



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน 2569) | Vol.14 Issue.1 (January – April 2026)

ISSN 2287 – 0083

บทความวิจัย

- ผลจับพลันของระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน
ต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล
วารุณี กิจรักษา, สุภาวดี กสิกรรม, สุทธิรักษ์ นาโสม และ ช่อนภา สิทธิธัง 1
- การเปรียบเทียบการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ โดยตัวแบบ
ARIMA และ ARIMAX
นิทัศน์ เจริญงาม, ญาดามา โชติติลล และ วิทมา ธรรมเจริญ 15
- การเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแม่นยำเชิงพื้นที่และสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์
ของระบบโรบัสต์ในเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ
ชูชาติ บุญฤทธิ์ตรีเดช, เกษภา อีสหะ, วิเชียร ดวงสีเสน และ กันติพจน์ กองแก้ว 31
- การพัฒนารถเคลื่อนย้ายพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย
ภูเบศร์ พิพิธธีรบุญการ, วุฒิพล เพ็ญสวัสดิ์ และ อภิสิทธิ์ คำสุพรรณ 46
- การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา
สุภาวณี ชันคำ และ สิโรรัตน์ จันทาม 64



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (2569)

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Vol.14 Issue.1 (2026)

ISSN 2287-0083

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (2569)

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; ISSN 2287-0083) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวารสารรับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล, พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โดยมีกำหนดเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน) ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม) และฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม) ของทุกปี

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิตรา ธัญสุนทรสกุล	อธิการบดี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ลอยแก้ว	รองอธิการบดี

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยามุขดี

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรารรณ กุณัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ยศวริศ เสมามิ่ง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (2569)

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลต แทนอมทอง

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปิ่นล่อ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา มีสุข

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

รองศาสตราจารย์ ดร.โฆสิต ศรีภูธร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ฤทธิชัย พิลาไชย

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ เหมวงษ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงภู อุตรา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลินทร์ พ้อคำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสิต คำหล้า

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร อังควิศิฐพันธ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญมา

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา วงษ์สวัสดิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (2569)

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review)

รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยวัฒน์ นามบุญลือ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานัด คุ้มทอง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จิรา พิลาแดง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาริณี จงปลื้มปิติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยานนท์ สวัสดิ์นันทนาท	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก้องภพ ชามาศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร อินทะชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรศิษฐ์ ศรีบุรินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเมษา เจริญสุข แก้ววงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ทุมม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.ศกุนตลา ศิริอุดม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.ศิวพร ภูทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยดี ยามะดี	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ภูวนันท์ สุวรรณวงศ์	รองประธานกรรมการ
นายทวีพงษ์ หงษ์ทอง	กรรมการ
ดร.เบญจธรรม สุขนิวัฒน์	กรรมการ
นางสาวศิวพร ภูทอง	กรรมการ
นายธราดล ปราบภัย	กรรมการ
นางพิมพ์พรรณ ศรีภูธร	กรรมการ
นายอภิเดช อภิพัฒน์ภาค	กรรมการ
นางสาวนันทา คำบุญมา	กรรมการ
นายธนวิษฐ์ ปิจามาศ	กรรมการ
นางสาววณัฐพร แสงขาว	กรรมการ
นายรุ่งโรจน์ มีแก้ว	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวศศิตา พงศา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (2569)

คณะกรรมการตรวจสอบภาษาต่างประเทศ

รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพรพิทย์ เลิศปรีดากร

พิสูจน์อักษร

นางสาวศิวพร ภูทองทอง

ออกแบบปก

นายสุริยา ชัยดำรงณ์

นางสาวศศิศา พงศาวิลี

กำหนดการเผยแพร่

3 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

สถานที่ติดต่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702 เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>

เว็บไซต์วารสาร: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>

อีเมล: scjournal@udru.ac.th

“ข้อความที่ปรากฏในบทความแต่ละเรื่องในวารสารวิชาการเล่มนี้
ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ
กองบรรณาธิการ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ซึ่งความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความ
แต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน”

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เป็นวารสารที่ได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 พ.ศ. 2568-2572 ได้ประกาศให้วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ถูกจัดให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 2 ซึ่งฉบับนี้เป็นปีที่ 14 ฉบับที่ 1 ประจำปี พ.ศ. 2569 มีบทความวิจัยจำนวน 5 บทความ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เกษตรศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นเวทีทางวิชาการ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้อ่านทุกท่าน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ส่งบทความ และทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร

ปิยวดี ยาบุษดี

บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

ผลนับพลันของระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน ต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล	1
---	---

วารุณี กิจรักษา, สุภาวดี กลสิกรรม, สุทธิรักษ์ นาโสม และ ช่อนภา สิทธิธำ

การเปรียบเทียบการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ โดยตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX	15
---	----

นิทัศน์ เจริญงาม, ญาดาภา โชติติลล และ วิทมา ธรรมเจริญ

การเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแม่นยำเชิงพื้นที่และสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ ของระบบโรยวัสดุในเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ	31
---	----

ชูชาติ บุญฤทธิ์ตรีเดช, เจษฎา อีสหะ, วิเชียร ดวงสีเสน และ กันติพจน์ กองแก้ว

การพัฒนารถเคลื่อนย้ายพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย	46
---	----

ภูเบศร์ พิพิธวิทยการ, วุฒิพล เพ็ญสวัสดิ์ และ อภิสิทธิ์ คำสุพรรณ

การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา	64
---	----

สุภาวณี ชันคำ และ สิโรรัตน์ จันทาม

ผลฉับพลันของระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน

ต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตซอล

THE ACUTE EFFECT OF DIFFERENT DYNAMIC STRETCHING DURATION ON AGILITY IN FUTSAL PLAYER

วารุณี กิจรักษา¹, สุภาวดี กสิกรรม¹, สุตติรักษ์ นาโสม¹ และ ชอนภา สิทธิธัง^{2*}

Warunee Kitraksa¹, Suphawadee Kasikam¹, Suttirak Nasome¹ and Chonapha Sittthang^{2,*}

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

¹Faculty of Sciences, Udonthani Rajabhat University

²Faculty of Sciences, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Received: 28 November 2025

Revised: 27 March 2026

Accepted: 3 April 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของระยะเวลาที่ใช้ในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตซอล โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย จำนวน 12 คน อายุระหว่าง 16-18 ปี โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน เพื่อทำการทดลองตามวิธีการทดลองหมุนเวียนสมดุล โดยกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้ทำการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ (ใน 1 วันของการทดลอง) ประกอบไปด้วย รูปแบบที่ 1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 10 นาที (DS10) รูปแบบที่ 2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 15 นาที (DS15) และรูปแบบที่ 3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 20 นาที (DS20) โดยแต่ละกลุ่มจะได้ทำการทดลองสัปดาห์ละ 1 รูปแบบ ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละรูปแบบ จะการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยแบบทดสอบ SEMO test วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไวในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติ Repeated Measures ANOVA และทำการการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีบอนเฟอร์โรนี ผลการวิจัยพบว่าระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการ

* Corresponding author: ชอนภา สิทธิธัง

E-mail: chonapha_2350@hotmail.com

เคลื่อนที่รูปแบบที่ 1 (10 นาที) และรูปแบบที่ 2 (15 นาที) มีผลต่อความคล่องแคล่วว่องไว แตกต่างจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่รูปแบบที่ 3 (20 นาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่รูปแบบที่ 1 (10 นาที) และรูปแบบที่ 2 (15 นาที) มีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตซอลมากที่สุด สามารถนำไปเป็นแนวทางในการอบอุ่นร่างกาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตซอลทั้งก่อนการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

คำสำคัญ: ผลฉับพลัน, การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่, ความคล่องแคล่วว่องไว, นักกีฬาฟุตซอล

Abstract

This study aimed to examine and compare the acute effects of different durations of dynamic stretching on agility in futsal players. The participants consisted of twelve male futsal athletes aged 16–18 years, selected using purposive sampling. The participants were divided into three groups of four and assigned to perform the experimental conditions using a counterbalanced crossover design. All participants completed three dynamic stretching protocols: 10 minutes (DS10), 15 minutes (DS15), and 20 minutes (DS20). Each protocol was performed once per week over a period of three weeks. Following each stretching protocol, agility performance was assessed using the SEMO test. The data were analyzed using Repeated Measures ANOVA, and pairwise comparisons were conducted using the Bonferroni post hoc test. The results revealed that the 10-minute (DS10) and 15-minute (DS15) dynamic stretching protocols significantly improved agility performance compared to the 20-minute protocol (DS20) at the .05 level of significance. In conclusion, dynamic stretching durations of 10–15 minutes are most effective for enhancing agility performance in futsal players. These findings can be applied as practical guidelines for warm-up and dynamic stretching routines prior to training and competition in futsal.

Keywords: Acute, Dynamic Stretching, Agility, Futsal Player

บทนำ

ฟุตบอลเป็นกีฬาประเภททีมที่พัฒนามาจากกีฬาฟุตบอล มีผู้เล่นฝ่ายละ 5 คน (รวมผู้รักษาประตู) และอยู่ภายใต้การกำกับของสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) จากการศึกษาทางด้านสรีรวิทยาในกีฬาฟุตซอลพบว่า เป็นกีฬาที่มีระดับความหนักของกิจกรรมค่อนข้างสูงและไม่ต่อเนื่อง (Intermittent high intensity) นักกีฬาจะต้องวิ่งด้วยความเร็วหลากหลายระดับและทิศทางติดต่อกันหลายเที่ยวซ้ำ ๆ มีระดับความหนักตลอดการแข่งขัน มากกว่า 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด เท่ากับ 5.3 มิลลิโมล/ลิตร และนักกีฬาจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ด้านข้างและถอยหลัง รวมถึงการเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตลอดทั้งเกมเท่ากับ 5,100 เมตร ยังพบว่าสมรรถภาพทางกายที่สำคัญในกีฬาฟุตซอล คือ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด (Makaje et al., 2012) ลักษณะการเคลื่อนไหวดังกล่าวส่งผลให้ร่างกายต้องรับแรงกระทำซ้ำ ๆ และเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

จากลักษณะการเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตซอลอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บ การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันจึงมีบทบาทสำคัญในการเตรียมความพร้อมของร่างกาย ทั้งในด้านการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ การเพิ่มการไหลเวียนเลือด และการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ให้มีความพร้อมสำหรับกิจกรรมที่มีความหนักเพิ่มขึ้น กิลและคณะ (Gil et al., 2019) ได้กล่าวว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ (Dynamic stretching) สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ และเตรียมร่างกายให้พร้อมต่อการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมักใช้ในช่วงการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) ซึ่งอาจทำร่วมกันหรือแยกจากการอบอุ่นร่างกายทั่วไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมกีฬา

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ (Dynamic stretching) เป็นการยืดเหยียดที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Active movement) โดยมีการทำงานสลับกันของกล้ามเนื้อด้านหน้า (Agonist) และด้านหลัง (Antagonist) อย่างต่อเนื่องโดยไม่ใช้แรงเหวี่ยงหรือแรงกระแทก การเคลื่อนไหวในลักษณะนี้เป็นการเลียนแบบรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ใช้จริงในกีฬา ส่งผลให้ร่างกายสามารถเคลื่อนที่ได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion) กล้ามเนื้อหลายกลุ่มทำงานประสานสัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ เพิ่มอุณหภูมิของร่างกายและอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Behm & Chaouachi, 2011) นอกจากนี้ Bishop (2003)

ได้เสนอว่าการอบอุ่นร่างกายที่มีประสิทธิภาพควรประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย การยืดเหยียดแบบเคลื่อนไหว และการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้ดีขึ้นหลังการถูกกระตุ้น

จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่า การอบอุ่นร่างกายที่ประกอบด้วย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีแนวโน้มช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านความคล่องแคล่วว่องไวและความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางได้ดีกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ โดยมีความเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular activation) และกลไกของการเพิ่มศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อภายหลังการกระตุ้น (Post-activation performance enhancement: PAPE) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาที่เหมาะสมของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวที่ยังคงเป็นประเด็นที่มีความแตกต่างกันในผลการศึกษา โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ใช้เวลานานเกินไปอาจก่อให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อ (Fatigue) และส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว มากกว่านั้นยังพบว่ามีการศึกษาถึงระยะเวลาการวอร์มอัพและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวในระยะเวลาที่ต่างกัน ในนักกีฬาอายุ 3 รูปแบบ ประกอบไปด้วยระยะเวลา 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที เพื่อเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไวที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวในระยะเวลา 10 นาที มีประสิทธิภาพต่อความคล่องแคล่วว่องไวดีที่สุด (Eken et al., 2022)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการศึกษาก่อนหน้าที่ได้ทำการศึกษาถึงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวที่ต่อสมรรถภาพทางกายในกีฬาหลายประเภท รวมถึงการศึกษาถึงระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวที่ที่แตกต่างกันในชนิดกีฬาอื่น แต่ยังคงมีข้อจำกัดของงานวิจัยที่มุ่งศึกษาในเรื่องระยะเวลาของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในชนิดกีฬาฟุตบอลโดยเฉพาะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลฉับพลันของระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวที่ที่แตกต่างกันต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่มีความเหมาะสมที่สุด อันจะนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการอบอุ่นร่างกายที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของกีฬาฟุตบอลต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เลขที่รับรองโครงการ อว 0622.7/312 เลขที่ยื่นขอโครงการ จย.มน.106/2568 ลงวันที่ 24 มิถุนายน 2568

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาฟุตซอลของโรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ ที่มีอายุระหว่าง 16-18 ปี จำนวน 12 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน (Eken et al., 2022) เพื่อทำการทดสอบตามวิธีการทดลองหมุนเวียนสมดุล จะทำให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนได้ทำการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ จากนั้นทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว SEMO test และกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้ทำการทดลองรูปแบบละ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ทั้งหมด 3 สัปดาห์

เกณฑ์การคัดเข้า

- 1) เป็นนักกีฬาฟุตซอลชายทีมโรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ ที่มีอายุ 16-18 ปี
- 2) มีประสบการณ์การเล่นฟุตซอลมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี
- 3) สนใจในการเข้าร่วมในการวิจัยและยินดียินยอมใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
- 4) ไม่มีโรคประจำตัว

เกณฑ์การคัดออก

- 1) เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น การบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
- 2) ขาดการเข้าร่วมการวิจัยเพียง 1 ครั้ง ถือว่าตัดออกจากการวิจัย
- 3) ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) รูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 2) แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว SEMO-test (กรมพลศึกษา, 2560)

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

รูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ และกำหนดรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ทั้ง 3 รูปแบบ

2. ผู้วิจัยออกแบบรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ โดยออกแบบให้มีความสอดคล้องกับระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ในทีมกีฬาที่มีการอบอุ่นร่างกายที่แตกต่างกันออกไปในปัจจุบัน และอ้างอิงจากการศึกษาของ Eken & Bayer (2022) ที่เป็นการศึกษาก่อนหน้า ทำให้ได้รูปแบบในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่จำนวน 10 ท่า และได้กำหนดรูปแบบการศึกษาจำนวน 3 รูปแบบ [รูปแบบที่ 1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 10 นาที (DS10) รูปแบบที่ 2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 15 นาที (DS15) และรูปแบบที่ 3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 20 นาที (DS20)] (ตารางที่ 1) โดยการทดลองแต่ละสัปดาห์จะใช้วิธีการทดลองแบบหมุนเวียนสมดุลเพื่อลดความแปรปรวนระหว่างบุคคล และมีการเว้นระยะการทดลอง 1 ครั้ง/สัปดาห์ เพื่อลดผลกระทบตึงและให้ร่างกายของกลุ่มตัวอย่างฟื้นตัวสู่สภาวะปกติอย่างเต็มที่ก่อนการทดลองครั้งถัดไป ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเปรียบเทียบผลระหว่างเงื่อนไขการทดลอง

3. นำรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Index of Item Objective congruence: IOC) จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องเชิงเนื้อหา พบว่ามีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 0.86 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของรูปแบบสามารถนำไปใช้ได้จริง

4. ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพรูปแบบและความเป็นไปได้ของรูปแบบให้มีประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง เพื่อประเมินความเหมาะสมในสถานการณ์จริง รวมถึงตรวจสอบความชัดเจนของเนื้อหาและความเหมาะสมของรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการโรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสงเคราะห์ เพื่อขออนุญาตใช้สนามฝึกซ้อมของโรงเรียนเป็นสถานที่ในการวิจัย และขออนุญาตเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งการติดต่อประสานงานกับผู้ฝึกสอนของกีฬาฟุตบอล

2. ประกาศรับสมัครกลุ่มตัวอย่างที่มีความสนใจและสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง อายุ 16-18 ปี จำนวน 12 คน ตามเกณฑ์การคัดเลือกที่วางไว้

3. คณะผู้วิจัยทำการชี้แจงรายละเอียด วิธีการปฏิบัติ รวมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับ

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล และอธิบายรายละเอียดการวิจัย การให้คำแนะนำวิธีการปฏิบัติรูปแบบ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 รูปแบบ ข้อห้ามข้อระวัง ข้อควรปฏิบัติ และอันตรายที่เกิดขึ้น ในการเก็บข้อมูลให้เข้าใจตรงกัน

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย รูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ

รูปแบบที่ 1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 10 นาที (DS10)

รูปแบบที่ 2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 15 นาที (DS15)

รูปแบบที่ 3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 20 นาที (DS20)

โดยการทดลองจะแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 12 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน โดยทุกคนจะได้ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการ วิ่ง 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ มีการเคลื่อนที่ทั้ง 3 รูปแบบ (รูปแบบละ 4 คน ในวันที่มีการทดลอง) เพื่อลดความแปรปรวน ระหว่างบุคคล ของแต่ละสัปดาห์ที่มีการทดลองตามวิธีการทดลองหมุนเวียนสมดุล และพักก่อน การทดสอบ SEMO-test 1 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นการทดลอง

การทดสอบ SEMO-test เป็นแบบทดสอบการเคลื่อนไหวหลายทิศทางได้แก่ การวิ่งด้านข้างซ้ายขวา การวิ่งทิศทางแยง การวิ่งทางตรงให้เร็วที่สุดซึ่งมีความสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ในกีฬาฟุตบอล โดยจะตั้งกรวย 4 อัน ระยะ 12x19 ฟุต ทำการทดสอบ 2 ครั้ง และบันทึกค่าที่ดีที่สุด มีหน่วยเป็น วินาที (การทดสอบสมรรถภาพทางกายภาคสนาม กีฬา ฟุตบอล-ฟุตซอล วอลเลย์บอล แบดมินตัน, 2560)

5. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของอายุ น้ำหนักและส่วนสูง

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่าง ของตัวแปรความคล่องแคล่วว่องไวใน ระยะเวลาที่แตกต่างกัน หลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้สถิติ Repeated Measures ANOVA หากพบความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีบอนเฟอร์รอนี

3. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 รูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ

จำนวนท่าการยืด เหยียดกล้ามเนื้อ แบบมีการเคลื่อนที่	คำอธิบาย	10 นาที่	15 นาที่	20 นาที่
1. Low knee	ยกมูเข้าขึ้นไม่เกิน 30 องศา ยกสะโพกขึ้น แล้วก้าว ไปข้างหน้า สลับขาไปเรื่อย ๆ อย่างรวดเร็ว	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
2. High knees	ขาทั้งสองข้างขนานกับสะโพก ยกเข้าข้างใดข้างหนึ่ง ขึ้นมาจนถึงระดับอกและสลับหัวเข่าอีกข้างขึ้นมา ทำซ้ำสลับไปมาโดยให้ยกเข้าสูงระดับสะโพก	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
3. Straight Leg Bound	ยืดขาให้ตรง ไม่งอเข่า และเตะขาไปข้างหน้า โดยให้ เท้าช่วงเนินปลายเท้า เป็นส่วนที่รับน้ำหนักและใช้สัน เท้าช่วยในการติดขาขึ้น	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
4. Carioca	วิ่งเคลื่อนที่ไปด้านข้างไขว้ขาขวาไปด้านหลังขาซ้าย ก้าวขาซ้ายไปด้านซ้ายยกเข่าขวาไขว้ไปด้านหน้าขา ซ้ายพร้อมบิดลำตัว ก้าวขาซ้ายไปด้านซ้าย	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
5. Close the gats	ยืนตรง สไลด์เฉียงไปด้านขวา ยกขาซ้ายขึ้นเข้าอยู่ใน ระดับสะโพก หมุนเข่าออกด้านนอก ขาซ้ายวางลงขวา ขาชิด สไลด์เฉียงไปด้านซ้าย ยกขาขวาเข้าอยู่ในระดับ สะโพก หมุนเข่าออกด้านนอก สลับขาไปเรื่อย ๆ	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
6. Open the gats	ยืนตรง สไลด์เฉียงไปด้านขวา ยกขาซ้ายขึ้นเข้าอยู่ใน ระดับสะโพก หมุนเข่าเข้าด้านใน ขาซ้ายวางลงขวา ขาชิด สไลด์เฉียงไปด้านซ้าย ยกขาขวาเข้าอยู่ในระดับ สะโพก หมุนเข่าเข้าด้านใน สลับขาไปเรื่อย ๆ	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
7. Kick out sideway	ยืนตรง สไลด์ไปด้านหน้าทางซ้าย ออกด้านข้างขวา เหยียดตรงอยู่ในระดับสะโพก สไลด์ไปด้านหน้าทางขวา ขวาก่อด้านข้างขวาเหยียดตรงอยู่ในระดับสะโพก สลับขาไปเรื่อย ๆ	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
8. Kick out Diagonally	ยืนตรง ก้าวเป็นสลับไปด้านหน้า ยกเข่าด้านขวาข้าง เท้าด้านในขึ้น ก้าวเป็นสลับยกเข่าด้านซ้ายข้างเท้าด้าน ในขึ้นทำสลับซ้ายขวาไปเรื่อย ๆ	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
9. kick out straight	ยืนตรงในท่าเตรียมพร้อม ก่อนเตะขาขวาไปด้านหน้า เหยียดเข้าให้ตรง ก้าวเป็นสลับไปด้านหน้า ทำซ้ำ สลับกันไปมาทั้งขาซ้ายและขาขวา	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที
10. Kick out behind	ยืนตรง ก้าวเป็นสลับไปด้านหน้า ยกเข่าขวาไป ด้านหลังอยู่ในระดับสะโพก สลับซ้ายขวาไปเรื่อย ๆ	2 x 30 วินาที	3 x 30 วินาที	4 x 30 วินาที

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) พบว่ากลุ่มตัวอย่างมี อายุเฉลี่ย 16.58 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 55.17 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ย 169.50 เซนติเมตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มตัวอย่าง (n = 12)	
	$\bar{X}$	S.D.
อายุ (ปี)	16.58	.52
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	55.17	4.57
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	169.50	6.48

2. จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไวในระยะเวลาที่แตกต่างกัน หลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้สถิติ Repeated Measures ANOVA พบว่าระยะเวลาการยืดเหยียดทั้ง 3 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ต่อความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้สถิติ Repeated Measures ANOVA

ตัวแปร	รูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่			F	P - value
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3		
	(10 นาที)	(15 นาที)	(20 นาที)		
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	11.34 ± 1.28	11.49 ± .49	13.49 ± 1.29	21.01	.00*

*p < .05

3. ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบรายคู่

พบว่า รูปแบบที่ 1 (J5+DS10) กับรูปแบบที่ 3 (5+DS20) และรูปแบบที่ 2 (5+DS15) กับรูปแบบที่ 3 (5+DS20) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่างของ รูปแบบที่ 1 (J5+DS10) กับ รูปแบบที่ 2 (5+DS15) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni)

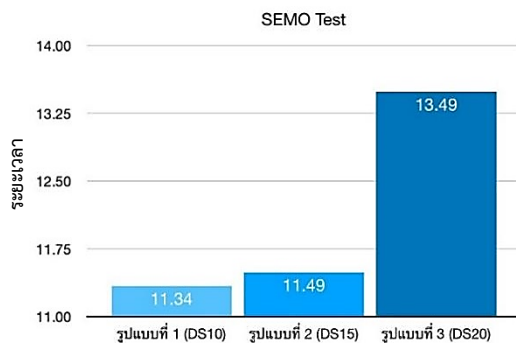
รูปแบบการยืดเหยียด กล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่	รูปแบบที่ 1 (10 นาที)	รูปแบบที่ 2 (15 นาที)	รูปแบบที่ 3 (20 นาที)
รูปแบบที่ 1 (10 นาที)	-	1.00	.00*
รูปแบบที่ 2 (15 นาที)	1.00	-	.00*
รูปแบบที่ 3 (20 นาที)	.00*	.00*	-

*p < .05

สมรรถภาพทางกายของนักกีฬามักจะมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้านโดยเฉพาะโปรแกรมการฝึกซ้อมที่ทำก่อนช่วงการแข่งขัน ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาโปรแกรมการออกกำลังกายในรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาให้ได้มากที่สุด นอกจากสมรรถภาพทางกายที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถของนักกีฬาแล้ว ยังพบว่า การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เหมาะสม ยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาให้ดีขึ้นในช่วงแข่งขันได้ (Fradkin & Smoliga, 2010) การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกายหรือการแข่งขัน จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเอ็นและกล้ามเนื้อ ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดไปยังส่วนปลายของร่างกาย ช่วยเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อให้สูงขึ้น และช่วยส่งเสริมการเคลื่อนไหวของร่างกายในการทำงานสัมพันธ์กันระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Herbert & Gabriel, 2002) โดยเฉพาะการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ (Dynamic Stretching) มีการศึกษาพบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ก่อนการออกกำลังกายหรือการแข่งขันจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันของนักกีฬามากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Static Stretching) ในด้านการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว ปฏิภาณตอบสนองและเวลาในการเคลื่อนที่ (Chatzopoulos et al., 2014)

จากผลการวิจัยที่ได้ทำการศึกษาถึงผลฉับพลันของระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งเป็นสมรรถ

ภาพที่สำคัญอย่างยิ่งต่อเกมการแข่งขันในนักกีฬาฟุตบอล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อความคล่องแคล่วว่องไวแตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ ที่มีระยะเวลาแตกต่างกัน คือ รูปแบบที่ 1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 10 นาที (DS10) รูปแบบที่ 2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 15 นาที (DS15) และรูปแบบที่ 3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 20 นาที (DS20) ส่งผลต่อความคล่องแคล่วว่องไว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เอเคนและคณะ (Eken et al., 2022) ที่ได้ทำการศึกษถึงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ ในระยะเวลาที่แตกต่างกันในนักกีฬาฟุตบอล โดยทำการศึกษาระยะเวลาการยืดเหยียดแบบมีการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบในระยะเวลาที่ต่างกัน โดยเริ่มจากการยืดเหยียด 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที มีประสิทธิภาพทำให้เพิ่มสมรรถภาพด้านความคล่องแคล่วว่องไวดีที่สุด เป็นในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้ คือระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่รูปแบบที่ 1 (DS10) และรูปแบบที่ 2 (DS15) มีประสิทธิภาพต่อความคล่องแคล่วว่องไวดีที่สุด (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงความแตกต่างของระยะเวลาของการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยแบบทดสอบ SEMO Test หลังการทดลองแต่ละรูปแบบ

ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากกลไกทางสรีรวิทยาได้ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่เป็นการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular activation) อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) และการประสาน

งานของกล้ามเนื้อดีขึ้น ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ความเร็วและความแม่นยำ (Behm & Chaouachi, 2011) นอกจากนี้การเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องยังส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกล้ามเนื้อ (Muscle temperature) ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการหดตัวของกล้ามเนื้อ ลดความต้านทานภายในของกล้ามเนื้อ และเพิ่มความยืดหยุ่นของเอ็นและข้อต่อ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวดีขึ้น (Bishop, 2003) ในส่วนของความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่ (Change of Direction: COD) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาฟุตบอล เป็นการเพิ่มขึ้นของการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อร่วมกับอุณหภูมิของกล้ามเนื้อที่สูงขึ้น ช่วยให้ร่างกายสามารถควบคุมการชะลอความเร็ว (Deceleration) และการเร่งความเร็ว (Acceleration) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (Young & Behm, 2002) ดังนั้นหากเป้าหมายของการอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการฝึกซ้อมหรือก่อนการแข่งขัน คือการเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพด้านความคล่องแคล่วว่องไว การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่ระยะเวลา 10-15 นาที จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเวลาและรูปแบบอื่น ซึ่งระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะส่งผลดีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและในการทำกิจกรรมมากที่สุด

ดังนั้นจากผลการศึกษาค้างนี้จึงสรุปได้ว่า ระยะเวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ รูปแบบที่ 1 (DS10) และรูปแบบที่ 2 (DS15) มีประสิทธิภาพทำให้สมรรถภาพทางกายด้านความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีที่สุด จึงสรุปได้ว่ารูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 ที่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นระยะเวลา 10-15 นาที เป็นเวลาที่ใช้ในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ส่งผลให้กล้ามเนื้อพร้อมต่อการทำงานและมีประสิทธิภาพด้านความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอลมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้พบว่าระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬาฟุตบอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการยืดเหยียดเป็นเวลา 10 นาที (DS10) และ 15 นาที (DS15) ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ 20 นาที (DS20) อย่างชัดเจน ทั้งสองรูปแบบช่วยเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อ กระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ และทำให้ร่างกายพร้อมต่อการเคลื่อนไหวโดยไม่เกิดความล้าเกินจำเป็น ผลวิจัยสอดคล้องกับงานศึกษาก่อนหน้าในชนิดกีฬาอื่นที่พบว่าการยืดเหยียดช่วง

10-15 นาที เหมาะสมที่สุด จึงสรุปได้ว่าผลการศึกษานี้สนับสนุนว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวที่ 10-15 นาทีอาจเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตบอลวัยรุ่นชาย ก่อนการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือทางสถิติและการอ้างอิงผลไปยังประชากรในวงกว้าง นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างยังจำกัดเฉพาะนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย อายุ 16-18 ปี ทำให้ไม่สามารถสรุปผลไปยังเพศหญิงหรือช่วงอายุอื่นได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากความแตกต่างด้านสรีรวิทยาและสมรรถภาพทางกาย ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มจำนวนและความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสามารถในการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในบริบทที่กว้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาฟุตบอลของโรงเรียนเทศบาล 7 รถไฟสองแควที่ ได้ให้ความอนุเคราะห์และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ความช่วยเหลือและความร่วมมือดังกล่าวมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการศึกษาวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพลศึกษา. (2560). *การทดสอบสมรรถภาพทางกายภาคสนามกีฬามือบอล-ฟุตบอล-ฟุตบอลวอลเลย์บอล แบดมินตัน*. กรุงเทพฯ: บริษัท กู๊ดอีฟนิ่ง ดิงค์ จำกัด.
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2633-2651.
- Bishop, D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports medicine*, 33(7), 483-498.
- Chatzopoulos, D., Galazoulas, C., Patikas, D., & Kotzamanidis, C. (2014). Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 403.

- Eken, O., & Bayer, R. (2022). The effect of different dynamic stretching exercise durations on different agility performances in judokas. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, 16(02), 487-487.
- Fradkin, A. J., & Smoliga, J. M. (2010). Which Warm-up Components Are Essential For Performance Improvement?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 9.
- Gil, M. H., Neiva, H. P., Sousa, A. C., Marques, M. C., & Marinho, D. A. (2019). Current approaches on warming up for sports performance: A critical review. *Strength & Conditioning Journal*, 41(4), 70-79.
- Herbert, R. D., & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Bmj*, 325(7362), 468.
- Makaje, N., Ruangthai, R., Arkarapanthu, A., & Yoopat, P. (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 52(4), 366-374.
- Young, W. B., & Behm, D. G. (2002). Should static stretching be used during a warm-up for strength and power activities?. *Strength & Conditioning Journal*, 24(6), 33-37.

การเปรียบเทียบการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ

โดยตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX

A COMPARISON OF FORECASTING THE THAI BAHT-US DOLLAR EXCHANGE
RATE USING ARIMA AND ARIMAX MODELS

นิทัศนี เจริญงาม*, ยาดภา โชติติลล และ วิทมา ธรรมเจริญ

Nitasanee Chalernngam*, Yadapa Chotedelok and Wittama Thumcharoen

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Department of Statistics, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

Received: 15 November 2025

Revised: 23 March 2026

Accepted: 24 March 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 รวมทั้งสิ้น 120 เดือน และได้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ และชุดที่ 2 สำหรับประเมินความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบ คือ ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เพื่อหาตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ผลจากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด คือ ตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดยมีราคาน้ำมันดิบโลก (OP) เป็นตัวแปรภายนอก

คำสำคัญ: การพยากรณ์, อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาท, ตัวแบบ ARIMA, ตัวแบบ ARIMAX

* Corresponding author: นิทัศนี เจริญงาม

E-mail: nitasanee.c@rbru.ac.th

Abstract

This research aims to compare the accuracy of forecast the Thai baht vs US Dollar from the ARIMA and ARIMAX models. This study uses monthly time series data from 1 January 2015 to 31 December 2024 and data was divided into two sets. The first set is used for creating the forecasting models and the second is used for checking the accuracy of the previous step. The models are measured for accuracy using Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Square Error (MSE), Mean Absolute percent Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE) to identify the model has residual error the lowest value. The results of the study found that the model with the highest accuracy was the ARIMAX (1, 1, 1) with Global Crude Oil Price (OP) as an exogenous regressor provides.

Keywords: Forecasting, Exchange rate Thai Baht, ARIMA model, ARIMAX model

บทนำ

อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ การค้า การลงทุน ต้นทุนการนำเข้า-ส่งออกสินค้า การท่องเที่ยว รวมถึงเสถียรภาพทางการเงินของประเทศ โดยเฉพาะอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นสกุลเงินหลักในระบบเศรษฐกิจโลก จึงมีความสำคัญต่อผู้ประกอบการ นักลงทุน ภาครัฐ เป็นต้น (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2568) ในช่วงปีที่ผ่านมา เศรษฐกิจโลกมีความผันผวนสูงจากภาวะเงินเฟ้อ การปรับขึ้นอัตราดอกเบี้ยของสหรัฐฯ ราคาน้ำมันที่ผันผวน ตลอดจนความไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศ อัตราดอกเบี้ยนโยบาย ความเชื่อมั่นนักลงทุน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ค่าเงินบาทมีความผันผวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และทำให้อัตราแลกเปลี่ยนยากต่อการคาดการณ์มากขึ้น (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2567)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยน พบว่างานวิจัยของ Jammazi & Aloui (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันและอัตราแลกเปลี่ยนของหลายประเทศ โดยใช้แบบจำลอง Markov-Switching พบว่าการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันส่งผลต่อค่าเงินภายใต้หลายภาวะเศรษฐกิจ และดัชนีค่าเงินดอลลาร์สหรัฐเป็นตัวแปรสำคัญที่สัมพันธ์ต่อความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยน งานวิจัยของ Abonazel & Abd-

Elftah (2019) พบว่าการนำตัวแปรภายนอก เช่น ราคาน้ำมัน อัตราดอกเบี้ย และทุนสำรองระหว่างประเทศ เข้าสู่ตัวแบบ ARIMAX ช่วยให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) ต่ำกว่าตัวแบบ ARIMA อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการรวมตัวแปรภายนอกช่วยเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยน และงานวิจัยของ Chen & Chen (2007) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันกับอัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระยะยาวกับข้อมูลของประเทศกลุ่ม G7 ผลการศึกษาพบว่าราคาน้ำมันเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนในระยะยาว ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าปัจจัยด้านราคาสินค้าโภคภัณฑ์ โดยเฉพาะราคาน้ำมัน มีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนไหวของอัตราแลกเปลี่ยน

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยมีความสนใจเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX ในการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ โดยใช้ตัวแปรภายนอกที่สะท้อนถึงสภาพเศรษฐกิจโลกและเศรษฐกิจของไทย เช่น ราคาน้ำมันดิบโลก อัตราดอกเบี้ยนโยบาย ดัชนีค่าเงินดอลลาร์สหรัฐ และทุนสำรองระหว่างประเทศของไทย เป็นต้น โดยหวังว่าผลที่ได้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลต่อการวางแผนนโยบายเศรษฐกิจของภาครัฐ การกำหนดกลยุทธ์ด้านการลงทุน และการบริหารความเสี่ยงของภาคธุรกิจไทย เป็นต้น

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากธนาคารแห่งประเทศไทย และตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) ที่จะนำมาใช้ทำการวิจัยครั้งนี้ได้จากการงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข่าวสารต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งรวบรวมข้อมูลย้อนหลังเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 รวมทั้งหมดเป็น 120 เดือน

ตารางที่ 1 ตัวแปรภายนอกที่นำมาใช้

ตัวแปร	แหล่งที่มา
อัตราดอกเบี้ยนโยบายของไทย	ธนาคารแห่งประเทศไทย
ดุลบัญชีเดินสะพัดของไทย	ธนาคารแห่งประเทศไทย
ทุนสำรองระหว่างประเทศของไทย	ธนาคารแห่งประเทศไทย
ดัชนีค่าเงินดอลลาร์สหรัฐฯ	FEDERAL RESERVE BANK of ST. LOUIS
ส่วนต่างอัตราดอกเบี้ยไทย-สหรัฐฯ	ธนาคารแห่งประเทศไทย และ FEDERAL RESERVE BANK of ST. LOUIS
ราคาน้ำมันดิบโลก	Investing.com

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นข้อมูลที่ใช้สร้างตัวแบบ (Training Data) ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 และส่วนที่สองจะเป็นข้อมูลที่ใช้ประเมินความแม่นยำของตัวแบบ (Testing Data) ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 การสร้างตัวแบบ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลาแบบ Box-Jenkins ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับการนิยมในการอธิบายอนุกรมเวลา จะกำหนดตัวแบบอยู่ในกลุ่มของตัวแบบ ARIMA (p, d, q) ที่มีการหาผลต่าง (Differencing) อันดับ d เพื่อแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความไม่คงที่ (Nonstationary time series) ให้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความคงที่ (Stationary time series) (กรินทร์ กาญจนานนท์, 2567) โดยมีสมการตัวแบบ ดังนี้

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าสังเกตของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t

B คือ backshift operator โดยที่ $B^p y_t = y_{t-p}$ และ $B^q \varepsilon_t = \varepsilon_{t-q}$

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t , $\varepsilon_t \sim IN(0, \sigma^2)$

ϕ_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ AR(p) ตัวที่ i , $i = 1, 2, \dots, p$

θ_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ MA(q) ตัวที่ $i, i = 1, 2, \dots, q$

AR(p) คือ ตัวแบบถดถอยในตนเอง (Autoregressive Model) อันดับที่ p ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัจจุบันกับข้อมูลในอดีตจำนวน p ช่วงเวลา

MA(q) คือ ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Model) อันดับที่ q ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลกับค่าความคลาดเคลื่อนในอดีตจำนวน q ช่วงเวลา

p คือ อันดับที่ p ของตัวแบบ AR(p)

q คือ อันดับที่ q ของตัวแบบ MA(q)

d คือ อันดับที่ d ของการหาผลต่าง

สามารถเขียนรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1) ทำการทดสอบความคงที่ (Stationary) ของข้อมูลอนุกรมเวลา โดยข้อมูลจะต้องมีความแปรปรวนคงที่ ด้วยการทดสอบ Augmented Dickey-Fuller (ADF) หากการทดสอบพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ จะต้องทำการหาผลต่างให้กับข้อมูล โดยมีสมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่

2) เมื่อข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ จึงนำข้อมูลไปสร้างตัวแบบ ARIMA (p, d, q) โดยใช้คำสั่ง auto_arima จากโปรแกรม python ซึ่งจะทำให้การค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ p และ q โดยอัตโนมัติ ภายใต้ค่าของ d ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยพิจารณาจากค่า Akaike Information Criterion (AIC) ที่น้อยที่สุด

3) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking) เมื่อสร้างตัวแบบ ARIMA ขึ้นมา จะต้องตรวจสอบว่าตัวแบบที่ได้นั้นมีความถูกต้อง และความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อน ได้แก่

3.1) การทดสอบคุณสมบัติการรบกวนขาว (White Noise Test) จากการทดสอบ Ljung-Box (Box et al., 2016) โดยมีสูตร ดังนี้

$$Q_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{\rho_k^2}{n-k}$$

โดยที่ Q_m คือ ค่าสถิติทดสอบ Ljung-Box ซึ่งมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-square Distribution) ที่ระดับองศาเสรีเท่ากับ m
 ρ_k คือ ค่าสหสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อนที่ lag ที่ k
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด
 m คือ จำนวน lag ที่ใช้ในการทดสอบ

โดยมีสมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีคุณสมบัติการรบกวนขาว

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีคุณสมบัติการรบกวนขาว

3.2) การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน (Normality of Standardized Residual) จากการทดสอบ Jarque-Bera โดยมีสมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

3.3) การทดสอบความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อน (Independence of Residuals) จากการพิจารณารูปค่าสหสัมพันธ์ (ACF) โดยค่าคลาดเคลื่อนควรอยู่ภายในช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด หากค่าคลาดเคลื่อนอยู่ภายในขอบเขตดังกล่าว แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงเวลา และมีความเป็นอิสระ

4) ได้ตัวแบบ ARIMA (p, d, q) ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ที่เหมาะสม นำมาหาค่าพยากรณ์

5) เปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ในแต่ละตัวแบบที่ได้ ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน MAD, MSE, MAPE และ RMSE

5.1) ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation : MAD)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

5.2) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

5.3) ค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error : MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100}{n}$$

5.4) ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}}$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าสังเกตของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลา t

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2 การสร้างตัวแบบ Autoregressive Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX)

ตัวแบบ ARIMAX (p, d, q) เป็นตัวแบบที่มีการเพิ่มตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) เข้ามาทดสอบในตัวแบบ ARIMA (p, d, q) (Box et al., 2016) โดยมีสมการตัวแบบ ดังนี้

$$\phi(B)(1-B)^d Y_t = \sum_{k=1}^m \delta_k(B) X_{k,t} + \theta(B)\varepsilon_t$$

หรือ

$$\begin{aligned} (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1-B)^d Y_t &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)\varepsilon_t \\ &+ \sum_{k=1}^m (\delta_k + \delta_{k1} B + \dots + \delta_{k,r_k} B^{r_k}) X_{k,t} \end{aligned}$$

โดยที่ $X_{k,t}$ คือ ตัวแปรภายนอกตัวที่ k ณ เวลา t

δ_{k,r_k} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอกตัวที่ k ใน lag ที่ r_k

สามารถเขียนรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1) ทำการทดสอบความคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลา โดยใช้การทดสอบ ADF
 2) ทำการคัดเลือกตัวแปรภายนอก โดยตัวแปรภายนอกต้องมีคุณสมบัติเป็นอนุกรมเวลาที่มีความคงที่ ซึ่งได้จากการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการหาผลต่างในระดับเดียวกับตัวแปรตาม กล่าวคือ หากตัวแปรตามมีความคงที่หลังการหาผลต่างอันดับที่ 1 (1st Difference) ตัวแปรภายนอกก็ควรมีความคงที่ที่ระดับการหาผลต่างเดียวกัน

3) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายนอกกับตัวแปรตาม โดยใช้การทดสอบ Granger Causality เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรภายนอกส่งผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ โดยมีสมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : ตัวแปรภายนอกไม่ส่งผลต่อตัวแปรตาม

H_1 : ตัวแปรภายนอกส่งผลต่อตัวแปรตาม

4) ทำการสร้างแบบการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Gujarati & Porter, 2009) มีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \dots + \beta_k x_{k,t} + \varepsilon_t$$

โดยที่ Y_t คือ ตัวแปรตาม ณ เวลา t

$X_{k,t}$ คือ ตัวแปรภายนอกตัวที่ k ณ เวลา t

β_0 คือ ค่าคงที่

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอก

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

และทำการตรวจสอบการเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ (multicollinearity) ถ้าตัวแปรภายนอกตัวใดมีค่า Variance Inflation Factor (VIF) มากกว่า 10 จะนำออกจากตัวแบบ

5) ทำสร้างตัวแบบ ARIMAX (p, d, q) โดยพิจารณาจากค่า AIC ที่น้อยที่สุด

6) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking) เมื่อสร้างตัวแบบ ARIMAX ขึ้นมา จะต้องตรวจสอบว่าตัวแบบที่ได้นั้นมีความถูกต้อง และความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อน ได้แก่ การทดสอบคุณสมบัติการรบกวนขาว การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน และการทดสอบความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อน

7) ได้ตัวแบบ ARIMAX (p, d, q) ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ที่เหมาะสมนำมาหาค่าพยากรณ์

8) เปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ในแต่ละตัวแบบที่ได้ ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน MAD, MSE, MAPE และ RMSE

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ได้ผลการศึกษาดังนี้

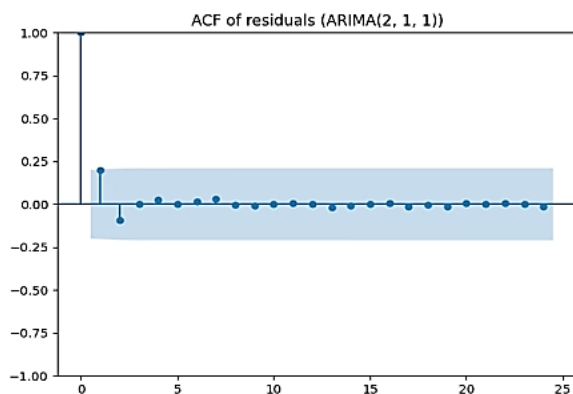
1. ผลการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากตัวแบบ ARIMA

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทดสอบกระบวนการคงที่ของข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ และตัวแปรภายนอก

ตัวแปร	p-value จากการทดสอบ ADF	
	ข้อมูลเดิม	หลังการหาผลต่าง อันดับที่ 1
อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ (ER)	0.2737	0.0000
อัตราดอกเบี้ยนโยบายของไทย (PR)	0.1375	0.0026
ดุลบัญชีเดินสะพัดของไทย (CA)	0.5630	0.0000
ทุนสำรองระหว่างประเทศของไทย (RES)	0.4094	0.0000
ดัชนีค่าเงินดอลลาร์สหรัฐ (USDIDX)	0.5402	0.0000
ส่วนต่างอัตราดอกเบี้ยไทย-สหรัฐ (IRD)	0.2916	0.0002
ราคาน้ำมันดิบโลก (OP)	0.2222	0.0000

จากตารางที่ 2 พบว่าข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความไม่คงที่ (p-value = 0.2737) จึงทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการหาผลต่างอันดับที่ 1 (1st Difference) เพื่อให้ข้อมูลมีความคงที่ ซึ่งผลการทดสอบหลังการหาผลต่างอันดับที่ 1 พบว่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.0000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความคงที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเหมาะสมสำหรับการนำไปสร้างตัวแบบ ARIMA โดยพิจารณาเลือกตัวแบบที่มีค่า AIC น้อยที่สุด คือตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1)

ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) พบว่า การทดสอบคุณสมบัติการรบกวนขาว ด้วยการทดสอบ Ljung-Box มี p-value เท่ากับ 0.9589 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีคุณสมบัติการรบกวนขาว แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ด้วยการทดสอบ Jarque-Bera มี p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ ถึงแม้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติก็ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความเหมาะสมของแบบตัวแบบ ARIMA เนื่องจากในการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ จะให้ความสำคัญกับการทดสอบคุณสมบัติการรบกวนขาวมากกว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Box et al., 1976) และเมื่อจำนวนข้อมูลมีขนาดใหญ่เพียงพอ ตามทฤษฎีขีดจำกัดกลาง (Central Limit Theorem) ทำให้ผลการประมาณค่าไม่ผิดเพี้ยน แม้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติก็ตาม และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 พบว่า ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงเวลา (lag) อยู่ภายในช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงเวลา จึงมีความเป็นอิสระ ดังนั้น ตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) จึงมีความเหมาะสม

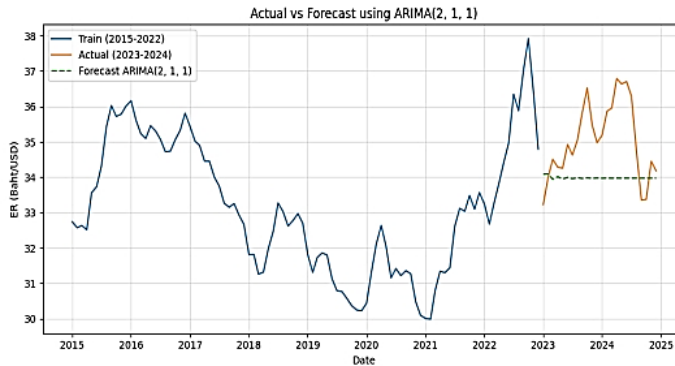


รูปที่ 1 การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อนด้วยกราฟ ACF
ของตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1)

หลังจากทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบแล้ว จะนำตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) มาพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ โดยมีรูปแบบของสมการ คือ

$$\hat{Y}_t = 0.5129Y_{t-1} + 0.6968Y_{t-2} - 0.2097Y_{t-3} + 0.9347e_{t-1}$$

โดยที่ $e_{t-1} = Y_{t-1} - \hat{Y}_{t-1}$



รูปที่ 2 ผลการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ของตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) เปรียบเทียบกับข้อมูลชุดทดสอบ

จากรูปที่ 2 แสดงผลการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ของตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดทดสอบ พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ข้อมูลเมื่อวัดด้วยค่า MAD, MSE, MAPE (%) และ RMSE เท่ากับ 1.2487, 2.3077, 3.50% และ 1.5191 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากกราฟการพยากรณ์พบว่าเส้นค่าพยากรณ์ไม่สามารถสะท้อนแนวโน้มของข้อมูลจริงได้อย่างชัดเจน โดยมีลักษณะค่อนข้างเรียบเมื่อเทียบกับข้อมูลจริงที่มีความผันผวน แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) อาจยังไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมของข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

2. ผลการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากตัวแบบ ARIMAX

จากตารางที่ 2 พบว่าตัวแปรภายนอกทุกตัวเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความไม่คงที่ จึงทำการหาผลต่างอันดับที่ 1 เพื่อให้เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของผลต่างอันดับที่ 1 เช่นเดียวกันกับตัวแปรตาม ผลการทดสอบหลังการหาผลต่างอันดับที่ 1 พบว่า p-value น้อยกว่า 0.05 ทุกตัวจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรภายนอกมีความคงที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำการคัดเลือกตัวแปรภายนอก โดยทำการทดสอบ Granger Causality เพื่อคัดเลือกตัวแปรภายนอกที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกได้แก่ ราคาน้ำมันดิบโลก (OP) มี p-value เท่ากับ 0.0142 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าราคาน้ำมันดิบโลกสามารถใช้ในการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐได้ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าราคาน้ำมันดิบโลกและอัตราแลกเปลี่ยนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.3764

ผลการสร้างตัวแบบสมการถดถอย โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยใช้วิธีการถดถอยทีละขั้น (Stepwise Regression) พบว่ามีเพียง 4 ตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกเข้าสมการการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น ได้แก่ อัตราดอกเบี้ยนโยบายของไทย (PR) ราคาน้ำมันดิบโลก (OP) ดัชนีค่าเงินดอลลาร์สหรัฐ (USDIDX) และทุนสำรองระหว่างประเทศของไทย (RES) ทำให้ได้ตัวแบบการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น ดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 PR_t + \beta_2 OP_t + \beta_3 USDIDX_t + \beta_4 RES_t + \varepsilon_t$$

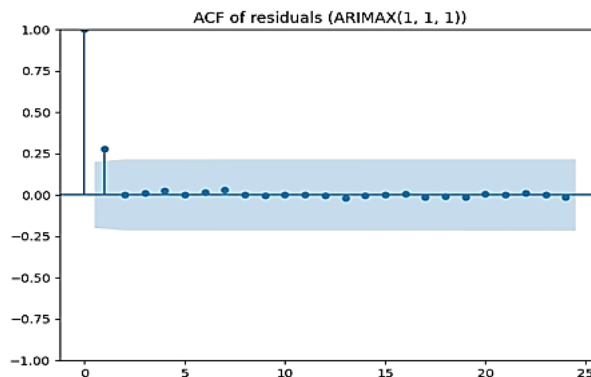
และมีสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 31.5570 - 2.3149PR_t + 0.0250OP_t + 0.1713USDIDX_t - 0.00008RES_t$$

จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรภายนอก พบว่า p-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ทุกตัว จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรภายนอกทุกตัวมีค่าแตกต่างจากศูนย์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นตัวแปรทั้ง 4 ตัว มีผลต่ออัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐในรูปแบบเชิงเส้น จากการตรวจสอบการเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ พบว่า ตัวแปรภายนอกทั้ง 4 ตัว มีค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.28-1.80 ซึ่งน้อยกว่า 10 แสดงว่าไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ

จากการนำตัวแปรภายนอกทั้ง 4 ตัว คือ อัตราดอกเบี้ยนโยบายของไทย (PR) ราคาน้ำมันดิบโลก (OP) ดัชนีค่าเงินดอลลาร์สหรัฐ (USDIDX) และทุนสำรองระหว่างประเทศของไทย (RES) มาทำการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรราคาน้ำมันดิบโลก (OP) เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการทดสอบ Granger Causality (p-value = 0.0142) และเมื่อนำมาสร้างตัวแบบ ARIMAX ร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ พบว่าตัวแบบที่มีค่า AIC ต่ำที่สุด คือ ARIMAX (1, 1, 1) โดยมีราคาน้ำมันดิบโลก (OP) เป็นตัวแปรภายนอก จึงเลือกตัวแปรดังกล่าวเข้าสู่ตัวแบบ

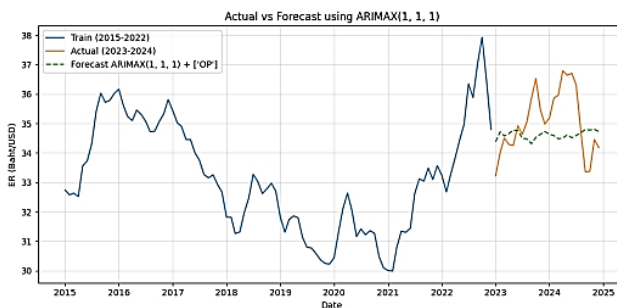
ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก พบว่า การทดสอบคุณสมบัติการรบกวนขาว (White Noise Test) ด้วยการทดสอบ Ljung-Box มี p-value เท่ากับ 0.7891 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีคุณสมบัติการรบกวนขาว และค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วย Jarque-Bera มี p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ อย่างไรก็ตาม ลักษณะดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อความเหมาะสมของตัวแบบ ARIMAX ด้วยเหตุผลเดียวกันกับที่ได้อธิบายไว้ในส่วนของตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3 พบว่า ACF ของค่าคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่อยู่ภายในช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด แม้ว่าที่ lag 1 จะมีค่าเกินขอบเขตเล็กน้อย แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์อย่างชัดเจนในช่วงอื่น ๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงเวลา และมีความเป็นอิสระ ดังนั้น ตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดยมีราคาน้ำมันดิบโลก (OP) เป็นตัวแปรภายนอก จึงมีความเหมาะสม



รูปที่ 3 การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อนด้วยกราฟ ACF
ของตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1)

หลังจากทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบแล้ว จะนำตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก มาพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ โดยมีรูปแบบของสมการ คือ

$$\hat{Y}_t = 0.3676Y_{t-1} + 0.6324Y_{t-2} - 0.0213OP_t + e_{t-1}$$



รูปที่ 4 ผลการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ของตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก เปรียบเทียบกับข้อมูลชุดทดสอบ

จากรูปที่ 4 แสดงผลการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ของตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดยมีราคาน้ำมันดิบโลก (OP) เป็นตัวแปรภายนอก เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดทดสอบ พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ข้อมูลเมื่อวัดด้วยค่า MAD, MSE, MAPE (%) และ RMSE เท่ากับ 0.9845, 1.4730, 2.78% และ 1.2137 ตามลำดับ โดยการพยากรณ์ครั้งนี้ได้ใช้ค่าจริงของตัวแปร OP ในช่วงข้อมูลทดสอบ เนื่องจากตัวแบบ ARIMAX จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของตัวแปรภายนอกในการพยากรณ์

3. เปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX โดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนผ่านข้อมูลชุดทดสอบ พบว่า ตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) โดยตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) ให้ค่า MAPE เท่ากับ 3.50% ในขณะที่ตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก ให้ค่า MAPE เพียง 2.78% แสดงว่า ตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอกที่มีความแม่นยำสูงกว่าในการพยากรณ์ข้อมูลชุดทดสอบ นอกจากนี้ค่าความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ ได้แก่ MAD, MSE และ RMSE ของตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก ต่างมีค่าน้อยกว่า ตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) จากผลการศึกษาข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า ตัวแบบ ARIMAX ซึ่งเป็นตัวแบบที่นำเอาปัจจัยภายนอกที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามเข้าไปในแบบ ซึ่งสามารถเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ได้ดีกว่าตัวแบบ ARIMA ที่ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาเพียงแค่ตัวแปรเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์ณัฐ ณ บางช้าง (2567) ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภคจากตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ

ARIMAX พบว่า ผลจากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ตัวแบบ ARIMAX (2, 1, (1, 11)) เช่นเดียวกับงานของ ณัฏฐ์สุภานัน สุพัทธนะ (2562) ทำการศึกษาการพยากรณ์ดัชนีราคาเหล็กของประเทศไทยโดยตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ ARIMAX พบว่า แบบจำลอง ARIMAX ที่มีตัวแปรราคาน้ำมันดิบโลก และราคาสินแร่เหล็ก เป็นตัวแปรภายนอกในการพยากรณ์ สามารถพยากรณ์ดัชนีราคาเหล็กมีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง ARIMA เมื่อพิจารณาจากค่า MAPE และ RMSE ที่มีค่าต่ำกว่า

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ จากตัวแบบ ARIMA และ ตัวแบบ ARIMAX โดยผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์สามารถอธิบายได้โดยการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เพื่อหาตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด พบว่า ตัวแบบ ARIMA (2, 1, 1) มีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ดังนี้ MAD, MSE, MAPE (%) และ RMSE เท่ากับ 1.2487, 2.3077, 3.50% และ 1.5191 ตามลำดับ และตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดย OP เป็นตัวแปรภายนอก มีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ดังนี้ MAD, MSE, MAPE (%) และ RMSE เท่ากับ 0.9845, 1.4730, 2.78% และ 1.2137 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ ตัวแบบ ARIMAX (1, 1, 1) โดยมีราคาน้ำมันดิบโลก (OP) เป็นตัวแปรภายนอก เป็นตัวแบบที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบ 2 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ ARIMA และ ตัวแบบ ARIMAX ในการพยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ยังมีตัวแบบอื่นที่น่าสนใจ ที่สามารถนำมาศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ เช่น ตัวแบบ SARIMA (Seasonal ARIMA) ซึ่งเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบฤดูกาล ตัวแบบ VAR/VECM ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรหลายตัวในระยะยาว และตัวแบบ GARCH ซึ่งเหมาะกับข้อมูลทางการเงินที่มีความผันผวนค่อนข้างสูง ทั้งนี้ การเลือกใช้ตัวแบบที่เหมาะสมควรพิจารณาจากลักษณะของข้อมูล และวัตถุประสงค์ของการพยากรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ณัฐ ฦ บางช้าง. (2567). การเปรียบเทียบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภคของประเทศไทยโดยตัวแบบ ARIMA และ ARIMAX. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 10(2), 44-59.
- กรินทร์ กาญจนานนท์. (2567). *การพยากรณ์ทางสถิติ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ณัฏฐ์สุภานัน สุปัทธนะ. (2562). การพยากรณ์ดัชนีราคาเหล็กของประเทศไทยโดยแบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง ARIMAX. (การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบัณฑิต, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์).
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2568). *การดูแลเสถียรภาพค่าเงินบาท (FX intervention)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2568, จาก <https://www.bot.or.th/th/research-and-publications/reports/annual-report/report-2024/qa05.html>.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2567). *บาทพลิกกลับมาแข็งค่ายังมีโอกาสแตะ 33.60 บาท/ดอลลาร์ฯ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2568, จาก <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Baht-CIS3518-FB-2024-08-28.aspx>.
- Abonazel, M. R., & Abd-Elftah, A. I. (2019). Forecasting Egyptian gross domestic product using ARIMA models. *Journal of Physics: Conference Series*, 1253(1), 012001.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (1976). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2016). *Time series analysis: Forecasting and control* (5th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Chen, S. S., & Chen, H. C. (2007). Oil prices and real exchange rates. *Energy Economics*, 29(3), 390-404.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Jammazi, S., & Aloui, C. (2012). Crude oil price forecasting: Experimental evidence from wavelet decomposition and neural network modeling. *Energy Economics*, 34(3), 828-841.

การเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแม่นยำเชิงพื้นที่และสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์
ของระบบโรยวัสดุในเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ
OPTIMIZATION OF SPATIAL PRECISION AND ECONOMIC PERFORMANCE OF
THE MATERIAL METERING SYSTEM IN A SEMI-AUTOMATIC RICE SEEDLING
NURSERY MACHINE

ชูชาติ บุญฤทธิตรีเดช*, เจษฎา อิสหาะ, วิเชียร ดวงสีเสน และ กันติพจน์ กองแก้ว

Choochart Boonrittridej*, Jesada Is-haak, Wichian Duangsrisen

and Kantipot Kongkaew

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology
Suvarnabhumi

Received: 2 April 2026

Revised: 26 April 2026

Accepted: 28 April 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำเชิงพื้นที่และสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบโรยวัสดุในเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยประเมินสมบัติทางกายภาพของวัสดุเพาะ ความสม่ำเสมอในการกระจายตัว และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการสอบเทียบระบบ ดำเนินการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ ใช้ซีเมนต์กลบดำความพรุนร้อยละ 88.225 และเมล็ดพันธุ์ข้าว กข.43 เป็นวัสดุทดสอบ ผลการวิจัยพบว่าระบบมีเสถียรภาพสูง โดยมีค่า %CV ต่ำกว่าร้อยละ 5 ในทุกระดับการปรับตั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการปรับตั้งและปริมาณมวลวัสดุอธิบายได้แม่นยำด้วยสมการพหุนามอันดับสอง ($R^2 > 0.98$) ในเชิงเศรษฐศาสตร์ การปรับตั้งที่เหมาะสมช่วยลดการใช้เมล็ดพันธุ์เกินความจำเป็นและลดความสูญเสียได้ถึง 412.105 บาทต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน สรุปได้ว่าเครื่องต้นแบบช่วยยกระดับคุณภาพแผ่นกล้า ลดความสูญเสีย และเพิ่มความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์เหมาะสำหรับเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชน

คำสำคัญ: เครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ, ระบบโรยวัสดุ, ความแม่นยำเชิงพื้นที่, สมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์, การสอบเทียบระบบ

* Corresponding author: ชูชาติ บุญฤทธิตรีเดช

E-mail: boonrittridej5299@gmail.com

Abstract

This research aimed to optimize the spatial precision and economic performance of the material metering system in a semi-automatic rice seedling nursery machine. The study evaluated physical properties of substrates and developed mathematical models for system calibration. Arranged in a CRD with five replications, the experiments utilized carbonized rice husk (88.225% porosity) and RD43 rice seeds. Results demonstrated superior stability with a %CV below 5% across all settings. The discharge quantity was best described by second-order polynomial models ($R^2 > 0.98$), facilitating precise control. Economically, the optimal setting at level 8 yielded a peak field efficiency of 79.435% with a total material cost of 14.909 Baht per tray. High precision effectively prevented hidden economic losses of 412.105 Baht per hour by mitigating over-seeding. In conclusion, the system enhances both mat quality and industrial-scale cost-effectiveness.

Keywords: Semi-Automatic Rice Seedling Nursery Machine, Material Metering System, Spatial Precision, Economic Performance, System Calibration

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่มีผลต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจของไทย อย่างไรก็ตาม ภาคการผลิตปัจจุบันเผชิญวิกฤตขาดแคลนแรงงานและต้นทุนที่สูงขึ้น นำไปสู่การปรับตัวสู่เกษตรอัจฉริยะและการใช้เครื่องดำนาคัดแทนแรงงานคน ซึ่งปัจจัยความสำเร็จขึ้นอยู่กับการผลิตแผ่นกล้า (Seedling Mat) ให้มีคุณภาพ สม่ำเสมอ และมีระบบรากที่แข็งแรงเพื่อลดปัญหาทอว่าง (Missing Hills) และเพิ่มประสิทธิภาพในการปักดำ (ดาวรุ่ง วัชรินทร์รัตน์ และคณะ, 2560) ในระบบเพาะกล้าแบบกึ่งอัตโนมัติ ชุดโรยวัสดุ (Metering System) คือกลไกวิกฤตที่ส่งผลต่อคุณภาพแผ่นกล้าโดยตรง โดยความแม่นยำเชิงพื้นที่ของเมล็ดพันธุ์ช่วยลดการซ้อนทับและความสูญเสีย (Liu et al., 2024) ขณะที่ความสม่ำเสมอและความพรุนของวัสดุเพาะช่วยส่งเสริมการพัฒนาระบบราก (Gao et al., 2024) ปัจจุบันมีการพัฒนาชุดโรยให้ควบคุมปริมาณได้ละเอียดขึ้น (บรรลุ เพียจีน และคณะ, 2563) โดยประเมินสมรรถนะผ่าน

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Gomez & Gomez, 1984) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อพยากรณ์พฤติกรรมการจ่ายวัสดุ (Karayel et al., 2004)

อย่างไรก็ตาม การควบคุมความแม่นยำระดับอุตสาหกรรมยังมีความท้าทายด้านความสอดคล้องระหว่างความเร็วชุดโรยและความเร็วสายพานลำเลียง (Linear Conveyor Velocity) ที่แปรผันตามภาระงาน การขาดข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับอิทธิพลของความเร็วที่แปรผันนี้ต่อความแม่นยำเชิงพื้นที่และสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ ทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรยังขาดมาตรฐานนำไปสู่ความสูญเสียเมล็ดพันธุ์และต้นทุนที่สูงเกินจำเป็น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำเชิงพื้นที่ของระบบโรยวัสดุ สร้างสมการสอบเทียบสำหรับการปรับตั้งภายใต้สภาวะความเร็วแปรผัน และประเมินสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางยกระดับมาตรฐานการผลิตแผ่นกล้าข้าวคุณภาพสูงอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยดำเนินการ ณ อาคารปฏิบัติการแทรกเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา เพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของระบบโรยวัสดุในเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

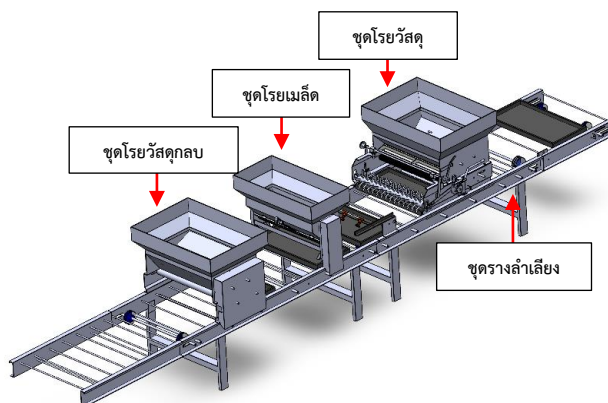
1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1.1.1 วัสดุเพาะ ใช้ซี่ไถ้าเกลบดำที่มีคุณลักษณะร่วนซุยและระบายน้ำได้ดี โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้นฐานเปียก ความหนาแน่นรวม และความพรุนตามมาตรฐาน ASABE S358.300

1.1.2 เมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว กข.43 (RD43) ความชื้นร้อยละ 12-14 (ฐานเปียก) อัตราความงอกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

1) เครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ (Kubota รุ่น SR-K800 THL) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ (AC Motor) ขนาด 90 วัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ ประกอบด้วย 4 ชุดการทำงานหลัก ได้แก่ ชุดโครงสร้างและลำเลียงถาด ชุดโรยวัสดุเพาะ ชุดโรยเมล็ดข้าว และชุดโรยวัสดุกลบเมล็ด, 2) ถาดเพาะกล้า คือถาดพลาสติกสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 X 60 ตารางเซนติเมตร และ 3) เครื่องมือวัดและบันทึกผล เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (ความละเอียด 0.01 กรัม), เครื่องวัดความเร็วรอบดิจิทัล และกล้องบันทึกภาพวิดีโอ



รูปที่ 1 แสดงเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติที่ใช้ทดสอบ

2. การศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงาน

ผู้วิจัยวิเคราะห์โครงสร้างเชิงกลและระบบส่งกำลังของเครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ (รูปที่ 1) โดยจำแนกส่วนประกอบหลักออกเป็น 4 ชุดทำงาน คือ 1) ชุดโรยวัสดุเพาะ ประกอบด้วย ถังบรรจุวัสดุ (Hopper) และกลไกลูกกลิ้งสายพานและประตูกันปรับระดับความหนาได้ 8 ระดับ โดยเน้นวิเคราะห์ความสม่ำเสมอที่ระดับ 7 และ 8, 2) ชุดโรยเมล็ดข้าว ใช้ระบบลูกกลิ้งร่องตัก (Fluted Roller) ขับเคลื่อนด้วยโซ่และเฟืองสำหรับเมล็ดพันธุ์ กข.43 วิเคราะห์ความแม่นยำเชิงพื้นที่ที่ระดับ 3 ถึง 6, 3) ชุดโรยวัสดุกลับเมล็ด มีกลไกแบบลูกกลิ้งสายพานทำหน้าที่โรยวัสดุปิดหน้าถาดเพื่อรักษาความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการงอก และ 4) ชุดรางลำเลียงถาดเพาะ โครงสร้างเหล็กและโซ่ลำเลียงขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมความเร็วเชิงเส้นให้สัมพันธ์กับความเร็วรอบของชุดโรยเพื่อลดความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของวัสดุเพาะ

ผู้วิจัยใช้ขี้เถ้าแกลบดำ (Rice Husk Ash) เป็นวัสดุเพาะหลักในการศึกษา เพื่อควบคุมตัวแปรที่ส่งผลต่อพฤติกรรมไหล (Flow Behavior) ในชุดโรยวัสดุ จึงดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างจากทุกระดับการทดลอง (ระดับที่ 1 ถึง 8) ระดับละ 3 ซ้ำ (รวม $n = 24$ ตัวอย่าง) เพื่อวิเคราะห์สมบัติตามหลักเกณฑ์ดังนี้

3.1 ความชื้นฐานเปียก (Moisture Content, Wet Basis)

วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASABE S358.300 โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียด 0.01 กรัม ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ เพื่อคำนวณหาความชื้นร้อยละฐานเปียก

3.2 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

ประเมินตามแนวทางของ Mohsenin (1986) โดยบรรจุวัสดุลงในภาชนะทรงกระบอกที่ทราบปริมาตรด้วยวิธีเทแบบอิสระ เพื่อจำลองสภาวะภายในถังบรรจุวัสดุ (Hopper) แล้วนำมวลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม

3.3 ความพรุน (Porosity)

คำนวณค่าร้อยละความพรุนจากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมและค่าความถ่วงจำเพาะอนุภาคของซีเมนต์แกลบดำ โดยอ้างอิงค่ามาตรฐานที่ 1.85 ตามการศึกษาของ Ikwueze et al. (2024) เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการระบายอากาศและการसानตัวของระบบราก

4. การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของชุดโรยวัสดุเพาะและชุดโรยเมล็ดข้าว

ผู้วิจัยทดสอบสมรรถนะความสม่ำเสมอเชิงพื้นที่และอิทธิพลของระดับการปรับตั้งกลไกภายใต้สภาวะปฏิบัติงานจริง (รูปที่ 2 และรูปที่ 3) เพื่อกำหนดจุดปฏิบัติงานที่มีสมรรถนะสูงสุด มีรายละเอียดดังนี้

4.1 แผนการทดลองและตัวแปรควบคุม การทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งในทุกระดับ โดยควบคุมความเร็วเชิงเส้นของสายพานลำเลียง (Linear Conveyor Velocity) ให้คงที่ตามภาระงานแต่ละส่วน ได้แก่ 1) ชุดโรยวัสดุเพาะ ความเร็ว 0.028 เมตรต่อวินาที ศึกษาการปรับตั้งประตูกัน (Gate Opening) 8 ระดับ, 2) ชุดโรยเมล็ดข้าว ความเร็ว 0.084 เมตรต่อวินาที ศึกษาการปรับลูกกลิ้งร่อนตัก 6 ระดับ และ 3) ชุดโรยวัสดุกลบหน้า ความเร็ว 0.089 เมตรต่อวินาที

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล บรรจุซีเมนต์แกลบดำหรือเมล็ดพันธุ์ กข.43 ลงในถังบรรจุและเดินเครื่องในสภาวะต่อเนื่อง ตรวจวัดมวลวัสดุต่อภาชนะขนาด 30 x 60 เซนติเมตรด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียด 0.01 กรัม พร้อมบันทึกวิดีโอเพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอเชิงพื้นที่ ป้องกันการซ้อนทับ (Overlap) หรือก่อกว้าง (Missing Hills)

4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติและสมรรถนะ ข้อมูลถูกนำมาประมวลผลผ่านตัวชี้วัดสำคัญ 3 ด้าน คือ 1) ความสม่ำเสมอ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ตามเกณฑ์ Gomez and Gomez (1984), 2) การสร้างสมการสอบเทียบ วิเคราะห์ความถดถอยพหุนาม (Polynomial Regression) ระหว่างระดับการปรับตั้ง (x) และมวลวัสดุ (y) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และ 3) สมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำงานจริง (Capacity) และความสูญเสียวัสดุ เพื่อกำหนดต้นทุนการผลิตเปรียบเทียบกับความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์



รูปที่ 2 แสดงการทดสอบหาความสม่ำเสมอในการโรยวัสดุเพาะ
(ก) ลักษณะของชุดโรยวัสดุเพาะ (ข) ลักษณะการโรยวัสดุเพาะลงในถาด
(ค) ลักษณะถาดที่โรยวัสดุเพาะแล้ว



รูปที่ 3 แสดงการทดสอบหาความสม่ำเสมอในการโรยเมล็ดข้าว
(ก) ลักษณะของชุดโรยเมล็ดข้าว (ข) ลักษณะการโรยเมล็ดข้าวลงในถาด
(ค) ลักษณะถาดที่โรยเมล็ดข้าวแล้ว

5. การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของระบบโรยวัสดุ

ผู้วิจัยกำหนดดัชนีชี้วัดสมรรถนะตามมาตรฐานวิศวกรรมเกษตร เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดโรยวัสดุเพาะและชุดโรยเมล็ดข้าว ดังนี้

5.1 ความสามารถในการทำงาน (Capacity) คำนวณจากจำนวนถาดเพาะที่ผลิตได้จริงต่อหน่วยเวลา เพื่อประเมินอัตราการไหลของงานในสภาวะปฏิบัติงานจริง (Hunt, 2001) ตามสมการที่ (1)

$$C = [N/T] \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ความสามารถในการทำงาน (ถาดต่อชั่วโมง)

N คือ จำนวนถาดเพาะที่ผลิตได้ทั้งหมด (ถาด)

T คือ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานรวม (ชั่วโมง)

5.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน (Efficiency) เป็นการเปรียบเทียบผลผลิตจริงกับความสามารถตามทฤษฎีของเครื่อง เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้งาน (Hunt, 2001) ตามสมการที่ (2)

$$Ef = [Qa/Qt] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ Ef คือ ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ)

Qa คือ ผลผลิตจริง

Qt คือ ผลผลิตตามทฤษฎี

5.3 ความสูญเสียของวัสดุเพาะ (Material Loss) วิเคราะห์ปริมาณวัสดุที่ตกหล่นนอกถาดอันเนื่องมาจากกลไกการปิดและระบบลำเลียง (ASABE, 2012) ตามสมการที่ (3)

$$L = [(Wi-Wo)/Wi] \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ L คือ ความสูญเสียของวัสดุเพาะ (ร้อยละ)

Wi คือ น้ำหนักวัสดุป้อนเข้าทั้งหมด (กิโลกรัม)

Wo คือ น้ำหนักวัสดุที่บรรจุในถาดอย่างสมบูรณ์ (กิโลกรัม)

5.4 ความสม่ำเสมอในการโรยวัสดุและเมล็ดข้าว (Consistency) ใช้สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) เป็นดัชนีชี้วัดความแม่นยำเชิงพื้นที่ในการกระจายตัวของวัสดุ (Gomez and Gomez, 1984) ตามสมการที่ (4)

$$\%CV = [SD/\bar{X}] \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักวัสดุหรือเมล็ดข้าวต่อถาด (กรัม)

6. การวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุที่ใช้เพาะกล้าข้าว

ผู้วิจัยวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรในส่วน of วัสดุ (Variable Material Costs) เพื่อประเมินสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตแผ่นกล้าต่อถาดภายใต้ระดับการปรับตั้งที่ต่างกัน (Hunt, 2001) ตามสมการที่ (5)

$$C_{total} = [W_s \times P_s] + [W_m \times P_m] \quad (5)$$

- เมื่อ C_{total} คือ ต้นทุนวัสดุรวมต่อถาด (บาทต่อถาด)
 W_s คือ มวลของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้จริงต่อถาด (กิโลกรัมต่อถาด)
 P_s คือ ราคาเมล็ดพันธุ์ข้าว (บาทต่อกิโลกรัม)
 W_m คือ มวลของวัสดุเพาะ (ซีเมนต์กลบดำ) ที่ใช้จริงต่อถาด (กิโลกรัมต่อถาด)
 P_m คือ ราคาวัสดุเพาะ (บาทต่อกิโลกรัม)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของวัสดุเพาะ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของซีเมนต์กลบดำจากกลุ่มตัวอย่าง ($n = 24$) เพื่อยืนยันคุณภาพวัสดุก่อนทดสอบระบบโรยวัสดุ (Material Metering System) ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของซีเมนต์กลบดำที่ใช้ในการทดสอบ

รายละเอียด	หน่วย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	สัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน (%CV)
ความชื้นฐานเปียก	เปอร์เซ็นต์	$17.741 \pm 1.513^*$	8.530
ความหนาแน่นรวม	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	$0.218 \pm 0.013^*$	5.859
ความถ่วงจำเพาะ	-	1.85^{**}	-
ความพรุน	เปอร์เซ็นต์	$88.225 \pm 0.690^*$	0.782

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มเก็บตัวอย่างในทุกระดับการทดสอบ ($n = 24$)

** ค่าอ้างอิงจาก Ikwueze et al. (2024)

จากผลการทดสอบในตารางที่ 1 พบว่าตัวแปรทางกายภาพทั้งหมดมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ต่ำกว่าร้อยละ 10 (8.530 และ 5.859 ตามลำดับ) ซึ่งสะท้อนถึงความสม่ำเสมอของวัสดุในระดับที่เยี่ยมตามเกณฑ์ของ Gomez and Gomez (1984) ส่งผลให้ความแตกต่างของปริมาณวัสดุที่โรยลงในถาดในการทดสอบสมรรถนะเครื่องจักร เป็นผลมาจากการปรับตั้งระดับกลไกของเครื่องจักรอย่างแท้จริงเมื่อพิจารณาค่าความพรุน พบว่าวัสดุมีค่าเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 88.225 ± 0.690 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างของซีเมนต์กลบดำที่ Ikwueze

et al. (2024) ระบุว่ามีความพรุนสูงและกักเก็บอากาศได้ดีกว่าดินทั่วไป (ร้อยละ 40-60) โดยโครงสร้างที่มีความพรุนสูงในระดับนี้ (มากกว่าร้อยละ 80) สอดคล้องกับแนวทางของ วิไล पालะวิสุทธิ และคณะ (2560) ที่พบว่าช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของระบบรากข้าวให้เกิด การประสานตัว (Root Entwining) ได้อย่างหนาแน่น ทำให้แผ่นกล้า (Seedling Mat) มีความ แข็งแรงเชิงกลสูงขึ้นคุณสมบัติดังกล่าวถือเป็นปัจจัยวิกฤตที่ บรรลุ เพียชิน และคณะ (2563) ระบุว่าช่วยลดอัตราความสูญเสียจากปัญหาทอว่าง (Missing Hills) ในระหว่างกระบวนการ ปักดำได้มากกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับแผ่นกล้าที่ระบบรากไม่ประสานกัน เนื่องจากแผ่น กล้าที่มีความพรุนเหมาะสมจะทำให้ระบบรากสานเป็นโครงข่ายที่เหนียวแน่น ทนทานต่อชุด หยิบกล้าของเครื่องปักดำได้ดีกว่า

2. ผลการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของชุดโรยวัสดุเพาะ

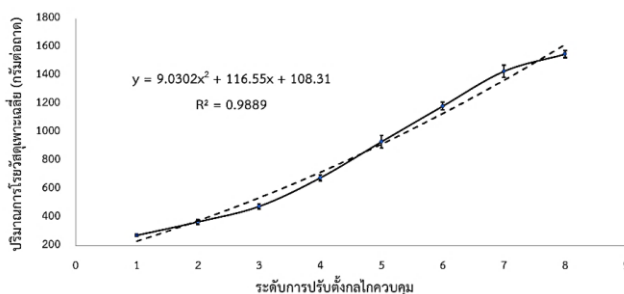
จากการทดสอบปริมาณการโรยวัสดุเพาะเฉลี่ยที่ระดับ 1 ถึง 8 พบว่ามวลวัสดุมี แนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง 274.593 ± 8.229 ถึง 1,551.491 ± 24.490 กรัมต่อถาด (ตารางที่ 2) โดยทุกระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) สะท้อนถึงความแม่นยำ ในการตอบสนอง (Precision Response) ของกลไกประตูกันควบคุม (Control Gate) ในด้าน ความสม่ำเสมอเชิงพื้นที่ พบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) อยู่ระหว่างร้อยละ 1.578 ถึง 4.790 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมตามเกณฑ์ของ Gomez and Gomez (1984) และ Karayel et al. (2004) ที่ระบุว่าค่า %CV ต่ำกว่าร้อยละ 10 เป็นระดับที่ยอมรับได้สำหรับเครื่องจักรกลเกษตร

ตารางที่ 2 ปริมาณการโรยวัสดุเพาะเฉลี่ยในแต่ละระดับการปรับตั้ง

ระดับการปรับตั้ง	ปริมาณการโรยวัสดุเพาะเฉลี่ย (กรัมต่อถาด)	สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV)
ระดับที่ 1	274.593 ± 8.229 ^h	2.997
ระดับที่ 2	369.394 ± 16.162 ^g	4.375
ระดับที่ 3	478.587 ± 19.000 ^f	3.970
ระดับที่ 4	680.315 ± 19.590 ^e	2.880
ระดับที่ 5	934.597 ± 44.766 ^d	4.790
ระดับที่ 6	1185.002 ± 27.584 ^c	2.328
ระดับที่ 7	1430.416 ± 42.272 ^b	2.955
ระดับที่ 8	1551.491 ± 24.490 ^a	1.578

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนั่ง แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการปรับตั้ง (x) และปริมาณมวลวัสดุ (y) สอดคล้องกับตัวแบบพหุนามอันดับสอง (Second-Order Polynomial) $y = 9.0302X^2 + 116.55X + 108.31$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงถึง 0.9889 (รูปที่ 4) ความแม่นยำนี้สอดคล้องกับ Karayel et al. (2004) ที่ระบุว่าพฤติกรรมการโรยวัสดุสามารถพยากรณ์ด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้อย่างแม่นยำหากกลไกทำงานสม่ำเสมอ นอกจากนี้ เสถียรภาพของระบบยังเป็นผลจากการออกแบบชุดลูกกลิ้งลำเลียงและแปรงปิดที่สัมพันธ์กับความเร็วสายพาน สอดคล้องกับรายงานของ บรรลุ เพียชิน และคณะ (2563) และ มงคล ธีระ และคณะ (2568) ที่พบว่าเสถียรภาพระบบส่งกำลังเป็นปัจจัยหลักต่อคุณภาพการกระจายตัวเพื่อลดปัญหาหว่าง (Missing Hills) ตามหลักการควบคุมความแม่นยำ (Precision Metering) ของ Srivastava et al. (2006)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์และสมการพยากรณ์ระหว่างระดับการปรับตั้งกลไกควบคุม และปริมาณการโรยวัสดุเพาะเฉลี่ย

3. ผลการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของชุดโรยเมล็ดข้าว

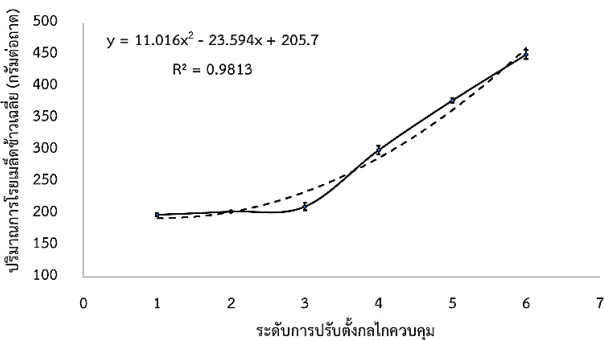
การทดสอบชุดโรยเมล็ดข้าวที่ระดับการปรับตั้ง 1 ถึง 6 พบว่าปริมาณมวลเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างเป็นระบบในช่วง 198.300 ± 1.972 ถึง 450.327 ± 6.915 กรัมต่อถาด (ตารางที่ 3) ข้อมูลทางสถิติยืนยันว่าปริมาณมวลในทุกะดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในด้านความสม่ำเสมอเชิงพื้นที่ พบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) อยู่ระหว่างร้อยละ 0.631 ถึง 2.842 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม เนื่องจากต่ำกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 สำหรับระบบจ่ายเมล็ดพันธุ์แม่นยำ (Precision Metering) ตามเกณฑ์ของ Gomez and Gomez (1984) และ Karayel et al. (2004)

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการปรับตั้ง (x) และปริมาณมวลเมล็ดข้าว (y) อธิบายได้ด้วยตัวแบบพหุนามอันดับสอง $y = 11.016x^2 - 23.594x + 205.7$ โดยมีค่า R^2 สูงถึง 0.9813 (รูปที่ 5) สะท้อนถึงความสามารถในการพยากรณ์และสอบเทียบอัตราการจ่ายได้อย่างแม่นยำ เสถียรภาพดังกล่าวเป็นผลจากความเร็วรอบลูกกลิ้งร่อนดักที่ทำงานสัมพันธ์กับชุดลำเลียงถาด สอดคล้องกับการศึกษาของ บรรลุ เพียชิน และคณะ (2563) ที่ระบุว่าระบบควบคุมความเร็วที่คงที่ช่วยลดความแปรปรวนเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้แผ่นกล่ำมีความแข็งแรงสม่ำเสมอและลดปัญหาการเกิดกอว่าง (Missing Hills) ตามหลักวิศวกรรมเกษตรที่เสนอโดย Srivastava et al. (2006)

ตารางที่ 3 ปริมาณการโรยเมล็ดข้าวเฉลี่ยในแต่ละระดับการปรับตั้ง

ระดับการปรับตั้ง	ปริมาณการโรยเมล็ดข้าวเฉลี่ย (กรัมต่อถาด)	สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV)
ระดับที่ 1	198.300 ± 1.972 ^f	0.994
ระดับที่ 2	203.353 ± 1.283 ^e	0.631
ระดับที่ 3	211.107 ± 5.999 ^d	2.842
ระดับที่ 4	300.101 ± 6.498 ^c	2.165
ระดับที่ 5	378.041 ± 3.746 ^b	0.991
ระดับที่ 6	450.327 ± 6.915 ^a	1.536

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์และสมการพยากรณ์ระหว่างระดับการปรับตั้งกลโกควบคุมกับปริมาณการโรยเมล็ดข้าวเฉลี่ย

4. ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานชุดโรยวัสดุเพาะและชุดโรยเมล็ดข้าว

การทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระดับการโรยที่ 7 และ 8 (ตารางที่ 4) พบว่าความสามารถทางปฏิบัติเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 351.07 ถึง 363.41 ถาดต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ระดับที่ 8 ให้ประสิทธิภาพทางปฏิบัติ (Field Efficiency) สูงถึงร้อยละ 79.435 ซึ่งมากกว่าระดับที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.005$) ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากอัตราการไหลของวัสดุ (Mass Flow Rate) ที่ระดับ 8 มีความสมดุลกับความเร็วสายพานลำเลียงถาด ทำให้วัสดุเติมเต็มถาดได้สมบูรณ์และลดความสูญเสียลงเหลือร้อยละ 20.565 ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานของ Hunt (2001) ที่ระบุว่าประสิทธิภาพแปรผันตามความต่อเนื่องของระบบป้อนและทักษะผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ ความสูญเสียจากการตกหล่นที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติสะท้อนถึงเสถียรภาพของกลไกปิดเกลี่ยหน้าดินแม้จะเปลี่ยนอัตราการจ่ายวัสดุ

ตารางที่ 4 สมรรถนะการทำงานและความสูญเสียของชุดโรยวัสดุเพาะที่ระดับการปรับตั้งแตกต่างกัน

ข้อมูลรายละเอียด	ระดับการโรยที่ 7	ระดับการโรยที่ 8	P-value
1. ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี (ถาดต่อชั่วโมง)	505.124 ± 33.487 ^a	458.624 ± 49.619 ^a	0.109 ^{NS}
2. ความสามารถในการทำงานทางปฏิบัติ (ถาดต่อชั่วโมง)	351.073 ± 29.237 ^a	363.408 ± 35.753 ^a	0.553 ^{NS}
3. ประสิทธิภาพในการทำงานทางปฏิบัติ (เปอร์เซ็นต์)	69.494 ± 3.325 ^b	79.435 ± 5.288 ^a	0.005 [*]
4. ความสูญเสียจากการโรยวัสดุเพาะไม่สมบูรณ์ในถาด (เปอร์เซ็นต์)	30.506 ± 3.325 ^a	20.565 ± 5.288 ^b	0.005 [*]
5. ความสูญเสียจากวัสดุที่เหลือในถังบรรจุและตกหล่น (เปอร์เซ็นต์)	2.989 ± 2.504 ^a	5.304 ± 3.444 ^a	0.243 ^{NS}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

5. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุที่ใช้เพาะกล้าข้าว

ผู้วิจัยวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุผันแปรต่อถาดจากระดับปฏิบัติงานที่มีสมรรถนะสูงสุด (ชุดโรยวัสดุระดับ 8 และชุดโรยเมล็ดระดับ 5) โดยอ้างอิงราคาตลาดปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5 พบว่าต้นทุนรวมสุทธิอยู่ที่ 14.909 บาทต่อถาด

จากผลการวิเคราะห์ตารางที่ 5 พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นตัวแปรวิกฤต (Critical Factor) เนื่องจากมีสัดส่วนต้นทุนสูงถึงร้อยละ 76.068 ของต้นทุนรวม ตามแนวทางของ Hunt (2001) ความคลาดเคลื่อนจากการจ่ายเมล็ดเกินความจำเป็น (Over-seeding) เพียงร้อยละ 10 จะส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น 1.134 บาทต่อถาด เมื่อพิจารณาจากขีดความสามารถทางปฏิบัติที่ 363.408 ถาดต่อชั่วโมง ปัญหาดังกล่าวจะก่อให้เกิดความสูญเสียแฝง (Hidden Cost) สูงถึง 412.105 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้น ความแม่นยำสูง (ค่า %CV<1) และเสถียรภาพของเครื่องต้นแบบ SR-K800THL จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมต้นทุนการผลิต ซึ่งสะท้อนถึงความสำเร็จในการประยุกต์ใช้หลักการ Precision Metering เพื่อเพิ่มสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์ในระดับอุตสาหกรรม

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุผันแปรต่อถาดเพาะกล้า

รายการวัสดุ	มวลเฉลี่ย (กรัมต่อถาด)	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุน (บาทต่อถาด)	สัดส่วนต้นทุน (ร้อยละ)
1. วัสดุเพาะซีเมนต์กลบดำ	1,551.491	2	3.103	20.813
2. เมล็ดพันธุ์ข้าว กข.43	378.041	30	11.341	76.068
3. วัสดุกลบหน้าเมล็ด	232.250	2	0.465	3.119
รวมต้นทุนสุทธิ	-	-	14.909	100

สรุปผลการวิจัย

เครื่องเพาะกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติมีสมรรถนะและความสม่ำเสมอในการโรยวัสดุและเมล็ดพันธุ์ในระดับดีเยี่ยม โดยมีค่า %CV ต่ำกว่าร้อยละ 5 และมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูง ($R^2>0.98$) ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลในการสอบเทียบ (Calibration) เพื่อการใช้งานจริง การประยุกต์ใช้เครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูงไม่เพียงช่วยยกระดับมาตรฐานคุณภาพแผ่นกล้า (Seedling Mat Quality) ให้มีความสม่ำเสมอเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการบริหารจัดการต้นทุนวัสดุและเมล็ดพันธุ์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถลดความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ (Hidden Economic Losses) ได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุดในการผลิตแผ่นกล้าข้าวระดับอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับใช้ในการทดสอบ และขอขอบคุณนายคณนาถ ธรรมพรต นายบุญญพัฒน์ ต.วรพานิช นายธีระพงศ์ ระแสนพรม นายรณภัทร สุริยะวงศ์ทรัพย์ นายพรหมพร ใจช่วง และนายรัชพล วิเชียรเทียบ ที่เป็นผู้ช่วยสนับสนุนการทดสอบจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

- ดาวรุ่ง วชิรินทร์รัตน์, ปรียาณัฐ หงษ์ทอง และ ปราณี พระเพชร. (2560). *การเพาะกล้าข้าวสำหรับเครื่องดำนา*. (รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- บรรลุ เพียชิน, กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธ์, สมาน คันทรินธ์, ฤชณพันธ์ ศรีมงคล และ วิรุทธ จีเพชร. (2563). การออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี*, 1(3), 9-20.
- มงคล ธุระ, พงษ์ประพันธ์ ต้นพงษ์, รัตน์ะ รัตนพรม, สาคร จำปาอ้อม, ยุทธนา ศรีบุญปาน, เอกสิษฐ์ นันติ, ราชันย์ พรหมแก้วงาม, จตุรงค์ คำกันทา, ประสงค์ วงศ์แก้ว, ขจรศักดิ์ ศิริสุภา, วาญญู ห้าวหาญ, ธนิตพงษ์ สุภาชาติ, นรินทร์ ศรีธิการ, ธวัช นนทธรรม, ปิติ นันทขว้าง และ ธนัญชัย ศรีวงษ์. (2568). การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพเครื่องอัดกลบดำในถาดเพาะต้นกล้าข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 9(2), 11-20.
- วิไล ปาละวิสุทธิ, พรสุรี กาญจนนา, นริศรา จำรูญวงษ์, สง่า โนจักษ์, และ ดวงมล บุญช่วย. (2560). เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพาะกล้าสำหรับเครื่องดำนาในงานผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. *วารสารวิชาการข้าว*, 8(1), 67-83.
- American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). (2012). *Agricultural machinery management data (ASAE D497.7)*. St. Joseph, MI: ASABE.
- Gao, Y., Shao, M., Zhang, Y., Zhang, Y., Wang, Y., Wang, Z., Zhu, D., Zhang, Y., Xiang, J., & Chen, H. (2024). Effects of the seedling tray overlapping for seed emergence mode on emergence characteristics and growth of rice seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1-13.

- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Hunt, D. (2001). *Farm power and machinery management* (10th ed.). Ames: Iowa State University Press.
- Ikwueze, S. N., Animba, O., & Nnadi, E. E. (2024). A comprehensive analysis of the influence of rice husk ash content on concrete strength. *INOSR Applied Sciences*, 12(2), 69-81.
- Karayel, D., Barut, Z. B., & Ozmerzi, A. (2004). Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. *Biosystems Engineering*, 87(4), 437-444.
- Liu, Y., He, P., Cao, Y., Zhu, C., & Ding, S. (2024). Evaluation model of rice seedling production line seeding quality based on deep learning. *Applied Sciences*, 14(7), 3098.
- Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials: Structure, physical characteristics and mechanical properties* (2nd ed.). New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. R. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines* (2nd ed.). St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

การพัฒนารถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย DEVELOPMENT OF A SOLAR-POWERED PADDY SPREADING AND TURNING MACHINE WITH A WIRELESS REMOTE CONTROLLER

ภูเบศร์ พิพิธธีรฤณการ*, วุฒิพล เพ็ญสวัสดิ์ และ อภิสิต คำสุพรม

Phubet Phiphithirankarn, Wuttipon Phensawat and Aphisit Khamsuprom

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology and Engineering,

Udonthani Rajabhat University

Received: 4 April 2026

Revised: 23 April 2026

Accepted: 27 April 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างรถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สายและหาประสิทธิภาพการทำงานของรถเกลี่ยข้าวที่สร้างขึ้น งานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ การออกแบบและสร้างรถเกลี่ยข้าว การทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ การทดลองการควบคุมและการขับเคลื่อน การปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว และการทดลองการลดความชื้นในข้าว

จากผลการวิจัย พบว่า (1) รถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย ประกอบด้วย โครงสร้างตัวรถ ระบบควบคุมไร้สาย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบควบคุมและการขับเคลื่อน ทุกระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง (2) ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยได้เท่ากับ 654.44 Wh สอดคล้องกับพลังงานรวมของแบตเตอรี่ที่จัดเก็บได้ คือ 600 Wh ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งาน (3) ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อน พบว่า ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้าและการถอยหลัง และการบรรทุก

* Corresponding author: ภูเบศร์ พิพิธธีรฤณการ
E-mail: dr.phubet@gmail.com

ข้าวเปลือกส่งผลให้รถเกลี่ยข้าวใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น (4) ผลการทดลองการปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว พบว่า การปล่อยข้าวทำให้ข้าวเปลือกไหลลงพื้นได้อย่างต่อเนื่อง เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน ร่องฟันของใบเกลี่ยทำให้ข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น (5) ผลการทดลองการลดความชื้นในข้าว พบว่า หลังการเกลี่ยและตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเปลือกมีน้ำหนักลดลงและความชื้นของข้าวเปลือกลดลงจากเดิม 9.4% (wb)

คำสำคัญ: รถเกลี่ยข้าว, การตากข้าว, เซลล์แสงอาทิตย์, การควบคุมไร้สาย

Abstract

This research aimed to develop a solar-powered paddy spreading and turning machine with a wireless remote controller and to evaluate its operational performance. The study was divided into six parts: machine design and construction, wireless control system testing, electrical power generation from a photovoltaic system, control and driving performance, paddy releasing and spreading/turning processes, and moisture reduction testing.

The results showed that: (1) the developed machine consisted of a structural frame, a wireless control system, a solar power generation system, and a control and drive system, all of which operated correctly. (2) The photovoltaic system generated an average total energy production of 654.44 Wh, which was consistent with the battery storage capacity of 600 Wh. The system was able to generate and store electrical energy in a balanced and efficient manner. (3) In terms of energy consumption, the highest power usage in the control system occurred during the opening of the paddy container, while the highest power consumption in the driving system occurred during forward and backward movement. Additionally, carrying paddy increased the overall energy consumption of the machine. (4) The paddy releasing process allowed continuous discharge of paddy onto the ground with uniform distribution. The spreading and turning process increased the distribution area, reduced grain

density, and enabled the lower layers of paddy to be exposed to sunlight more effectively due to the structure of the spreading blade. (5) After spreading and sun drying for 6 hours, the paddy weight decreased, and the moisture content was reduced by 9.4% (wb).

Keywords: Paddy Spreading and Turning Machine, Paddy Drying, Solar Energy, Wireless Remote Control

บทนำ

การปลูกข้าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจและวัฒนธรรมของประเทศไทย ขั้นตอนการปลูกข้าวเริ่มจากการเตรียมดินให้พร้อมสำหรับการหว่านเมล็ด ซึ่งต้องผ่านการไถพรวนและปล่อยน้ำเข้าพื้นที่ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก เมล็ดข้าวจะถูกหว่านลงในดินที่ชื้นและอุดมสมบูรณ์ หลังจากนั้นต้องดูแลรักษาให้ปราศจากโรคและศัตรูพืชให้ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโต จนกระทั่งข้าวเจริญเติบโตเต็มที่และพร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) การเก็บเกี่ยวจะใช้เครื่องจักรหรือเก็บเกี่ยวใช้มือขึ้นอยู่กับความสะดวกเกษตรกรและขนาดของพื้นที่ปลูกข้าว หลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะต้องจัดเก็บข้าวและนำข้าวออกมาตากให้แห้ง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2561)

การตากข้าวถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะหลังการเก็บเกี่ยวข้าวจะถูกนำมาตากแดดเพื่อให้แห้งสนิท การตากข้าวจะช่วยลดความชื้นในเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดเชื้อราและช่วยให้เก็บรักษาข้าวได้นานขึ้น วิธีการเกลี่ยข้าวคือการกระจายเมล็ดข้าวให้ทั่วบนพื้นที่การตาก การเกลี่ยข้าวให้สม่ำเสมอจะช่วยให้เมล็ดข้าวได้รับแสงแดดอย่างทั่วถึงและแห้งเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังต้องหมั่นเกลี่ยข้าวกลับไปกลับมาเพื่อให้ทุกส่วนได้รับการตากแดด (สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, 2562) การตากข้าวมักทำในพื้นที่โล่งแจ้งมีแสงแดดส่องถึงตลอดทั้งวัน ส่วนใหญ่เกษตรกรจะตากข้าวบนพื้นคอนกรีตหรือพื้นดินที่มีความสะอาด ช่วยลดการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่างๆ และมักจะเตรียมผ้าใบหรือผ้าคลุมข้าวเพื่อป้องกันฝนตก (กรมการข้าว, 2563)

การตากข้าวมักประสบปัญหาในหลายด้าน เช่น สภาพอากาศที่ไม่แน่นอน ฝนตก อากาศมีความชื้นสูงทำให้การตากข้าวใช้เวลานานขึ้นเสี่ยงต่อการเกิดเชื้อรา การตากข้าวในที่โล่งแจ้งอาจเสี่ยงต่อการถูกลมพัดหรือสัตว์ต่างๆ เข้ามารบกวน นอกจากนี้ การเกลี่ยข้าวต้อง

อาศัยแรงงานคน ต้องใช้เวลาและความทุ่มเทในการเปลี่ยนให้สม่ำเสมอทั่วถึง ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคโนโลยีเกษตรสมัยใหม่ เช่น การใช้เครื่องตากข้าวแบบอัตโนมัติ, การสร้างโรงเรือนสำหรับการตากข้าวเพื่อลดความเสี่ยงจากสภาพอากาศ, เครื่องตากข้าวอัตโนมัติที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ เป็นต้น ซึ่งการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และเทคโนโลยีสมัยใหม่ อาจเป็นทางออกที่ดีในการแก้ปัญหา แต่ต้องมีการศึกษาและการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการตากข้าวและการเปลี่ยนข้าว คือ การใช้เครื่องเปลี่ยนข้าวช่วยลดปัญหาการใช้แรงงานคนและเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนข้าวให้สม่ำเสมอ หรือการใช้เครื่องเปลี่ยนข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน แรงงานคน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือการใช้เครื่องเปลี่ยนข้าวที่สามารถควบคุมความเร็วและปรับระดับความหนาของข้าวที่เปลี่ยนได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นให้ดีขึ้น นอกจากนี้ การพัฒนาเครื่องเปลี่ยนข้าวควบคุมแบบไร้สายจะช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและการตรวจสอบการทำงานของเครื่องผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้สะดวกยิ่งขึ้น หากเสริมด้วยอุปกรณ์ที่ทันสมัยมีคุณภาพยิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากขึ้น ดังนั้น การสร้างเครื่องเปลี่ยนข้าวที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การออกแบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อม ความยืดหยุ่นในการใช้งาน การดูแลรักษาง่าย และที่สำคัญคือต้องตอบโจทย์ความต้องการใช้เครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนารถเปลี่ยนข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย เพื่อช่วยในเรื่องการตากข้าว การเปลี่ยนข้าว และการลดความชื้นในข้าวเปลือก รถเปลี่ยนข้าวมีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถควบคุมและขับเคลื่อนด้วยรีโมทไร้สาย ภายในตัวรถมีกล่องสำหรับบรรจุข้าวเปลือกและใบเปลี่ยนข้าว ซึ่งช่วยให้การตากข้าว การเปลี่ยนข้าว และการลดความชื้นในข้าว ทำได้สะดวก รวดเร็วมีประสิทธิภาพมากขึ้น

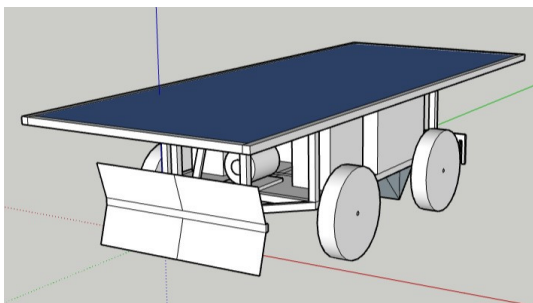
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบและสร้างรถเปลี่ยนข้าว

จากการศึกษาหลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบรถเปลี่ยนข้าวจะพิจารณาจากโครงสร้างตัวรถ มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน ระบบควบคุมไร้สาย และระบบผลิตพลังงาน

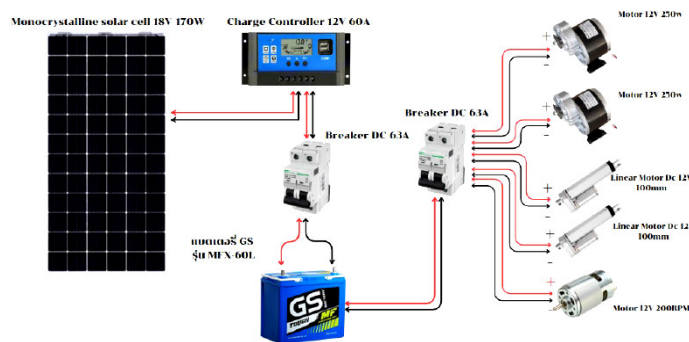
ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นทำการออกแบบรถเกลี่ยข้าวด้วยโปรแกรม SketchUp ดังรูปที่ 1 โดยกำหนดขนาดของรถ (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากับ $70 \times 150 \times 50$ เซนติเมตร โครงสร้างตัวรถใช้เหล็กกล่องขนาด 2×2 นิ้ว เพื่อความแข็งแรง น้ำหนักเบา และรองรับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมดได้ รถเกลี่ยข้าวขับเคลื่อนล้อหลังด้วยมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ตัว ล้อหน้าสามารถบังคับเลี้ยวซ้าย-ขวาได้ โดยล้อทั้ง 4 ใช้ล้อยางตันขนาด 10 นิ้ว ส่วนระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลึกเดี่ยว (Monocrystalline) ขนาด 170 วัตต์ พร้อมแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ ความจุ 50 Ah จำนวน 2 ลูก และใช้วงจรควบคุมการชาร์จขนาด 60 A ด้านหน้ารถจะติดตั้งใบดินข้าว (ใบไถข้าว) ขนาด (กว้าง x สูง) เท่ากับ 50×30 เซนติเมตร ด้านหลังรถจะติดตั้งใบเกลี่ยข้าวขนาด (กว้าง x สูง) เท่ากับ 50×30 เซนติเมตร



รูปที่ 1 แบบจำลองรถเกลี่ยข้าวที่ออกแบบด้วยโปรแกรม SketchUp

2. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

บริเวณด้านบนรถเกลี่ยข้าวได้ออกแบบและติดตั้งแผ่นวางเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เหล็กฉากเจาะรูขนาด (กว้าง x ยาว) เท่ากับ 70×148 เซนติเมตร เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ทำการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับวงจรควบคุมการชาร์จและแบตเตอรี่ ทำการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการวัดค่ากระแสไฟฟ้า (A) แรงดันไฟฟ้า (V) อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความเข้มแสง (Lux) ในช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น. ของวันที่มีแดดปกติ (ท้องฟ้าโปร่ง) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้น นำข้อมูลที่ได้อ้อมาคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้า (W) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 2 แผนภาพระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

3. การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยช้าว

หลังจากติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และผลิตพลังงานไฟฟ้าชาร์จเก็บไว้ที่แบตเตอรี่จนเพียงพอแล้ว ทำการทดลองควบคุมและขับเคลื่อนเกี่ยช้าว เพื่อหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละส่วน การควบคุมและการขับเคลื่อน ได้แก่ การเดินหน้า, การถอยหลัง, เลี้ยวซ้าย, เลี้ยวขวา, ใบเกี่ยช้าวเลื่อนขึ้น, ใบเกี่ยช้าวเลื่อนลง, ใบต้นข้าวเลื่อนขึ้น, ใบต้นข้าวเลื่อนลง, เปิดฝากล่องบรรจุข้าว, และปิดฝากล่องบรรจุข้าว โดยทำการทดลองบนลานพื้นปูนที่มีลักษณะราบเรียบ ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง บันทึกกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละส่วน จากนั้น นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (W) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ในการทดลองนี้ เพื่อให้เห็นลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนได้ชัดเจนขึ้น จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณี คือ การควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยช้าวเปล่า (ไม่บรรจุทุกข้าวเปลือก) และการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยช้าวที่บรรจุทุกข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม

4. การทดลองการปล่อยข้าวและการเกี่ยช้าว

ภายในรถเกี่ยช้าวได้ออกแบบให้มีกล่องสำหรับบรรจุข้าวเปลือกขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากับ 45 x 25 x 25 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบรรจุข้าวเปลือกได้สูงสุด 10 กิโลกรัม บริเวณด้านล่างกล่องบรรจุข้าวติดตั้งกลไกสำหรับเปิด-ปิดฝากล่องบรรจุข้าว โดยใช้มอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ จำนวน 1 ตัว ยึดแกนมอเตอร์เข้ากับบอลสกรูผ่านตัวคัปปลิ่งและปลายบอลสกรูเชื่อมต่อกับฝากล่องบรรจุข้าว ซึ่งสามารถเปิดได้สูงสุด 30 องศา ทำให้สามารถควบคุมปริมาณการไหลของข้าวได้ จากนั้น ทำการทดลองปล่อยข้าวเปลือก

โดยบรรจุข้าวเปลือกลงในรถเกลี่ยข้าวจำนวน 10 กิโลกรัม แล้วควบคุมรถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่เป็นแนวตรงพร้อมกดปุ่ม R1 เพื่อเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ทำให้ข้าวเปลือกไหลลงสู่พื้นจนหมด ลักษณะกองข้าวที่ได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำการทดลองซ้ำจนได้กองข้าวครบ 4 กอง บันทึกผลการวัดขนาดกองข้าวและประเมินความสม่ำเสมอกระจายตัวของข้าวบนพื้นด้วยการสังเกต จากนั้น ทำการทดลองการเกลี่ยข้าว โดยควบคุมรถเกลี่ยข้าวให้เคลื่อนที่ผ่านกองข้าวแต่ละกองตามแนวยาวพร้อมกดปุ่ม X สั่งให้ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลงเพื่อทำการเกลี่ยข้าว หลังการเกลี่ยบันทึกผลการวัดขนาดกองข้าวหลังเกลี่ยและประเมินความสม่ำเสมอกระจายตัวของข้าวบนพื้นด้วยการสังเกต

5. การทดลองการลดความชื้นในข้าวเปลือก

บริเวณด้านหลังรถเกลี่ยข้าวได้ติดตั้งใบเกลี่ยข้าวที่สามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้ด้วยลิเนียร์ แอคทูเอเตอร์ (Electric Linear Actuator) โดยควบคุมผ่านการกดปุ่ม Triangle (ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนขึ้น) และปุ่ม X (ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลง) ที่อยู่บน Joystick PS2 เริ่มทำการทดลองโดยชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกที่เตรียมไว้ประมาณ 10 กิโลกรัมและวัดความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกด้วยเครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืช ยี่ห้อ Yieriyi รุ่น YY-1011 จากนั้น เทข้าวเปลือกลงในกล่องบรรจุข้าว แล้วบังคับให้รถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่เป็นแนวตรงบนลานตากข้าวพร้อมกดปุ่ม R1 เพื่อปล่อยข้าวเปลือกลงบนพื้นจนหมด จากนั้น บังคับรถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่ถอยหลังกลับในแนวเดิมพร้อมกดปุ่ม X สั่งให้ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลงจนเกือบถึงพื้น (สูงจากพื้น 1 เซนติเมตร) เพื่อทำการเกลี่ยข้าว ทำการทดลองในลักษณะเดียวกันซ้ำจนได้กองข้าวจำนวน 5 กอง จากนั้น ปล่อยให้ข้าวเปลือกตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (09:00 – 15:00 น.) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ทำการเก็บรวบรวมข้าวเปลือกโดยใช้ไบตันข้าว (หรือไบโถข้าว) ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหลังรถเกลี่ยข้าวเพื่อดันข้าวให้รวมกันเป็นกองไว้สำหรับตักใส่กระสอบ จากนั้นชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกและวัดความชื้นหลังการตากทั้ง 5 กอง บันทึกผลการทดลอง เปรียบเทียบน้ำหนัก ความชื้นก่อนและหลังการตาก เพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของการเกลี่ยข้าวและการลดความชื้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการออกแบบและสร้างรถเกลี่ยข้าว

ผลการสร้างรถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย แสดงดังรูปที่ 3



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

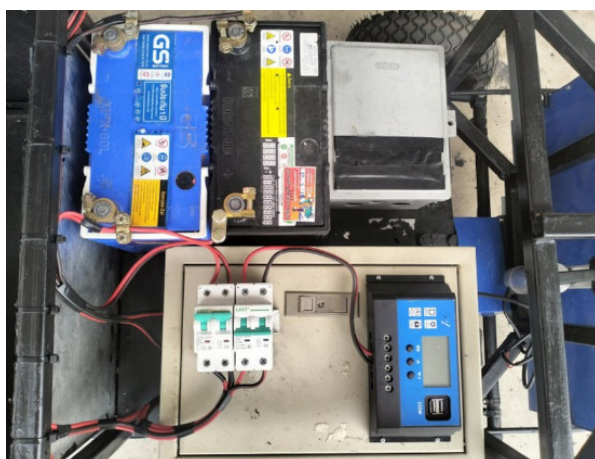
รูปที่ 3 รถเกลี่ยข้าวที่สร้างเสร็จ

(ก) ภาพมุมเอียง, (ข) ภาพด้านหลัง, (ค) ภาพด้านซ้าย, (ง) ภาพด้านขวา

รถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สายที่สร้างเสร็จแล้วประกอบด้วย โครงสร้างตัวรถ ระบบควบคุมไร้สาย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบ ควบคุมและการขับเคลื่อน ทุกระบบทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

2. ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับวงจรควบคุมการชาร์จและแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4 ทำการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยนำรถเกลี่ยข้าวไปจอดกลางแจ้ง ในพื้นที่โล่งกว้างไม่มีอะไรบดบังแสงอาทิตย์ เลือกทำการทดลองในวันที่มีแสงแดดปกติ (ท้องฟ้า โปร่ง) เป็นเวลา 3 วัน โดยวัดค่ากระแสไฟฟ้า (A) แรงดันไฟฟ้า (V) อุณหภูมิ (°C) และความ ชัดแสง (Lux) ในช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น. ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์ดังตารางที่ 1 – 3



รูปที่ 4 การต่ออุปกรณ์ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (14 กรกฎาคม 2568)

เวลา	ความเข้มแสง (Lux)	อุณหภูมิ (°C)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
09:00 น.	56900	28	14.28	5.20	74.25
10:00 น.	66200	29	14.15	6.03	85.32
11:00 น.	70900	31	15.38	6.54	100.58
12:00 น.	86700	31	14.16	7.34	103.93
13:00 น.	82300	32	14.21	7.19	102.23
14:00 น.	79900	32	14.51	6.78	98.42
15:00 น.	66700	32	15.12	5.98	90.49
16:00 น.	54800	31	14.25	5.19	73.95
17:00 น.	42000	31	14.15	4.70	66.50

จากตารางที่ 1 พบว่า ที่เวลา 12:00 น. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 103.93 W (แรงดันไฟฟ้า 14.16 V กระแสไฟฟ้า 7.34 A) ซึ่งช่วงเวลานั้นแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงสุด 86700 Lux จากค่ากำลังไฟฟ้า (W) นำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้ เท่ากับ 795.67 Wh

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (17 กรกฎาคม 2568)

เวลา	ความเข้มแสง (Lux)	อุณหภูมิ (°C)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
09:00 น.	52700	27	15.18	4.71	71.49
10:00 น.	56800	28	14.10	5.27	74.30
11:00 น.	68900	29	14.67	6.38	93.59
12:00 น.	75400	31	15.51	6.61	102.58
13:00 น.	72700	31	15.33	6.70	102.71
14:00 น.	65800	31	14.90	6.83	101.77
15:00 น.	63100	31	15.54	6.12	95.04
16:00 น.	46700	30	15.25	5.18	78.99
17:00 น.	38100	30	14.84	4.70	69.74

จากตารางที่ 2 พบว่าที่เวลา 13:00 น. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 102.71 W (แรงดันไฟฟ้า 15.33 V กระแสไฟฟ้า 6.70 A) ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงเวลา 12:00 น. ที่ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 102.58 W (แรงดันไฟฟ้า 15.51 V กระแสไฟฟ้า 6.61 A) จากค่ากำลังไฟฟ้า (W) นำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้ เท่ากับ 790.21 Wh

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (18 กรกฎาคม 2568)

เวลา	ความเข้มแสง (Lux)	อุณหภูมิ (°C)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
09:00 น.	56900	27	15.61	5.85	91.26
10:00 น.	59000	29	15.02	6.19	92.97
11:00 น.	61600	28	15.65	6.45	100.87
12:00 น.	81200	28	15.08	7.24	109.17
13:00 น.	76200	31	14.91	7.04	104.95
14:00 น.	75500	31	15.54	6.93	107.73
15:00 น.	62700	32	15.42	6.31	97.34
16:00 น.	42400	32	15.50	6.01	93.10
17:00 น.	21700	31	15.18	4.67	70.89

จากตารางที่ 3 พบว่า ที่เวลา 12:00 น. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 109.17 W (แรงดันไฟฟ้า 15.08 V กระแสไฟฟ้า 7.24 A) ซึ่งช่วงเวลานั้นแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงสุด 81200 Lux จากค่ากำลังไฟฟ้า (W) นำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้ เท่ากับ 868.28 Wh

จากผลการทดลองตารางที่ 1 – 3 พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้แตกต่างกันตามช่วงเวลา และสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดในช่วงเวลา 12:00 – 13:00 น.

ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงมากที่สุด เมื่อนำพลังงานรวมทั้ง 3 วันมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ 818.05 Wh (ช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น.) และคิดประสิทธิภาพของระบบ 80% ดังนั้น พลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยที่ผลิตได้จะเท่ากับ 654.44 Wh เมื่อพิจารณาพลังงานรวมของแบตเตอรี่ 12 V x (50+50) Ah จะได้ 1200 Wh พลังงานที่ใช้ได้จริงสำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดประมาณ 50% (ถนอมแบตเตอรี่) ดังนั้น พลังงานรวมของแบตเตอรี่ที่ใช้ได้ เท่ากับ 600 Wh เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยที่ผลิตได้ จะเห็นว่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกับพลังงานที่สามารถจัดเก็บ แสดงว่า ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมดุลมีประสิทธิภาพลดการสูญเสียพลังงานส่วนเกิน

3. ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนเกลียวข้าว

การวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจะทำการวัดแยกในแต่ละส่วน ส่วนการขับเคลื่อน ได้แก่ (1) จอดนิ่ง, (2) เดินหน้า, (3) ถอยหลัง, (4) เลี้ยวซ้าย, (5) เลี้ยวขวา, ส่วนการควบคุม ได้แก่ (6) ไบตันข้าวเลื่อนขึ้น, (7) ไบตันข้าวเลื่อนลง, (8) ไบเกลียวข้าวเลื่อนขึ้น, (9) ไบเกลียวข้าวเลื่อนลง, (10) เปิดฝากล่องบรรจุข้าว, (11) ปิดฝากล่องบรรจุข้าว, การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กระทำกับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในส่วนนั้น ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกลียวข้าวแสดงดังตารางที่ 4 – 5

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกลียวข้าว (ไม่บรรจุทุกข้าวเปลือก)

ครั้งที่	แรงดันไฟฟ้า (V) / กระแสไฟฟ้า (A)										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	12.88	3.46	3.59	4.92	4.91	9.74	9.74	9.59	9.58	9.66	9.66
	0.11	3.58	2.07	0.76	0.78	0.57	0.48	0.72	0.75	1.32	0.31
2	12.93	3.48	3.58	4.92	4.92	9.73	9.72	9.58	9.60	9.65	9.65
	0.11	3.62	2.10	0.77	0.75	0.55	0.50	0.71	0.67	1.27	0.26
3	12.92	3.51	3.58	4.92	4.92	9.73	9.74	9.58	9.58	9.66	9.65
	0.12	3.42	2.07	0.73	0.77	0.57	0.51	0.75	0.72	1.27	0.29
4	12.84	3.43	3.58	4.92	4.91	9.73	9.73	9.59	9.59	9.66	9.64
	0.14	3.88	2.01	0.75	0.72	0.56	0.47	0.68	0.71	1.34	0.25
5	12.87	3.45	3.58	4.92	4.92	9.73	9.74	9.60	9.59	9.66	9.65
	0.10	3.45	2.12	0.74	0.74	0.54	0.49	0.72	0.70	1.34	0.28
ค่าเฉลี่ย	12.88	3.46	3.58	4.92	4.91	9.73	9.73	9.58	9.58	9.65	9.65
	0.11	3.59	2.07	0.75	0.75	0.55	0.49	0.72	0.71	1.30	0.27
กำลังไฟฟ้า (W)	1.41	12.42	7.41	3.69	3.68	5.35	4.76	6.89	6.80	12.54	2.60

ตารางที่ 5 ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถ
เกี่ยข้าว (บรรทุกข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม)

ครั้งที่	แรงดันไฟฟ้า (V) / กระแสไฟฟ้า (A)										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	12.84	3.12	3.08	4.84	4.84	9.74	9.63	9.61	9.61	9.43	9.53
	0.14	7.97	7.94	1.02	1.02	0.66	0.70	0.51	0.53	3.09	0.35
2	12.84	3.09	3.11	4.84	4.84	9.73	9.63	9.61	9.60	9.41	9.53
	0.15	7.56	7.64	0.97	0.98	0.76	0.74	0.62	0.54	2.98	0.34
3	12.84	3.07	3.11	4.84	4.84	9.74	9.63	9.60	9.60	9.42	9.53
	0.15	8.17	7.52	0.99	1.01	0.71	0.72	0.54	0.55	3.12	0.33
4	12.84	3.06	3.06	4.84	4.84	9.74	9.64	9.60	9.60	9.47	9.53
	0.15	7.04	8.04	0.96	1.01	0.70	0.79	0.43	0.52	3.01	0.37
5	12.84	3.06	3.14	4.85	4.84	9.74	9.69	9.61	9.61	9.48	9.54
	0.15	8.25	7.93	0.98	1.00	0.67	0.73	0.54	0.57	3.12	0.32
ค่าเฉลี่ย	12.84	3.08	3.10	4.84	4.83	9.73	9.64	9.60	9.60	9.44	9.53
	0.15	7.80	7.81	0.98	1.00	0.70	0.73	0.52	0.54	3.06	0.34
กำลังไฟฟ้า (W)	1.79	24.02	24.21	4.74	7.83	6.81	7.03	4.99	5.18	28.88	3.24

จากตารางที่ 4 พบว่า ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้า ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว

จากตารางที่ 5 พบว่า ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้า (24.02 W) และถอยหลัง (24.21 W) ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว (28.88 W)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยข้าวในแต่ละส่วน ซึ่งแบบเป็น 2 กรณี คือ รถเกี่ยข้าวเปล่า (ไม่บรรทุกข้าวเปลือก) และรถเกี่ยข้าวที่บรรทุกข้าวเปลือก 10 กิโลกรัม พบว่า การบรรทุกข้าวเปลือกส่งผลให้รถเกี่ยข้าวใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะส่วนการขับเคลื่อน ได้แก่ การเดินหน้าและถอยหลัง ส่วนการควบคุม ได้แก่ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว เนื่องจากน้ำหนักข้าวเปลือก (ภาระโหลด) ทำให้มอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับเคลื่อนทั้ง 3 ส่วน ต้องใช้แรงมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่จากผลการทดลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 109.17 W ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบควบคุมและการขับเคลื่อนรถเกี่ยข้าว

4. ผลการทดลองการปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว

ขณะรถเกลี่ยข้าวเคลื่อนที่ กดปุ่ม R1 เพื่อเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ข้าวเปลือกจะไหลลงสู่พื้นลักษณะกองข้าวเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวต่อเนื่องเมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง ทำการวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ย จากนั้น ควบคุมรถเกลี่ยข้าวให้เคลื่อนที่ผ่านกองข้าวแต่ละกอง กดปุ่ม X สั่งให้ใบเกลี่ยข้าวเลื่อนลงเพื่อทำการเกลี่ยข้าว บันทึกผลการวัดขนาดกองข้าวหลังเกลี่ย ผลการวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ยและหลังเกลี่ยแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองการวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ยและหลังเกลี่ย

ครั้งที่	กองที่	ขนาดกองข้าว					
		ก่อนเกลี่ย			หลังเกลี่ย		
		กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)
1	1	55	295	2.0	56	340	1.8
	2	53	294	2.2	58	296	2.0
	3	53	278	2.0	56	320	1.7
	4	52	280	2.1	58	318	1.8
2	1	51	308	2.1	56	340	1.6
	2	51	305	2.0	59	350	1.8
	3	52	310	2.1	58	340	1.8
	4	54	310	2.1	56	334	1.7
3	1	53	302	2.0	56	340	1.8
	2	54	290	2.0	55	304	1.8
	3	54	329	2.0	55	375	1.7
	4	56	320	2.1	58	350	2.0
ค่าเฉลี่ย		53.1	301.7	2.0	56.7	333.4	1.7

จากตารางที่ 6 พบว่า หลังการปล่อยข้าว (ก่อนเกลี่ย) กองข้าวมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 53.10 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 301.70 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 2.0 เซนติเมตร เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง แสดงว่า ระบบการปล่อยข้าวทำให้ข้าวเปลือกไหลอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง ข้าวมีการกระจายตัวบนพื้นในลักษณะใกล้เคียงกันทุกกอง หลังการเกลี่ยกองข้าวมีขนาด กว้างเฉลี่ย 56.7 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 333.4 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 1.7 เซนติเมตร จากการสังเกต พบว่า การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน และข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น (สังเกตจากร่องฟันของใบเกลี่ยลึกเกือบถึงพื้น) ทำให้ข้าวแห้งเร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในการตากข้าว



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 5 การวัดขนาดกองข้าวก่อนเกลี่ยและหลังเกลี่ย (ก) วัดความยาวก่อนเกลี่ย (ข) วัดความยาวหลังเกลี่ย (ค) วัดความกว้างก่อนเกลี่ย (ง) วัดความกว้างหลังเกลี่ย

5. ผลการทดลองการลดความชื้นในข้าวเปลือก

เมื่อปล่อยข้าวเปลือกลงบนพื้นจนครบ 5 กอง ทำการเกลี่ยข้าวทั้งหมด กองข้าวหลังเกลี่ยจะมีลักษณะดังรูปที่ 5 (ข) จากนั้น ตากข้าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (09:00 – 15:00 น.) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำข้าวเปลือกทั้ง 5 กองมาชั่งน้ำหนักและวัดความชื้น ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 พบว่า เริ่มต้นข้าวเปลือกมีน้ำหนักเฉลี่ย 10.48 กิโลกรัม ความชื้นเฉลี่ย 21.52% (wb) หลังจากการเกลี่ยและตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ข้าวเปลือกมีน้ำหนักเฉลี่ย 9.90 กิโลกรัม ความชื้นเฉลี่ย 12.12% (wb) จะเห็นว่า ความชื้นหลังการตากลดลงจากเดิม 9.4% (wb) ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเกลี่ยข้าวช่วยให้ข้าวกระจายออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน และข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น

ตารางที่ 7 ผลการทดลองการลดความชื้นในข้าวเปลือก

ครั้งที่	ก่อนเกลี่ย		หลังตาก	
	น้ำหนักข้าวเปลือก (kg)	ความชื้นข้าวเปลือก % (wb)	น้ำหนักข้าวเปลือก (kg)	ความชื้นข้าวเปลือก % (wb)
1	10.5	20.7	10.0	11.8
2	10.6	21.8	10.1	12.4
3	10.4	22.2	9.8	12.1
4	10.3	21.0	9.5	12.2
5	10.6	21.9	10.1	12.1
ค่าเฉลี่ย	10.48	21.52	9.90	12.12

หมายเหตุ : หน่วยวัดความชื้นข้าวเปลือก คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก, % (wet basis) หรือ % (wb)

จากผลการวิจัยการพัฒนารถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สายสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

เนื่องจากการออกแบบรถเกลี่ยข้าวได้คำนึงถึงอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งบนตัวรถ ดังนั้นโครงสร้างตัวรถจึงใช้เหล็กกล่อง ซึ่งมีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ประกอบกับการจัดวางอุปกรณ์เพื่อกระจายน้ำหนักอย่างเหมาะสม ทำให้รถเกลี่ยข้าวสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบทางวิศวกรรมที่ระบุว่าการเลือกใช้โครงสร้างที่มีความแข็งแรงและน้ำหนักที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่และลดการสูญเสียพลังงาน

ส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้แตกต่างกันตามช่วงเวลาและความเข้มแสง โดยสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดในช่วงเที่ยงวัน และระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมดุลมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นไปตามหลักการของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับพลังงานแสงที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kumar (2025) ที่พบว่า ประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นกับความเข้มแสง

ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อน เมื่อบรรทุกข้าวเปลือกเป็นการเพิ่มภาระโหลดให้กับรถเกลี่ยข้าว ส่งผลให้รถเกลี่ยข้าวต้องการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะส่วนที่รับภาระโหลดโดยตรง ได้แก่ การขับเคลื่อนเดินหน้าและถอยหลัง ส่วนการควบคุม ได้แก่ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ซึ่งทั้ง 3 ส่วนเห็นได้ชัดว่า เมื่อรถเกลี่ยข้าวบรรทุกข้าวเปลือกค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางฟิสิกส์

ที่เกี่ยวกับแรงและพลังงาน คือ เมื่อแรงต้านการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ระบบจำเป็นต้องใช้พลังงานมากขึ้นด้วย

ระบบการปล่อยข้าวช่วยทำให้ข้าวเปลือกไหลลงพื้นได้อย่างต่อเนื่อง เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน ร่องฟันของใบเกลี่ยช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศกับแสงแดด ทำให้ข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น ส่งผลให้ความชื้นลดลง ข้าวแห้งเร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ LimpaiBoon & Wiriyaumpaiwong (2009) ได้ศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนธรรมชาติและเปรียบเทียบกับตากแดด พบว่าอัตราการแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ พื้นที่ผิวสัมผัส และการกระจายตัวของวัสดุ

การลดความชื้นของข้าวเปลือกด้วยวิธีการเกลี่ยแล้วตากแดด แสดงเห็นว่า การเกลี่ยข้าวมีผลต่อประสิทธิภาพการลดความชื้นของข้าวเปลือกอย่างชัดเจน การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของกองข้าว เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศกับแสงแดด ทำให้ข้าวมีโอกาสได้รับแสงอย่างทั่วถึง ส่งผลให้ความชื้นระเหยได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการอบแห้งที่ระบุว่าอัตราการระเหยความชื้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสและสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ การลดความชื้นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการไหลของอากาศ และงานวิจัยของ Meesuk & Changjan (2021) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวที่ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า สามารถลดความชื้นของข้าวได้ต่อเนื่องและรวดเร็วกว่าวิธีการตากเพียงอย่างเดียว

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนารถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (1) การออกแบบและสร้างรถเกลี่ยข้าว พบว่า รถเกลี่ยข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย ประกอบด้วย โครงสร้างตัวรถ ระบบควบคุมไร้สาย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบควบคุมและการขับเคลื่อน ทุกระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง (2) การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดในช่วงเวลา 12:00 – 13:00 น. และผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมเฉลี่ยได้เท่ากับ 654.44 Wh ซึ่งสอดคล้องกับพลังงานรวมของแบตเตอรี่ที่เก็บได้ คือ 600 Wh ดังนั้น ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างสมดุลมีประสิทธิภาพ (3) การใช้พลังงานไฟฟ้า

สำหรับการควบคุมและการขับเคลื่อน พบว่า ส่วนการควบคุมที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเปิดฝากล่องบรรจุข้าว ส่วนการขับเคลื่อนที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือ การเดินหน้าและการถอยหลัง การบรรจุทุกข้าวเปลือกส่งผลให้รถเกลี่ยข้าวใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น (4) การปล่อยข้าวและการเกลี่ยข้าว พบว่า การปล่อยข้าวทำให้ข้าวเปลือกไหลลงพื้นได้อย่างต่อเนื่อง เมล็ดข้าวกระจายสม่ำเสมอทั้งกอง การเกลี่ยช่วยให้ข้าวกระจายกว้างออก ลดความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ซ้อนทับกัน ร่องฟันของใบเกลี่ยทำให้ข้าวที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากขึ้น ส่งผลทำให้ข้าวแห้งเร็ว (5) การลดความชื้นในข้าวเปลือก พบว่า หลังการเกลี่ยและตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ข้าวเปลือกมีน้ำหนักลดลงจากเดิม 0.58 กิโลกรัมและความชื้นลดลงจากเดิม 9.4% (wb) ซึ่งเป็นผลมาจากการเกลี่ยข้าวก่อนตาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือวัดและเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัย คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. (2563). *เทคโนโลยีการลดความชื้นและการตากข้าวเปลือก*. กรุงเทพมหานคร: กรมการข้าว.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). *คู่มือการปลูกข้าว*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2561). *การผลิตและการจัดการข้าว*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. (2562). *การลดความชื้นและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวข้าว*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). *สถานการณ์แรงงานภาคเกษตรและแนวโน้มการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- Kumar, V. (2025). Assessment of energy conversion efficiency in solar cells: A photovoltaic performance characterization study. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management*, 3(2), 203-211.

- Limpaiboon, K., & Wiriyaumpaiwong, S. (2009). Drying kinetics of steamed glutinous rice with a free convective solar dryer. *Walailak Journal of Science and Technology*, 6(2), 217-229.
- Meesuk, P., & Changjan, S. (2021). Development of a rice drying machine using solar energy combined with a heater. *Journal of Bansomdej Engineering and Industrial Technology*, 2(2), 28-41.

การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา COMPARISON OF FUEL OIL PRODUCTION VOLUME FORECASTING MODEL

สุภาวิณี ชันคำ* และ สิโรรัตน์ จันทงาม

Supawinee Khankham* and Sirorath Channgam

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ในพระบรมราชูปถัมภ์

Data Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
under the Royal Patronage

Received: 18 March 2026

Revised: 23 April 2026

Accepted: 28 April 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตาสำหรับนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการการผลิตได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน และ 5 เดือน วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม ข้อมูลปริมาณการผลิตน้ำมันเตาแบ่งข้อมูลเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 48 ค่า เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดที่สอง จำนวน 12 ค่า เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 สำหรับตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด โดยให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำที่สุด เท่ากับ 26.676 และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำที่สุด เท่ากับ 6.914%

คำสำคัญ: น้ำมันเตา, ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, การปรับเรียบ, การพยากรณ์รวม

* Corresponding author: สุภาวิณี ชันคำ

E-mail: supawinee@vru.ac.th

Abstract

This purpose of this research was to compare forecasting models of fuel oil production volume, use for management production as appropriate as needed by 3 statistical forecasting methods: moving average method utilizing a period of 3 and 5 months, simple exponential smoothing method, and combined forecasting method. The fuel oil production volume data were divided into two sets. The first dataset had 48 observations from January 2021 to December 2024 to create a forecasting model. The second dataset had 12 observations from January 2025 to December 2025 for checking the accuracy of the forecasting models via the criterion of the lowest of mean absolute error and the lowest mean absolute percentage error. The research of the study shows the forecasting model using the moving average method using 3 months was the best method. This method had the lowest mean absolute error of 26.676 and the lowest mean absolute percentage error of 6.914%.

Keywords: fuel oil, moving average, smoothing, combined forecasting

บทนำ

น้ำมันเตา (Fuel Oil) เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่มีบทบาทสำคัญในหลายภาคส่วน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมและการขนส่งหนัก แม้ในปัจจุบันจะมีการมุ่งเน้นไปสู่การใช้พลังงานสะอาดแต่น้ำมันเตายังคงเป็นแหล่งพลังงานหลักในบางพื้นที่และบางอุตสาหกรรม เนื่องจากคุณสมบัติในการให้พลังงานความร้อนสูง และต้นทุนที่ต่ำเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น น้ำมันเตามีความสำคัญในการผลิตความร้อนและไอน้ำสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานเหล็ก โรงงานปูนซีเมนต์ และโรงงานผลิตกระดาษ นอกจากนี้น้ำมันเตายังถูกนำมาใช้ในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่บางแห่ง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดแคลนแหล่งแก๊สธรรมชาติหรือถ่านหิน ในภาคการขนส่งน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงหลักของเรือเดินสมุทร เรือบรรทุกสินค้า เนื่องจากสามารถให้พลังงานสูงและเหมาะสมกับการใช้งานในระยะทางไกล อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในเครื่องจักรกลหนักสำหรับงานก่อสร้างและเกษตรกรรม เช่น รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักร ในประเทศไทยการผลิตน้ำมันเตาขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของโรงกลั่นน้ำมัน ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการผลิต

รวมประมาณ 1.24 ล้านบาร์เรลต่อวัน ซึ่งถือว่าสูงเป็นอันดับสองในภูมิภาคอาเซียน (วิจัยกรุงศรี, 2567) ในปี 2567 การใช้น้ำมันเตาเฉลี่ยอยู่ที่ 2.0 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งลดลง 6.8% เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า (กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2567) ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้การใช้้ำมันเตาลดลง คือ การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดกว่าเนื่องจากน้ำมันเตามีข้อเสียในด้านการปล่อยมลพิษสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้น้ำมันเตาส่งผลให้เกิดสารมลพิษและการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อเศรษฐกิจ สังคม และสุขภาพของประชาชน (เตือนใจ ดุลย์จินดาชบาพร และคณะ, 2557) ส่งผลให้อุตสาหกรรมหลายแห่งหันมาใช้แก๊สธรรมชาติแทนน้ำมันเตา เนื่องจากมีการปล่อยมลพิษต่ำกว่าและมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีกว่า อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน และมีการบังคับใช้กฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวด แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีความต้องการใช้น้ำมันเตาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณการผลิตน้ำมันเตาเพียงพอต่อการใช้งานในแต่ละภาคส่วนนั้น การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำมันเตาอย่างแม่นยำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้สามารถวางแผนการผลิตและการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเริ่มศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทางสถิติพบว่า

Fahrudin et al. (2021) ศึกษาวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลเชิงเดียว (Single Exponential Smoothing) และ วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลสองเท่า (Double Exponential Smoothing) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลยอดขายรถยนต์ Mitsubishi Motors Corporation จำนวน 60 ค่าตั้งแต่ปี 2014 ถึง 2018 แบบรายเดือน ผลการศึกษาพบว่า วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลสองเท่า ประสิทธิภาพการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ของรถยนต์แต่ละรุ่นดังนี้: ปาเจโร (Pajero) เท่ากับ 3.26%, ฟุโซ (FE; Fuso Canter) เท่ากับ 3.24% และแอลสามร้อย (L300) เท่ากับ 3.37%

สุภาวิณี ชันคำ และ สิโรรัตน์ จันทาม (2566) ศึกษาการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมของปริมาณการส่งออกเครื่องเทศของประเทศไทย โดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ วิธีปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีพยากรณ์รวม โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามัญ ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบด้วย

เส้นโค้งเลขชี้กำลังของบรารวนมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ด้วยค่า $MAPE = 28.93\%$ และค่า $RMSE = 222,979.17$

กัญลิน จิรัฐชยุต (2566) ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกแป้งข้าวเหนียวของไทยไปประเทศจีน ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายและวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ $MA(1)$ ที่ได้จากวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม ด้วยค่า $MAPE = 27.964\%$

วรารคณา กิรติวิบูลย์ (2558) ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำฝนอำเภอเมือง จังหวัดน่าน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือน จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน ตัวแบบพยากรณ์ โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม ผลการวิจัยพบว่า จากวิธีการพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด

จากการทบทวนวรรณกรรมการเปรียบเทียบวิธีการที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่าไม่มีเทคนิคการพยากรณ์ใด ที่จะเหมาะสมกับทุกอนุกรมเวลา แต่เมื่อพิจารณาลักษณะข้อมูลปริมาณการผลิตน้ำมันเตา (รูปที่ 1) พบว่าข้อมูลมีแนวโน้มเล็กน้อย แต่ไม่ปรากฏรูปแบบฤดูกาลอย่างชัดเจน และข้อมูลยังมีความผันผวนในระดับใกล้เคียงกันตลอดช่วงเวลา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกวิธีการที่ได้รับการพิจารณาว่าเหมาะสมที่สุดจากงานวิจัยที่ได้ทบทวนมา

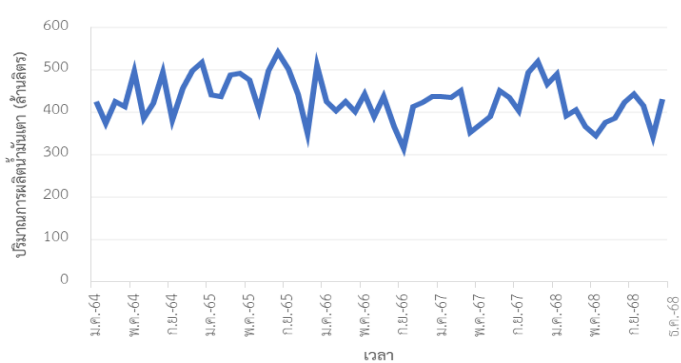
วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา โดยใช้วิธีการทางสถิติจำนวน 3 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน และ 5 เดือน วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลปริมาณการผลิตน้ำมันเตาจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2567) โดยได้แบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดแรกเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 จำนวน 48 ค่า ใช้สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่

เดือนมกราคม พ.ศ. 2568 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 12 ค่า สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำ การแบ่งข้อมูลดังกล่าวยึดหลักการสำคัญของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา คือ การรักษาลำดับเวลา ใช้ข้อมูลในอดีตสำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และใช้ข้อมูลในอนาคตที่ไม่ได้นำมาประมาณค่าเป็นตัวแทนในการประเมินความสามารถในการพยากรณ์ ซึ่งช่วยลดอคติในการประเมินผล เมื่อพิจารณาลักษณะข้อมูลจากรูปที่ 1 พบว่า ข้อมูลมีแนวโน้มเล็กน้อยแต่ไม่ปรากฏรูปแบบฤดูกาลอย่างชัดเจน และมีความผันผวนในระดับใกล้เคียงกันตลอดเวลา จึงสามารถสมมติได้ว่าข้อมูลมีโครงสร้างค่อนข้างคงที่ในช่วงที่ศึกษา ส่งผลให้การใช้ข้อมูลช่วงปี 2564–2567 สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลปี 2568 สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการผลิตน้ำมันเตา (ล้านลิตร)
ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568

ตัวแบบพยากรณ์โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี และการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method: MA)

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2548) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในระยะสั้น โดยอาศัยการคำนวณค่ากลางของข้อมูลในอดีตเพื่อคาดการณ์ค่าของช่วงเวลาถัดไป วิธีนี้มักใช้ในกรณีที่ข้อมูลไม่มีแนวโน้มชัดเจนหรือไม่มีองค์ประกอบตามฤดูกาล (seasonality) และมีความผันผวนที่ต้องการปรับเรียบ (smoothing) เพื่อให้เห็นแนวโน้มของข้อมูลได้ง่ายขึ้น ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการ (1)

$$\hat{Y}_{MA(n)_{t+1}} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Y_{t-i} \quad (1)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{MA(n)_{t+1}}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+1$ ในช่วงระยะเวลา n ที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ย

Y_{t-i} แทน ค่าจริง ณ เวลา $t-i$

n แทน ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ย (กำหนด $n = 3, 5$ เดือน)

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ต้องมีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่ผ่านตามข้อสมมติ คือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ทำการตรวจสอบด้วยการทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ความคลาดเคลื่อนต้องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ทำการตรวจสอบด้วยการทดสอบที (t-test) มีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา ทำการตรวจสอบด้วยการทดสอบของเลวินภายใต้การใช้มัธยฐาน (Levene's test based on median) และความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกัน ทำการตรวจสอบด้วยการทดสอบรัน (Runs test)

2. วิธีการปรับเรียบด้วยเลขชี้กำลังอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing

Method: SES)

วิธีการปรับเรียบด้วยเลขชี้กำลังอย่างง่าย (มุกดา แม่นมิตร, 2549) เป็นเทคนิคหนึ่งในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้หลักการให้ค่าน้ำหนักที่ลดหลั่นกันไป โดยเน้นให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดมากกว่าข้อมูลเก่า เทคนิคนี้ช่วยให้การพยากรณ์มีความยืดหยุ่นมากขึ้นเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ทั่วไป เนื่องจากสามารถปรับให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้เร็วขึ้น

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \quad (2)$$

เมื่อ $\hat{Y}_t, \hat{Y}_{t+1}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ $t+1$

Y_t แทน ค่าจริง ณ เวลา t

α แทน ค่าพารามิเตอร์การปรับเรียบ

สำหรับการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม และการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่ผ่านตามข้อสมมติ คณะผู้วิจัยทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

3. วิธีการพยากรณ์รวม (Combined Forecasting Method: CF)

การพยากรณ์รวมเป็นเทคนิคการประยุกต์ที่มีการรวมค่าพยากรณ์จากตัวแบบพยากรณ์เดี่ยวตั้งแต่ 2 ตัวแบบขึ้นไป เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ใหม่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดสามารถใช้ได้ดีในกรณีที่ตัวแบบพยากรณ์เดี่ยวมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลามากกว่า 1 ตัวแบบ (มุกดา แมนมินทร์, 2549) งานวิจัยนี้ได้พิจารณาตัวแบบพยากรณ์เดี่ยว 2 ตัวแบบที่ได้มาจากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือนและวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAE ของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน มีค่าต่ำที่สุด เมื่อนำมารวมกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่ายที่มีค่า MAPE และ MAE ต่ำเป็นอันดับสาม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการ (3)

$$\hat{Y}_t = w_1 \hat{Y}_{1t} + w_2 \hat{Y}_{2t} \quad (3)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+1}$ แทน ค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา t
 $\hat{Y}_{1t}$ และ $\hat{Y}_{2t}$ แทน ค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย ตามลำดับ
 w_1 และ w_2 แทน ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยว โดยที่ w_1 แทนค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน และ w_2 แทนค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย โดยการให้น้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighting)
 $w_1 = 0.5$ และ $w_2 = 0.5$ เนื่องจากมีความเรียบง่ายและให้ผลลัพธ์ที่มีเสถียรภาพ

สำหรับการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม และการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่ผ่านตามข้อสมมติ คณะผู้วิจัยทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

4. การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

สำหรับการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์จะใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 12 ค่า กับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบการ

พยากรณ์จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ที่มีค่าต่ำที่สุด แสดงดังสมการ (4) และ (5) (Yuk & Thongkam, 2018)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \quad (5)$$

เมื่อ Y_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการผลิตน้ำมันเตา ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ คือ ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 60 ค่า โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ซึ่งผลการศึกษา เป็นดังนี้

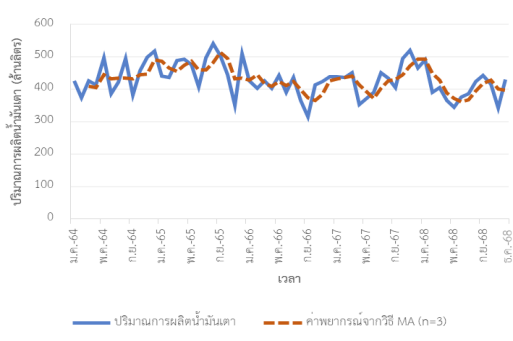
1. ผลการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

1.1 โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (6)

$$\hat{Y}_{MA(3)_{t+1}} = \frac{1}{3} \sum_{i=0}^{3-1} Y_{t-i} \quad (6)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.974, p-value = 0.409) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ ($Z = 0.000$, p-value = 1.000) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 0.359$, p-value = 0.721) และ มีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene = 0.438, p-value = 0.928) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม เมื่อนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์ จะได้ค่าพยากรณ์ แสดงดังรูปที่ 2



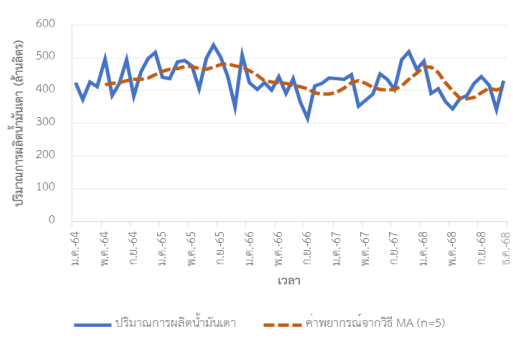
รูปที่ 2 กราฟค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบพยากรณ์วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน

1.2 โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (7)

$$\hat{Y}_{MA(5)_{t+1}} = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^{5-1} Y_{t-i} \quad (7)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปรกติ (Shapiro-Wilk = 0.970, p-value = 0.312) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ ($Z = -0.763$, p-value = 0.446) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 0.587$, p-value = 0.561) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene = 0.656, p-value = 0.768) แสดงว่า ตัวแบบพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม เมื่อนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์ จะได้ค่าพยากรณ์ แสดงดังรูปที่ 3



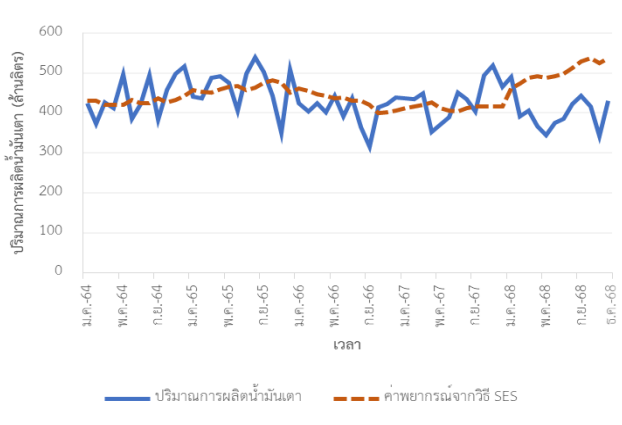
รูปที่ 3 กราฟค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบพยากรณ์วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน

2. ผลการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย ได้เลือกค่า $\alpha = 0.237$ โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ผ่านการทดลองกำหนดค่า α หลายระดับ แล้วนำแต่ละค่าไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ จากนั้นทำการประเมินความแม่นยำของค่าพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเลือกค่า α ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่า α โดยใช้การทดสอบที (t-test) ผลการทดสอบพบว่าค่า $t = 2.397$, $p\text{-value} = 0.021$ ซึ่งให้เห็นว่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการ (8)

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \quad (8)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.975, $p\text{-value} = 0.387$) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ ($Z = 0.000$, $p\text{-value} = 1.000$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 0.407$, $p\text{-value} = 0.686$) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene = 0.784, $p\text{-value} = 0.654$) แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม เมื่อนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์ จะได้ค่าพยากรณ์แสดงดังรูปที่ 4



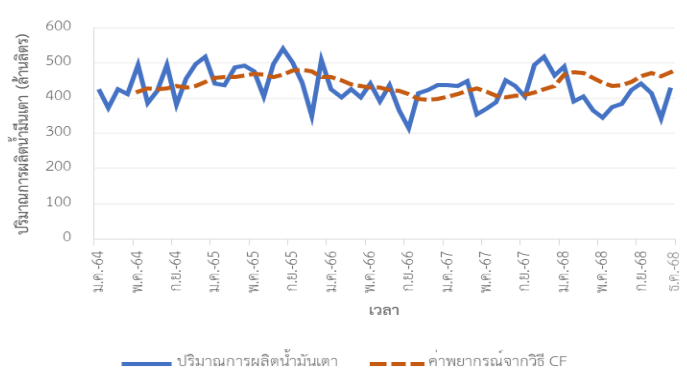
รูปที่ 4 กราฟค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย

3. ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์รวม

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์รวม ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือนและวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (9)

$$\hat{Y}_{t+1} = 0.5\hat{Y}_{MA(3)_t} + 0.5\hat{Y}_{Sim_t} \quad (9)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.972, p-value = 0.350) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z = 0.000, p-value = 1.000) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = 0.404, p-value = 0.688) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene = 0.603, p-value = 0.812) แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์นี้มีความเหมาะสมเมื่อนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์ จะได้ค่าพยากรณ์แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์รวม

4. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงของปริมาณการผลิตน้ำมันเดาและค่าพยากรณ์จากทั้ง 3 วิธี ในตารางที่ 1 พบว่าค่าพยากรณ์จากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด และเมื่อพิจารณาค่า MAE และ MAPE พบว่า ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน มีค่าต่ำสุด (MAE = 26.676, MAPE = 6.914%) แสดงว่าวิธีนี้มีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ และวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำรองลงมา

คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน วิธีการพยากรณ์รวม และวิธีการปรับเรียบ ด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่า MAE และ MAPE ของวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี จากข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2568 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2568

ระยะเวลา	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์			
		วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	วิธีการปรับเรียบ	วิธีการ
		โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือน	โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน	ด้วยเส้นโค้งเลข ชี้กำลังอย่างง่าย	พยากรณ์ รวม
มกราคม 2568	490	491.408	474.436	460.798	467.103
กุมภาพันธ์ 2568	391	448.888	471.853	474.0597	461.474
มีนาคม 2568	405	428.591	454.045	488.3564	458.474
เมษายน 2568	366	387.333	423.533	490.9055	439.119
พฤษภาคม 2568	344	371.667	399.155	487.7821	429.724
มิถุนายน 2568	375	361.667	376.200	492.5708	427.119
กรกฎาคม 2568	385	368.000	375.000	498.909	433.455
สิงหาคม 2568	423	394.333	378.600	513.1872	453.760
กันยายน 2568	442	416.667	393.800	529.5134	473.090
ตุลาคม 2568	415	426.667	408.000	536.5946	481.630
พฤศจิกายน 2568	342	399.667	401.400	525.091	462.379
ธันวาคม 2568	430	395.667	410.400	536.505	466.086
MAE		26.676	37.310	107.038	56.831
MAPE		6.914	9.643	27.777	14.946

ผลการเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา แสดงให้เห็นว่า ตัวแบบพยากรณ์เดี่ยว แต่ละวิธีให้ระดับความแม่นยำที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อน คือ ค่า MAE และค่า MAPE ผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 เดือน ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด มีค่า MAE เท่ากับ 26.676 และ MAPE เท่ากับ 6.914% แสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ข้อมูลชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากการใช้ช่วงเวลาเฉลี่ยที่ยาวขึ้นช่วยลดความผันผวนของข้อมูล

ระยะสั้น และทำให้ค่าพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น และวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำในอันดับสอง คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน มีค่า MAE เท่ากับ 37.310 และค่า MAPE เท่ากับ 9.634% แม้ยังคงให้ผลการพยากรณ์ในระดับที่ยอมรับได้ แต่มีแนวโน้มเกิดความล่าช้าในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลมากกว่าวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 เดือน อันเป็นผลมาจากการนำข้อมูลย้อนหลังในช่วงเวลาที่ยาวขึ้นมาเฉลี่ย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเชิงทฤษฎีที่ว่า เมื่อขนาดหน้าต่างของค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเรียบของข้อมูลเพิ่มขึ้น แต่ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจะลดลง สำหรับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด มีค่า MAE เท่ากับ 107.038 และ MAPE เท่ากับ 27.777% สะท้อนให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาวิธีการพยากรณ์รวม พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อน มีค่า MAE เท่ากับ 58.831 และ MAPE เท่ากับ 14.946% ซึ่งแม้ว่าการพยากรณ์รวม จะมีข้อดีในการลดความเสี่ยงจากการเลือกใช้ตัวแบบที่ไม่เหมาะสมเพียงแบบเดียว และช่วยเพิ่มความเสถียรของค่าพยากรณ์ในหลายกรณี แต่ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า วิธีดังกล่าวยังไม่สามารถให้ความแม่นยำสูงกว่าวิธีที่ดีที่สุดได้ กล่าวคือ หากมีตัวแบบหนึ่งที่สามารถอธิบายข้อมูลได้ดีอยู่แล้ว การรวมกับตัวแบบที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมลดลง ดังนั้นในการศึกษานี้จึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือนเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันเตา โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด แบบรายเดือน ข้อมูลชุดแรกเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 และข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2568 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงเวลา 3 และ 5 เดือน วิธีการปรับเรียบด้วยเลขชี้กำลังอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือนให้ผลการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูงสุด โดยมีค่า MAE เท่ากับ 26.676 และค่า MAPE เท่ากับ 6.914% รองลงมาคือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้ช่วงเวลา 5 เดือน ซึ่งมีค่า MAE เท่ากับ 37.310 และค่า MAPE เท่ากับ 9.634% ส่วนวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย

มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด โดยมีค่า MAE เท่ากับ 107.038 และ MAPE เท่ากับ 27.777% ขณะที่วิธีการพยากรณ์รวมให้ค่า MAE เท่ากับ 56.831 และค่า MAPE เท่ากับ 14.946% ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้ช่วงเวลา 3 เดือนเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับข้อมูลชุดนี้ เนื่องจากให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์และการวางแผนในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กัญลิน จิรัฐชยุต. (2566). ตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกแป้งข้าวเหนียวของไทยไปประเทศจีน. *Life Sciences and Environment Journal*, 24(1), 118–134.
- กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2567). *สถานการณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรอบ 10 เดือนของปี 2567*. สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2567, จาก <https://www.doeb.go.th>.
- เตือนใจ ดุลย์จินดาชาพร, ลำไย ณีรัตน์พันธ์, และ นุชนารถ วรารักษ์ประภักษ์. (2557). *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานสุรา. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*, 12, 45–58.
- มุกดา แมนมินทร์. (2549). *อนุกรมเวลาและการพยากรณ์*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ประกายพริก.
- วรางคณา กิรติวิบูลย์ (2558). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 38(3), 211–223.
- วิจัยกรุงศรี. (2567). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2568–2570: อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน*. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2567, จาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/energy-utilities/refinery/io/industry-outlook-refinery-2025-2027>.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2567). *เศรษฐกิจอุตสาหกรรม*. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2567, จาก <https://www.oie.go.th/view/1/statistics/TH-TH>.

- สุภาวิณี ชันคำ และ สิริรัตน์ จันทาม. (2566). แบบจำลองการพยากรณ์สำหรับปริมาณการส่งออกเครื่องเทศของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 43(1), 73–83.
- Fahrudin, T. M., Ambariawan, R. P., & Kamisutara, M. (2021). Demand forecasting of the automobile sales using least square, single exponential smoothing and double exponential smoothing. *Petra International Journal of Business Studies*, 4(2), 122–130.
- Yuk, W., & Thongkam, J. (2018). Comparison of Time Series Techniques for Predicting Gold and Oil Prices. *RMUTI journal science and technology*, 154-167.

Udon Thani Rajabhat University
Journal of Science and Technology

Vol.14 Issue.1 (2026)

ISSN 2287-0083

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702 เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>
เว็บไซต์: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>
อีเมล: scjournal@udru.ac.th

