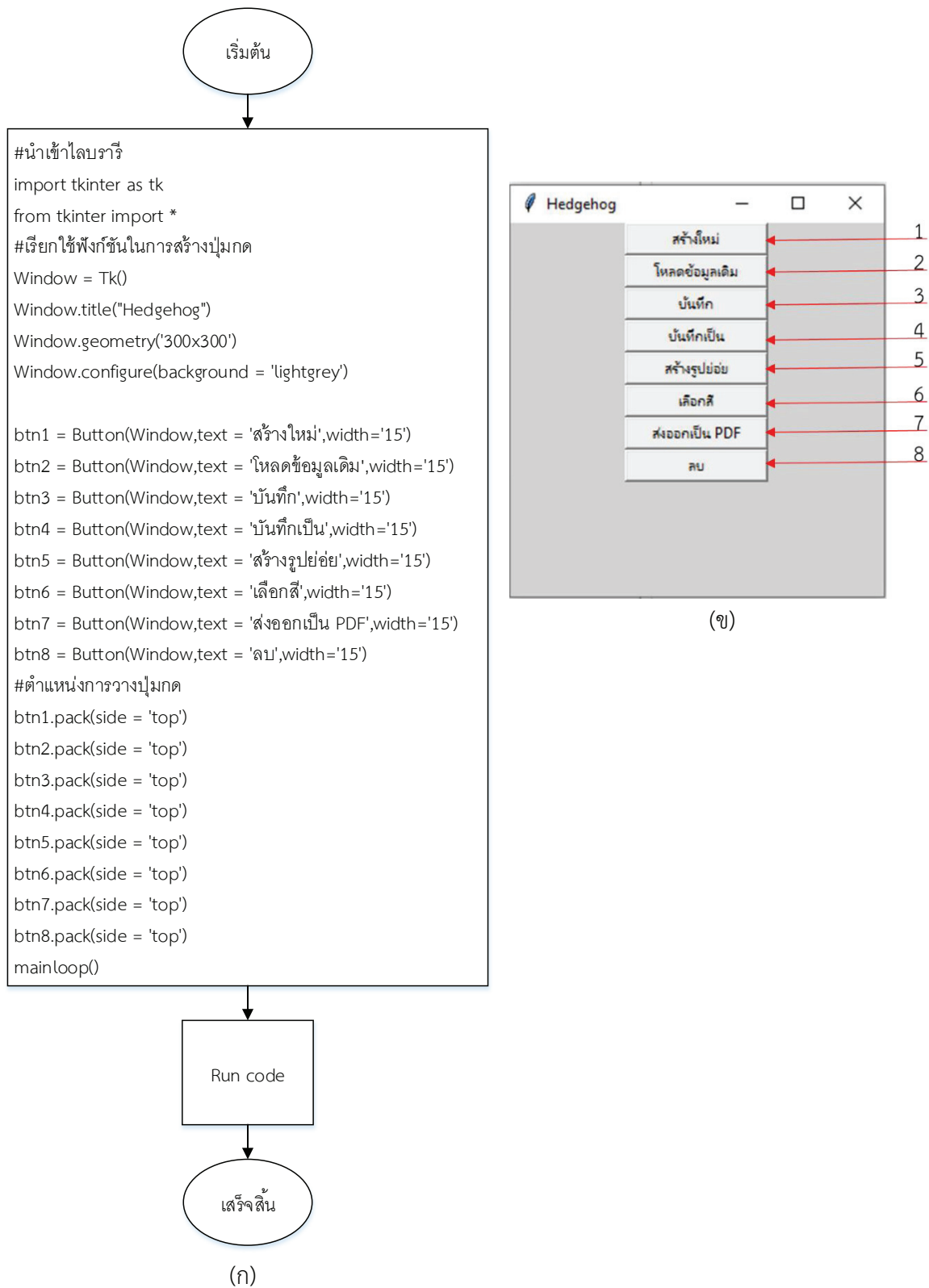
3.2 การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมแฮตซอก

ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานอย่างสะดวกนั้น นักพัฒนาโปรแกรมจะต้องออกแบบ GUI (Graphical User Interface) หรือหน้าต่างติดต่อผู้ใช้งาน โดยในบทความนี้มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างหน้าต่างดังกล่าว เนื่องจากการออกแบบกราฟลวดลายผ้าขึ้นต้นจกจะต้องมีพื้นที่ทำงาน (Work Space) เพื่อใช้ออกแบบลายผ้า สำหรับการสร้างหน้าต่างติดต่อผู้ใช้งานด้วยไพธอนแสดงดังภาพที่ 1(ก) และ 1(ข) ซึ่งบทความนี้ได้ใช้ไลบรารี “Tkinter” ในการสร้างหน้าต่างติดต่อผู้ใช้งานโดยสังเกตได้จากคำสั่ง “import tkinter” แสดงดังภาพที่ 1(ก) จากนั้นทำการเรียกใช้ฟังก์ชันเพื่อสร้างรายละเอียดของหน้าต่างติดต่อผู้ใช้งาน เช่น ชื่อของหน้าต่าง ขนาดของหน้าต่างหรือสีของพื้นหลัง หลังจากพัฒนาโปรแกรมไพธอนเสร็จแล้วทำการสั่งงานให้โปรแกรมทำงาน (Run Code) จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 1(ข)



ภาพที่ 1 แผนภาพการสร้างหน้าต่างติดต่อผู้ใช้งาน

3.3 การพัฒนาระบบเมนูเลือกใช้งานของโปรแกรมแฮตฮอก

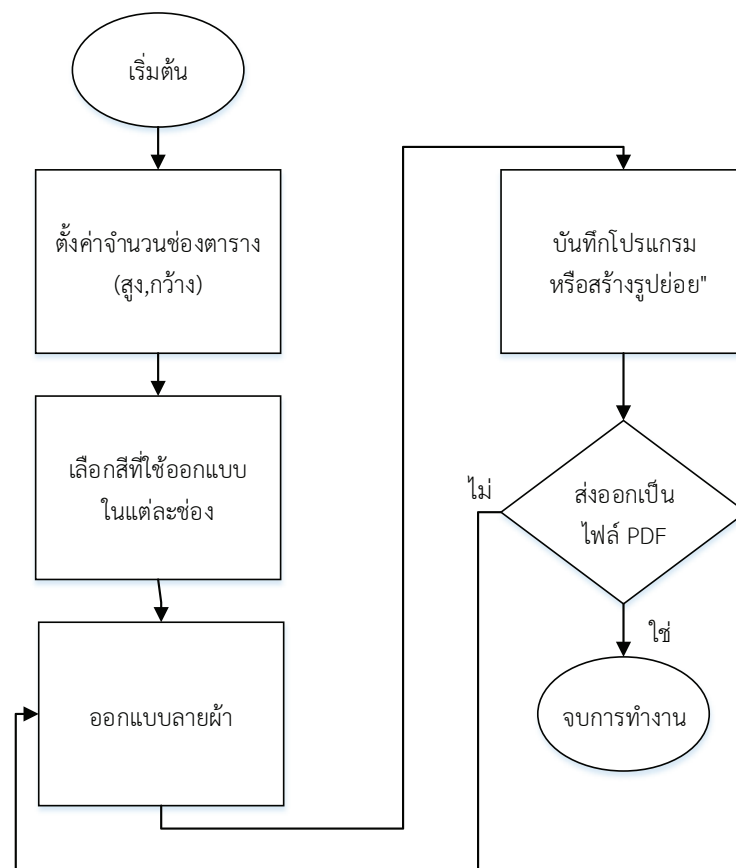


ภาพที่ 2 โค้ดการทำงานของไพธอนในการสร้างปุ่มเมนู

หลังจากที่สร้างหน้าต่างติดติดต่อผู้ใช้งานแล้วจะต้องเพิ่มรายละเอียดเข้าไปยังหน้าต่าง เช่น การเพิ่มปุ่มเครื่องมือเมนูดังภาพที่ 2 สามารถทำได้โดยการพัฒนาการเขียนโปรแกรมของไพธอนดังภาพที่ 2(ก) นั่นคือ การเรียกใช้ฟังก์ชันการสร้างปุ่มกด “bnt = Button(....)” และเรียกใช้ฟังก์ชันการวางตำแหน่งปุ่มกด ในหน้าต่าง “btn = pack(side=top)” หลังจากพัฒนาโปรแกรมไพธอนเสร็จแล้วทำการสั่งงานให้โปรแกรมทำงาน (Run Code) จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 2(ข)

3.4 ออกแบบระบบการทำงานของโปรแกรมแฮตซอก

การทำงานของแฮตซอกแสดงดังแผนภาพการทำงานที่ 3 เมื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม ก่อนเริ่มการออกแบบลวดลายผ้าจะต้องทำการตั้งค่าช่องตารางที่ประกอบไปด้วยความสูงและความกว้าง โดยทั่วไปแล้วในการออกแบบลายหลักหรือลายประกอบของผ้าชิ้นต้นจก สามารถตั้งค่าช่องตารางดังกล่าว ตั้งแต่ 100 x 100 (ความสูง x ความกว้าง) จากนั้นทำการเลือกสีตามความต้องการที่จะนำมาลงจุดออกแบบ ลวดลาย เมื่อออกแบบลวดลายผ้าเสร็จสิ้นแล้วสามารถบันทึกงานได้ สำหรับการบันทึกงานนั้นมีสองแบบ คือ (1) บันทึกงาน ซึ่งจะบันทึกทั้งหมดที่เราได้ออกแบบลวดลายไว้ หรือ (2) การสร้างรูปย่อยเพื่อใช้ในการบันทึก เพียงลายหลักหรือลายประกอบ อีกทั้งโปรแกรมแฮตซอกยังสามารถส่งไฟล์ออกเป็นไฟล์พีดีเอฟ (PDF) เพื่อใช้ในการสั่งพิมพ์ลายออกมาดูเป็นกระดาษได้อีกด้วย

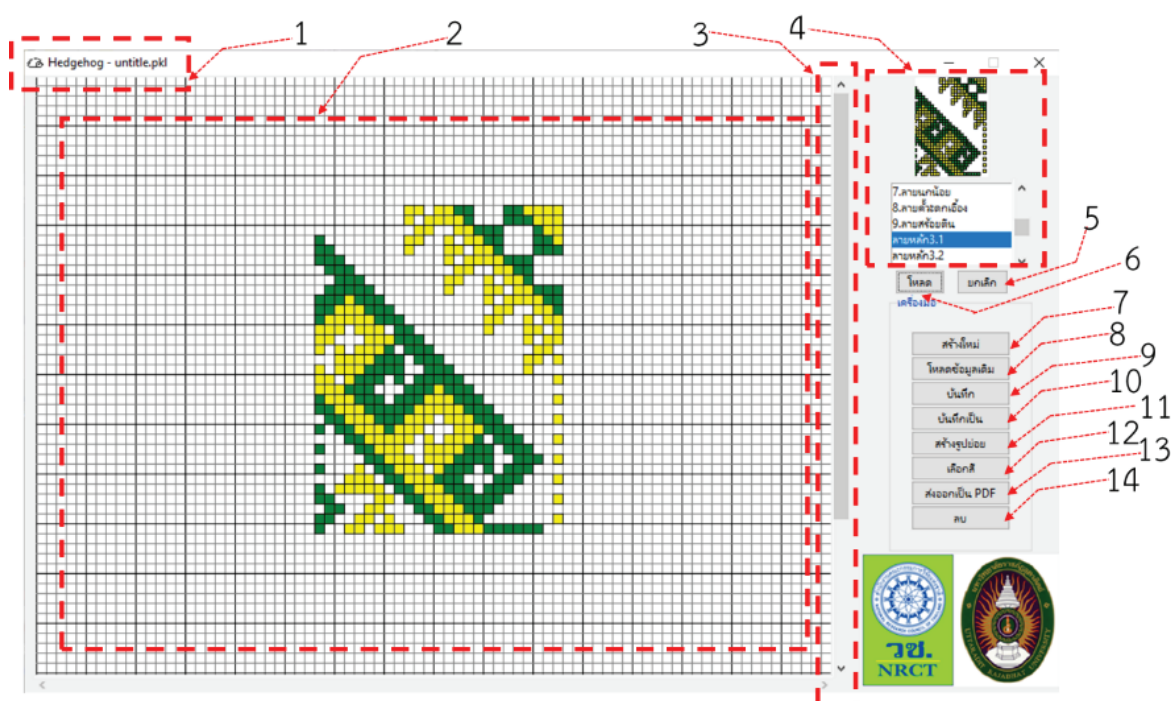


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแฮตซอก

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทำงานของโปรแกรมแฮดฮอก

4.1.1 การแสดงผลของหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphical User Interface) หลังจากเข้าสู่โปรแกรมแฮดฮอก ผู้ใช้งานจะสังเกตเห็นหน้าต่างโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4 มีรายละเอียดตามหมายเลขดังต่อไปนี้ หมายเลข 1 ชื่อโปรแกรม ซึ่งจะแสดงทั้งชื่อโปรแกรม “Hedgehog” และชื่อไฟล์งานซึ่งจะเปลี่ยนตามชื่อที่ผู้ใช้งานตั้งชื่อ หมายเลข 2 พื้นที่ทำงาน ถูกออกแบบให้เป็นช่องตารางเพื่อลงสีสร้างกราฟพลายผ้า หมายเลข 3 แถบเลื่อนขึ้นลง ในกรณีที่ต้องการออกแบบกราฟลายผ้าขึ้นต้นจกที่มีขนาดใหญ่จนเกินหน้าต่างของพื้นที่ทำงาน หมายเลข 4 ช่องแสดงลายหลักหรือลายประกอบของผ้าขึ้นต้นจกที่บันทึกไว้ หมายเลข 5 เมนูคลิกการโหลดลายหลักหรือลายประกอบ

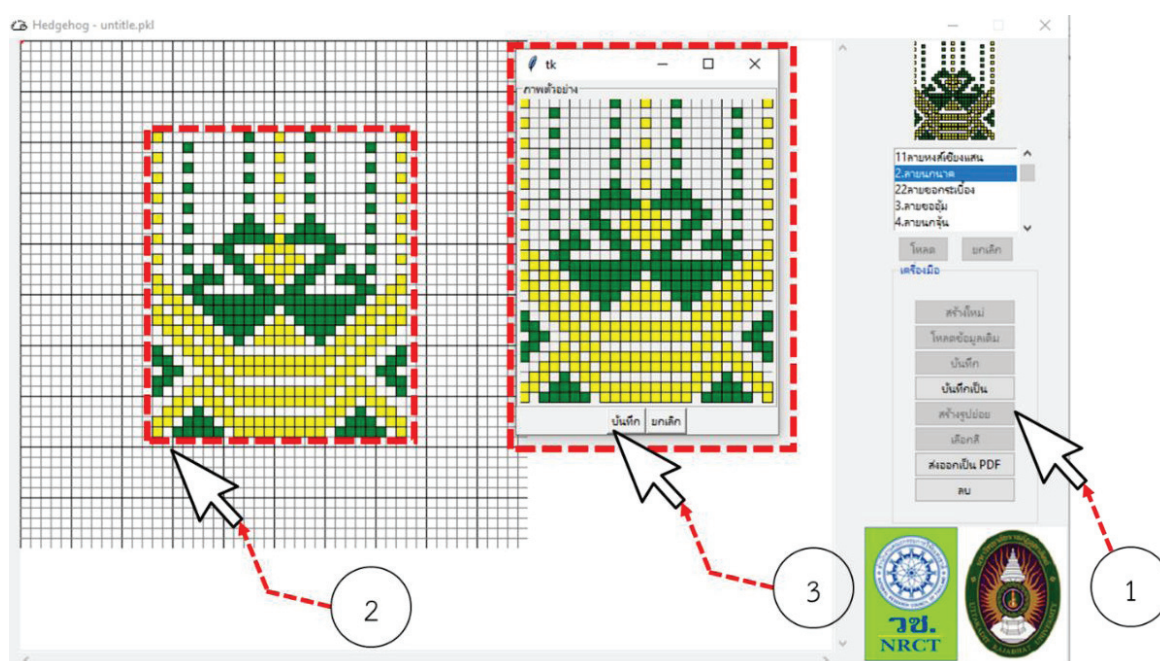


ภาพที่ 4 หน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้งาน

หมายเลข 6 เมนูโหลดลายหลักหรือลายประกอบ เมื่อต้องการนำลวดลายดังกล่าวมาออกแบบลายผ้าต่อยอดจากลายเดิม หมายเลข 7 เมนูสร้างไฟล์งานใหม่ เมื่อทำการเลือกเมนูนี้แล้วโปรแกรมจะให้ผู้ใช้กรณตั้งค่าจำนวนช่องตาราง หมายเลข 8 เมนูโหลดไฟล์งานเดิม ซึ่งเป็นไฟล์งานที่ผู้ใช้กรณได้ทำการออกแบบค้างไว้แล้วต้องการออกแบบอีกครั้งภายหลัง หมายเลข 9 เมนูบันทึก ใช้สำหรับบันทึกไฟล์งานที่ผู้ใช้กรณได้ตั้งชื่อไฟล์เอง หมายเลข 10 เมนูบันทึกเป็น เมื่อผู้ใช้กรณโปรแกรมแฮดฮอกต้องการบันทึกไฟล์งานโดยการตั้งชื่อไฟล์ใหม่หรือเลือกตำแหน่งการเก็บไฟล์งานใหม่ หมายเลข 11 เมนูสร้างรูปย่อ ใช้สำหรับผู้ใช้กรณออกแบบลวดลายหลักหรือลายประกอบของผ้าขึ้นต้นจก แล้วต้องการบันทึกลายผ้าดังกล่าวไว้ใช้กรณในครั้งต่อไป หมายเลข 12 เมนู

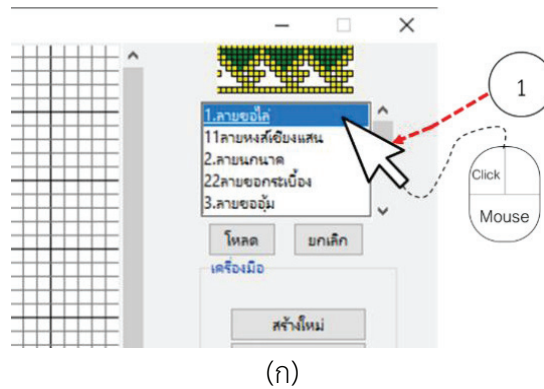
เลือกสี ก่อนเริ่มการออกแบบลายผ้าผู้ใช้งานโปรแกรมเฮดฮอกจะต้องทำการเลือกสีที่จะต้องลงจุดในตารางเสียก่อน หมายเลข 13 เมนูส่งออกเป็นไฟล์พีดีเอฟ และหมายเลข 14 เมนูลบ ใช้สำหรับลบสีที่ได้ลงจุดไปแล้ว เพื่อเตรียมที่จะลงสีจุดในครั้งต่อไป

4.1.2 ผลการบันทึกลายหลักหรือลายประกอบของผ้าขึ้นต้นจกในโปรแกรมเฮดฮอกส่วนที่สำคัญของผ้าขึ้นจก นั่นคือ ลายหลักและลายประกอบที่รวมกันจนเป็นผืนผ้าที่มีกราฟลวดลายวิจิตร สำหรับโปรแกรมเฮดฮอก มีความสามารถในการบันทึกลายหลักและลายประกอบ แสดงดังภาพที่ 5 ภายหลังจากที่ผู้ออกแบบได้ดำเนินการออกแบบลวดลายเสร็จแล้ว ให้เลือกที่เมนู “สร้างรูปย่อ” ดังหมายเลข (1) จากนั้นให้นำเมาส์ลากกรอบครอบลายผ้าที่สร้างขึ้นดังหมายเลข (2) ภายหลังจากขั้นตอนดังกล่าวจะมีหน้าต่างย่อยแสดงขึ้นมาดังหมายเลข (3) แล้วทำการกด “บันทึก” ระบบก็จะทำการบันทึกรูปให้และแสดงตัวอย่างด้านมุมบนขวา

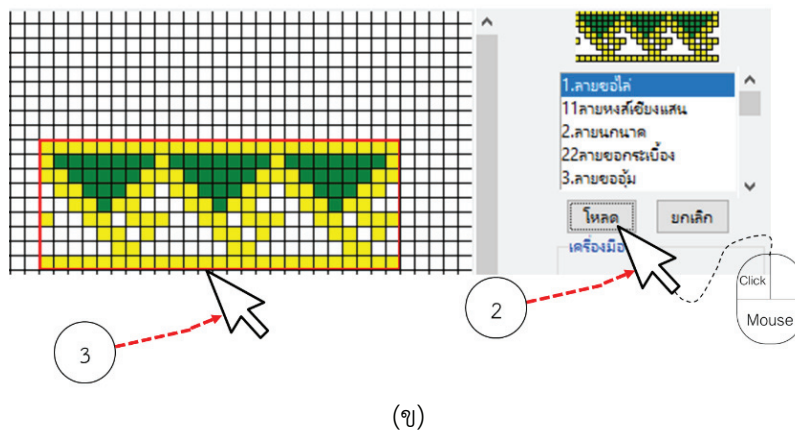


ภาพที่ 5 การบันทึกรูปย่อ

4.1.3 ผลการนำลายหลักหรือลายประกอบของผ้าขึ้นต้นจกที่บันทึกไว้ในโปรแกรมเฮดฮอกมาใช้งาน แสดงดังภาพที่ 6 กราฟลวดลายผ้าที่ได้บันทึกไว้นั้นจะแสดงรูปและชื่อกราฟลวดลายที่ได้บันทึกไว้ให้ผู้ใช้งานนำเมาส์เลือกชื่อลายผ้าที่ต้องการดังหมายเลข (1) จากนั้นกดเลือกเมนู “โหลด” แสดงดังหมายเลข (2) หลังจากที่ได้เลือกเมนูดังกล่าวแล้ว รูปลายผ้าจะติดมากับเมาส์ดังหมายเลข (3) จากนั้นทำการคลิกซ้ายของเมาส์อีกครั้งเพื่อวางรูปลายผ้าบนพื้นที่ทำงาน



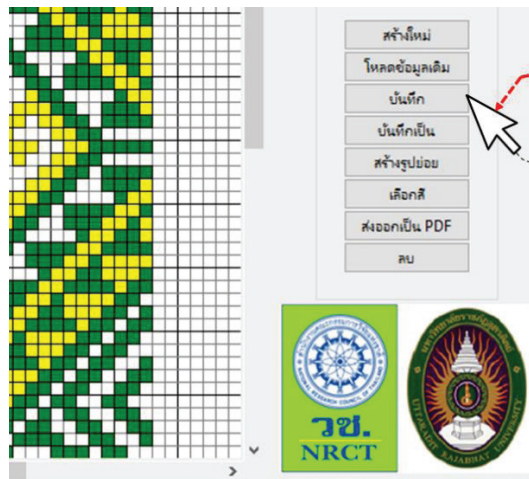
(ก)



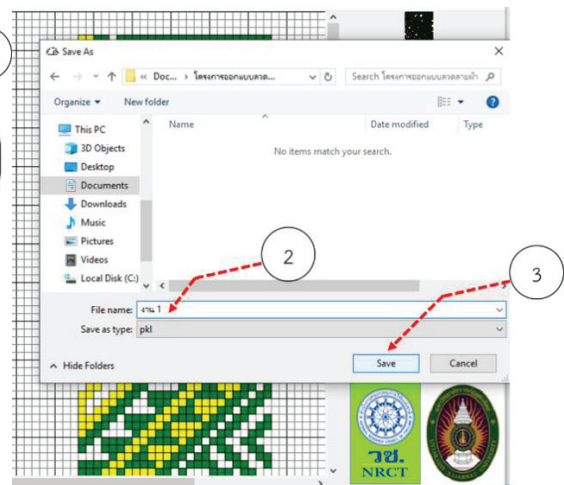
(ข)

ภาพที่ 6 การโหลดลายผ้าที่บันทึกไว้มาใช้งาน

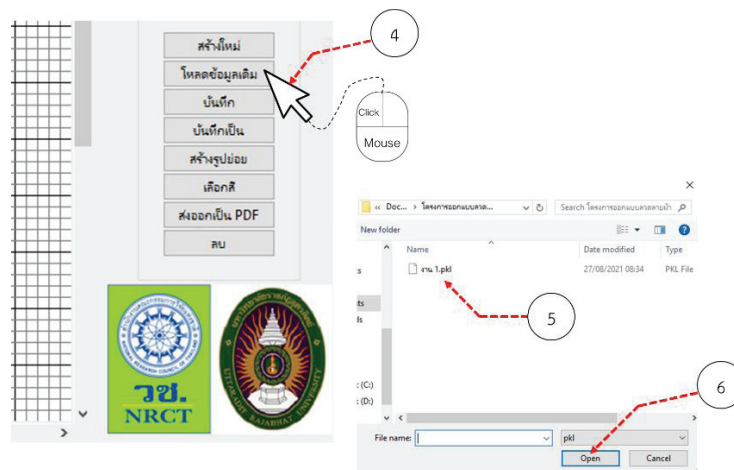
4.1.4 ผลการบันทึกและเรียกใช้งานเดิมในโปรแกรมเฮดฮอก หากต้องการบันทึกไฟล์งานสามารถดำเนินการได้ดังภาพที่ 7 นั่นคือ กดเลือกที่เมนู “บันทึก” ดังภาพที่ 7(ก) หมายเลข (1) เมื่อเลือกเมื่อดังกล่าวแล้วจะมีหน้าต่างย่อยแสดงขึ้นมาเพื่อให้เลือกตำแหน่งจัดเก็บไฟล์งานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำการตั้งชื่อไฟล์งานดังกล่าวแล้วทำการกด “Save” ดังภาพที่ 7(ข) หมายเลข (2) และ (3) เมื่อทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้วระบบของเฮดฮอกจะทำการบันทึกงานให้เรียบร้อย เมื่อต้องการเรียกไฟล์งานเดิมเพื่อนำกราฟลวดลายผ้ามาออกแบบหรือแก้ไข ทำได้ดังภาพที่ 7(ค) โดยการเลือกเมนู “โหลดข้อมูลเดิม” ดังหมายเลข (4) จะมีหน้าต่างย่อยแสดงขึ้นมา ทำการกดเลือกไฟล์งานที่ได้ตั้งชื่อไว้ก่อนหน้านี้ดังหมายเลข (5) จากนั้นทำการกด “Open” ดังหมายเลข (6) เมื่อทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้วไฟล์งานเดิมที่ได้บันทึกไว้ก็จะแสดงขึ้นมา



(ก)



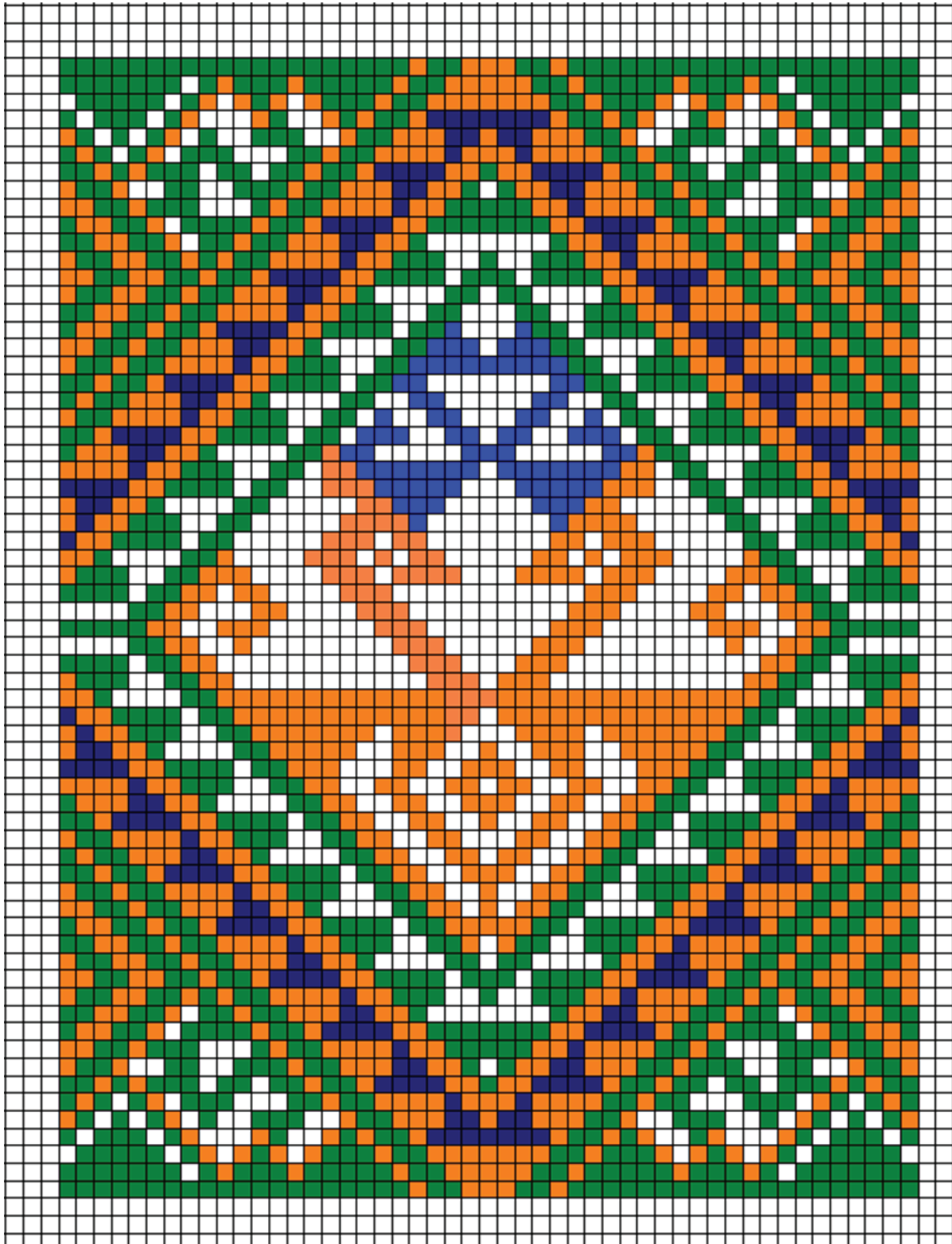
(ข)



(ค)

ภาพที่ 7 การบันทึกไฟล์งาน

4.2 ผลการใช้โปรแกรมแฮตชอกออกแบบกราฟลายหลักของผ้าจีน



ภาพที่ 8 กราฟลายหงส์เชียงแสน



ภาพที่ 9 กราฟลายหงส์ใหญ่



ภาพที่ 10 กราฟลายหงส์มีหงอน

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบและบันทึกกราฟลวดลายผ้าขึ้นดินจก นั่นคือ โปรแกรมแฮดฮอก โปรแกรมดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นจากภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่ชื่อไพธอน ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบเปิด โปรแกรมแฮดฮอกมีเครื่องมือเมนูที่สำคัญ 2 ส่วน นั่นคือ (1) เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบลวดลายผ้าขึ้นดินจก และ (2) เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึก สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบลวดลายผ้าในโปรแกรม “Hedgehog” ประกอบไปด้วยเมนู “สร้างใหม่” ใช้สำหรับเมื่อต้องการสร้างไฟล์งานใหม่ เมื่อเลือกเมนูนี้แล้วโปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานตั้งค่าจำนวนช่องตารางที่ใช้ในการออกแบบลวดลายผ้า เมนู “โหลดข้อมูลเดิม” เป็นการเรียกไฟล์งานที่ผู้ใช้งานได้ทำการออกแบบไว้ก่อนหน้านี้เพื่อมาทำงานอีกครั้ง เมนู “เลือกสี” ใช้เลือกสีที่จะต้องลงจุดในพื้นที่ทำงานของโปรแกรมเมนู “ส่งออกเป็น PDF” เมื่อผู้ใช้งานต้องการบันทึกไฟล์งานที่ได้ออกแบบลวดลายผ้าไว้แล้วบันทึกเป็น PDF เพื่อให้ง่ายต่อการเปิดอ่านและพิมพ์งานออกเป็นกระดาษเอสี่ และเมนู “ลบ” ใช้สำหรับต้องการลบสีที่ได้ลงจุดไปแล้ว ในส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึก นั่นคือ เมนู “บันทึก” ใช้สำหรับบันทึกไฟล์งานหลักที่ผู้ใช้งานได้ตั้งชื่อไฟล์เอง เมนู “บันทึกเป็น” เมื่อผู้ใช้งานต้องการบันทึกไฟล์งานโดยการตั้งชื่อไฟล์ใหม่หรือเลือกตำแหน่งการเก็บไฟล์งานใหม่ และเมนู “สร้างรูปย่อ” ใช้สำหรับผู้ใช้งานออกแบบลวดลายหลักหรือลายประกอบของผ้าขึ้นดินจก

6. ข้อเสนอแนะ

โปรแกรม “Hedgehog” ยังสามารถพัฒนาต่อได้เกี่ยวกับการขยายรูปขณะทำการออกแบบลวดลายผ้าขึ้น และเครื่องมือเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสะดวกในการวาดลวดลายผ้าขึ้นเช่น การกลับรูป บน ล่าง ซ้าย และขวา

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย สัญญาเลขที่ วช.อว.(อ)(กณผ)/15/2564, นายวิศพล สีเทียม หัวหน้ากลุ่มผ้าทอน้ำอ่า และกลุ่มผ้าทอน้ำอ่า จังหวัดอุดรดิตถ์

8. เอกสารอ้างอิง

เจียรนัย เล็กอุทัย และจักรารุช พานิชโยทัย. (2554). การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบผ้าจก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 19(2), 75–80.

เผ่าภิญญ์ ฉิมพะเนาว์ และจักรภาพ ใหม่เสน. (2551). การออกแบบลายทอผ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ JK-Weave. เชียงใหม่: วนิตการพิมพ์.

- สำคัญ ฮอบบรทต, สมบัติ ประจัญสานต์, และดรัสวิน วงศปรเมษฐ. (2560). การวิเคราะห์การแปลงเมทริกซ์ของลายมัดหมี่ที่ใช้เทคนิคการค้นแบบหมี่ลวด. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55* (น. 1-10). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุสรณ์ จิตมนัส, อรอุมา รักษาชล, รัตติยา ฤทธิช่วย, วลีษา อินทรภักดี, และณัฐธินิย์ คงนวล. (2560). การสร้างและออกแบบลายผ้ายกเมืองนครโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยศิลปวัฒนธรรม ครั้งที่ 4 ยกระดับภูมิปัญญา สร้างมูลค่าสู่สังคม* (น. 88-92). เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- อจณรี จันทมูล, นิมนวล จันทบุญ, และสฤติย์ แจ็กมา. (2560). การศึกษาลวดลายผ้าเอกลักษณ์ประจำอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 13* (น. 225-229). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Python Software Foundation. (2564). *Python*. สืบค้น 22 มิถุนายน 2564, จาก <https://www.python.org/downloads/>

ภาคผนวก

การเตรียมบทความตีพิมพ์วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINE FOR TECHNOLOGY
AND INNOVATION URU JOURNALชื่อ นามสกุล^{1*} ชื่อ นามสกุล²^{1*}ชื่อสถาบัน/หน่วยงานต้นสังกัด²ชื่อสถาบัน/หน่วยงานต้นสังกัดFirst Author's First-Last Names^{1*} Second Author's First-Last Names²^{1*}Position, Address²Position, Address

*Corresponding author e-mail: xxx@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยและบทความวิชาการ ผู้ส่งบทความจะต้องยึดรูปแบบตามบทความนี้อย่างเคร่งครัด บทความใดที่รูปแบบไม่ถูกต้อง จะถูกส่งคืนและไม่รับพิจารณาในครั้งนี้ บทคัดย่อต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียว ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษา และบทสรุป 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.

Keywords: the number of keywords should not exceed 3–5 words.

1. คำแนะนำในการส่งผลงานเพื่อตีพิมพ์

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ โดยบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และ ไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น หากมีเนื้อหา ข้อมูลวิจัยบางส่วนเคยพิมพ์ในรายงานการประชุมวิชาการจะต้องมีส่วนที่เพิ่มเติมหรือขยายจากส่วนที่เคยตีพิมพ์และต้องมีคุณค่าทางวิชาการที่เด่นชัด โดยได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ

2. บทความที่รับพิจารณาลงพิมพ์

2.1 บทความวิจัย

มีความยาวไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ เนื้อเรื่องจะประกอบด้วย 1. บทนำ 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3. ขอบเขตของการวิจัย 4. วิธีดำเนินการวิจัย 5. ผลการวิจัย 6. อภิปรายผล 7. สรุปผลการวิจัย 8. กิตติกรรมประกาศ 9. เอกสารอ้างอิง

2.2 บทความวิชาการ

มีความยาวไม่น้อยกว่า 10 หน้ากระดาษ A4 แต่ไม่ควรเกิน 15 หน้ากระดาษ A4 เป็นบทความที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากหนังสือ เอกสาร ประสพการณ์หรือเรื่องแปล เพื่อเผยแพร่ความรู้ในสาขาต่างๆ หรือแสดงข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ มีคุณค่าทางวิชาการ บทความวิชาการควรประกอบด้วย ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สถานที่ทำงาน วิธีการติดต่อผู้เขียน บทคัดย่อ และคำสำคัญ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตามด้วยเนื้อเรื่อง ซึ่งลักษณะองค์ประกอบของเนื้อเรื่องอาจจะคล้ายคลึงกับบทความวิจัย แต่ไม่มีเนื้อหาของ วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง ผลการวิจัยหรือผลการทดลอง เป็นต้น

3. การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับบทความพร้อมกรอกแบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย/บทความวิชาการ ในรูปแบบ Microsoft word และ pdf ทำการส่งที่อีเมล wannisa0883@gmail.com

4. รูปแบบบทความวิจัยและการพิมพ์เนื้อหาของเรื่อง

เนื้อเรื่อง ได้แก่ 1. บทนำ 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3. ขอบเขตของการวิจัย 4. วิธีดำเนินการวิจัย 5. ผลการวิจัย 6. อภิปรายผล 7. สรุปผลการวิจัย 8. กิตติกรรมประกาศ 9. เอกสารอ้างอิง เมื่อขึ้นหัวข้อใหม่ ให้เว้น 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 11¼ นิ้ว) โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะขอบกระดาษ

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

4.2 รูปแบบตัวอักษรและการเว้นระยะ

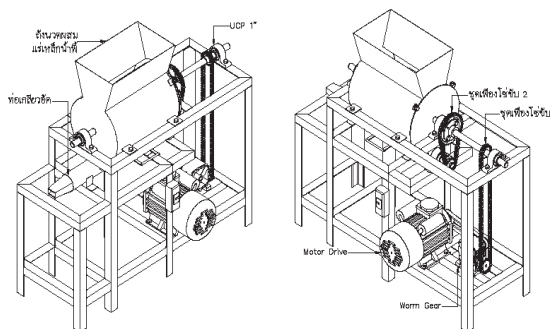
รูปแบบอักษรของวารสารทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ใช้ตัวอักษร TH Sarabun พร้อมทั้งกำหนดขนาดและลักษณะตัวอักษรของส่วนประกอบต่างๆ ตามตารางที่ 2

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 ขนาดของรูปภาพไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่าหน้ากระดาษที่กำหนด ภาพจะต้องมีคำอธิบาย โดยคำอธิบายของภาพให้พิมพ์ไว้ใต้ภาพ หากภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับ เช่น (ก) และ (ข)



ภาพที่ 1 เครื่องผสมแร่เหล็กร้า

4.4 การจัดทำตาราง

การนำเสนอตารางให้จัดวางชิดขอบซ้าย ตัวอักษรในตารางต้องเห็นชัดเจน และควรตีกรอบตารางด้วยเส้นสีดำ ส่วนคำอธิบายตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางและชิดริมซ้ายของกระดาษ และใส่แหล่งที่สืบค้นด้านล่างของตาราง (ถ้ามี)

4.5 การเขียนสมการ

การเขียนสมการต้องพิมพ์อยู่กึ่งกลางคอลัมน์ หรือในกรณีที่มีสมการมีความยาวมากอาจยอมให้มีความกว้างได้เต็มหน้ากระดาษ และจะต้องมีหมายเลขกำกับอยู่ภายในวงเล็บ ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดขอบด้านขวาของคอลัมน์ และเพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือสมการ 1 บรรทัด และเว้นใต้สมการ 1 บรรทัด เมื่อจะกล่าวอ้างอิงถึงสมการที่ (1) ให้ใส่วงเล็บด้วยเสมอ ดังสมการที่ 1

$$y = ax + b \quad (1)$$

5. กิตติกรรมประกาศ

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการในการทดสอบวัสดุตัวอย่าง

6. เอกสารอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่างๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษา แทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA 6 การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้างๆ 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 ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

หนังสือ

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

ตัวอย่าง

สุพล อุปติสสุกุล. (2521). สถิติ: การวางแผนการตลาดเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพีชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

บทความวารสาร

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

ตัวอย่าง

วัลลภ สันติประชา และชูศักดิ์ ณรงค์เดช. (2535). คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวเขียวที่ผลิตในภาคใต้. *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: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

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

ชัยพล มงคลิก. (2552). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ในการจัดตารางการผลิตแบบพหุเกณฑ์: กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา. ใน *การประชุมวิชาการการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 5* (น. 46). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

Krongtaew, C., Messner, K., Hinterstoisser, B., and Fackler, K. (2010). Lignocellulosic structural changes after physico-chemical pretreatment monitored by near infrared spectroscopy. In S. Saranwong, S. Kasemsumran, W. Thanapase, and 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, คณะ, สาขา.

ตัวอย่าง

สมศักดิ์ รักวงศ์. (2528). การศึกษาการใช้ยาชนิดต่างๆ ในการป้องกันโรคราสนิมของถั่วเหลือง. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Phillips, O. C., Jr. (1962). *The Influence of Ovid 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.xxxxxxxxx>

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. and 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>



Industrial Technology

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

โทร 0 5541 6629 แฟกซ์ 0 5541 6629 ต่อ 17

<http://industrial.uru.ac.th>