



การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเครื่องหวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการฟั่นสี

โยธิน สุริยมาตร¹ มานพ ดอนหมื่น^{1*} กิตติพิชญ์ หลาบหนองแสง¹ กิตติโรจน์ โชติชื่น²
รณชัย ยุ่งพรมมา³ ทศพล แจ่มน้อย⁴ และ สหสวรรษ ภูจิระ⁴

¹ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

² แผนกวิชาช่างเทคนิคอุตสาหกรรม, วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น

³ แผนกวิชาช่างเขียนแบบเครื่องกล, วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: manop.do@rmuti.ac.th

วันที่รับบทความ: 5 พฤศจิกายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 3 เมษายน 2569; วันที่ตอบรับบทความ: 4 มิถุนายน 2569

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 19 สิงหาคม 2569

บทคัดย่อ: อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรของไทยกำลังเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญเกี่ยวกับการขาดแคลนแรงงาน และความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการฟั่นสี ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดคอขวดในกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเครื่องหวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติในกระบวนการฟั่นสี ได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานและกระบวนการที่มีอยู่ ใช้แผนภูมิแกงปลาเพื่อระบุสาเหตุหลักของความไม่มีประสิทธิภาพ พัฒนาระบบอัตโนมัติโดยใช้มอเตอร์ ระบบเกียร์ทด และระบบควบคุม PLC จากนั้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์จับยึดแบบอัตโนมัติที่พัฒนา สามารถลดเวลาในกระบวนการฟั่นสีจาก 120 นาที เหลือ 95.77 นาที คิดเป็นการลดลงร้อยละ 20.19 นอกจากนี้ จำนวนขั้นตอนการทำงานลดลงจาก 19 ขั้นตอน เหลือ 13 ขั้นตอน คิดเป็นการลดลงร้อยละ 31.58 มีมูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน 3,587,520 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 0.16 ปี หรือ 2 เดือน นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มกำลังการผลิตจาก 4 เครื่อง เป็น 5 เครื่องต่อวัน ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มรายได้ด้านการผลิต

คำสำคัญ: อุปกรณ์จับยึด; ระบบอัตโนมัติ; เครื่องหวดข้าว; กระบวนการฟั่นสี; การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา

Design and Development of a Fixture for an Automated Mobile Rice Thresher to Improve Painting Process Efficiency

Yothin Suriyamart¹, Manop Donmuen^{1*}, Kittipid Labnongsaeng¹, Kittirod Chotchuen²,
Ronnachai Yungpromma³, Tossapol Jangnoi⁴ and Sahassawas Poojeera⁴

¹ Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

² Department of Industrial Technology, Khon Kaen Technical College

³ Department of Mechanical Drafting Technology, Khon Kaen Technical College

⁴ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

* Corresponding Author, E-mail: manop.do@rmuti.ac.th

Received: 5 November 2025; Revised: 3 April 2026; Accepted: 4 June 2026

Online Published: 19 August 2026

Abstract: The Thai agricultural machinery manufacturing industry faces critical challenges pertaining to labor shortages and the imperative to enhance production efficiency, particularly within the painting process, which represents a significant bottleneck in the production workflow. This research aimed to design and develop an automated mobile fixture device for rice thresher in the painting process. Motion and time study techniques were applied to analyze the operational workflow and identify process, utilized fishbone diagrams to systematically identify root causes of inefficiencies, developed an automated system incorporating an electric motor, gear reduction mechanism, and Programmable Logic Controller (PLC)-based control system. Finally, performance testing and economic cost-benefit analysis. The findings revealed that the developed automated fixture device reduced painting process cycle time from 120 minutes to 95.77 minutes, representing a 20.19% reduction, Furthermore, the number of operational steps was decreased from 19 steps to 13 steps, corresponding to a reduction of 31.58%. Economic analysis revealed an operational value of 3,587,520 Thai Baht per annum, with a payback period of 0.16 years, equivalent to approximately two months. In addition, the production capacity was increased from 4 units to 5 units per day, thereby enhancing manufacturing efficiency and augmenting production revenue.

Keywords: Fixture; Automation System; Rice Threshing; Painting Process; Motion and Time Study



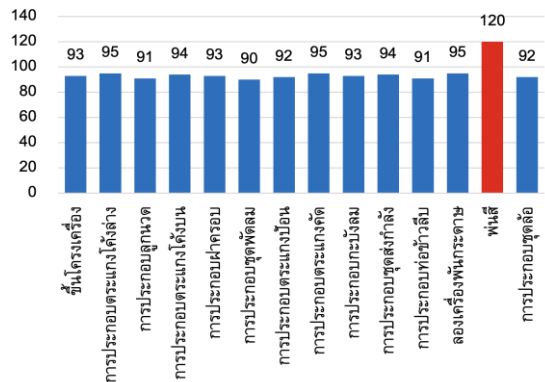
1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรถือเป็นภาคอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศไทย ที่มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนภาคการเกษตรซึ่งเป็นรากฐานทางเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลพบว่ามูลค่าตลาดในประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตรของไทยมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่องอยู่ที่ 158.5 - 171.0 พันล้านบาท เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.0 - 4.0% ต่อปีในช่วงปี 2567-2569 [1] เครื่องนวดข้าวถือเป็นเครื่องจักรกลการเกษตรที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ การผลิตเครื่องนวดข้าวในประเทศไทยมีประวัติยาวนานกว่า 50 ปี โดยมีผู้ผลิตหลักกระจายอยู่ในภาคอีสาน ภาคกลางและภาคเหนือ

บริษัท ตรีศึกษา ABC จำกัด เป็นหนึ่งในผู้ผลิตเครื่องนวดข้าวรายสำคัญของประเทศ ที่ดำเนินธุรกิจมานานกว่า 40 ปี มีประสบการณ์ในการผลิตเครื่องนวดข้าวอเนกประสงค์ที่สามารถใช้ในการนวดพืชหลากหลายชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ทานตะวัน ปอเทือง และถั่วลิสงทุกชนิด ทำให้ได้รับความนิยมจากเกษตรกรทั้งในประเทศและต่างประเทศ เครื่องนวดข้าวที่ผลิตมีหลายรุ่นหลายขนาด ตั้งแต่ขนาด 4 ฟุต 5 ฟุต 6 ฟุต 7 ฟุต และ 8 ฟุต โดยเครื่องนวดข้าวรุ่น 4 ฟุตเป็นรุ่นที่มียอดขายสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์สายการผลิตพบว่ากระบวนการพ่นสีซึ่งเป็นหนึ่งใน 14 สถานีงานของสายการประกอบเครื่องนวดข้าว มีลักษณะเป็นคอขวด (Bottleneck Process) ที่ใช้เวลามากที่สุด โดยใช้เวลารวม 120 นาที จากเวลาการผลิตทั้งหมด 1,391 นาที ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวม

เวลา (นาที)



รูปที่ 1 แสดงเวลาการผลิตเครื่องนวดข้าว (ก่อนปรับปรุง)

ของการผลิต ปัจจุบันโรงงานสามารถผลิตเครื่องนวดข้าวได้เพียง 4 เครื่องต่อวัน แต่มีความต้องการจากตลาดเพิ่มขึ้นเป็น 5 เครื่องต่อวัน หากไม่สามารถปรับปรุงกำลังการผลิตได้ จะสูญเสียโอกาสทางการค้าสูงถึง 240 เครื่องต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า 30.6 ล้านบาทต่อปี

จากการศึกษาพบว่า กระบวนการพ่นสีมีปัญหาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต ขาดความต่อเนื่องในการทำงานเนื่องจากต้องรอให้คนงานเปลี่ยนตำแหน่งการพ่นสี และความซับซ้อนของขั้นตอนการทำงานที่ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการพ่นสี โดยอุปกรณ์จับยึด (Fixture) จะถูกออกแบบให้รองรับน้ำหนัก และเคลื่อนย้ายพร้อมชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับน้ำหนักของชิ้นงาน [2] ซึ่งเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ (Automation System and



Robot) ได้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสายการผลิต เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ดังนั้น ในสายการผลิตและการประกอบจึงหันมาใช้ กระบวนการแบบอัตโนมัติมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อความ รวดเร็วในการดำเนินงานและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวม ของกระบวนการผลิต [3] นอกจากนี้การควบคุมระบบ อัตโนมัติต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมผลิตนิยมใช้ PLC ซึ่งมี คุณสมบัติเด่นด้านความน่าเชื่อถือ ความยืดหยุ่นใน การควบคุม และการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และ หุ่นยนต์ [4] จากการศึกษาเปรียบเทียบระบบพ่นสีด้วย Robot กับ การพ่นสีด้วยปั้นแบบแมนนวล (Manual) พบว่าโดยรวมระบบอัตโนมัติสามารถควบคุมความ หนาฟิล์ม ความหยาบพื้นผิว และการยึดเกาะได้ดีขึ้น โดยใช้พลังงานและเวลาในการพ่นลดลง [5] ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบอัตโนมัติในการยกระดับ ประสิทธิภาพการผลิต เพื่อสนับสนุนการออกแบบและ พัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าว งานวิจัยนี้ยังอ้างอิงแนวทาง จากการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และ ปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [6, 7] รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของ การลงทุน เช่น ระยะเวลาคืนทุน [8] เป็นต้น ตัวอย่าง การประยุกต์ใช้อุปกรณ์จับยึด (Fixture) ในงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง เช่น การออกแบบและใช้งานฟิกซ์เจอร์ เฉพาะทางที่พัฒนาขึ้นใหม่ช่วยลดเวลาและความ ผิดพลาดในกระบวนการเชื่อม สามารถลดรอบการผลิต (Cycle Time) ลงได้ถึง 20% [9] และยังสามารถเพิ่ม ผลิตภาพในสายการผลิตแคลมป์เบรกได้ 84.84% แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้อุปกรณ์จับยึด (Fixture) ในกระบวนการเชื่อมด้วย Robot [10]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่ อัตโนมัติในกระบวนการพ่นสี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิต ลดเวลาการทำงาน นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยัง มีการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพและความคุ้มค่า ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุน

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยออกแบบพัฒนาและทดลอง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การศึกษา ข้อมูลกระบวนการพ่นสี 2) การวิเคราะห์สาเหตุของ การพ่นสีล่าช้าใช้เวลานาน 3) การออกแบบและผลิต อุปกรณ์จับยึด (Fixture) และ 4) การทดสอบและ ประเมินผล โดยการศึกษาข้อมูลการทำงานก่อนการ ปรับปรุงของกระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าวรุ่น 4 ฟุตใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study) และข้อมูลด้านการผลิต ของสถานประกอบการ

2.1 การศึกษาข้อมูลกระบวนการพ่นสี

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและนำข้อมูลขั้นตอนการ ทำงานในกระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าวด้วย Robot ปัจจุบันก่อนการปรับปรุงจากสถานประกอบการ แสดงดังรูปที่ 2 โดยการใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) แสดงดังตารางที่ 1 เพื่อ วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการพ่นสี โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ประเภท ได้แก่ การ ดำเนินงาน การเคลื่อนที่ การรอคอย การตรวจสอบ และการเก็บรักษา



บทความวิจัย



รูปที่ 2 กระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าวด้วย Robot

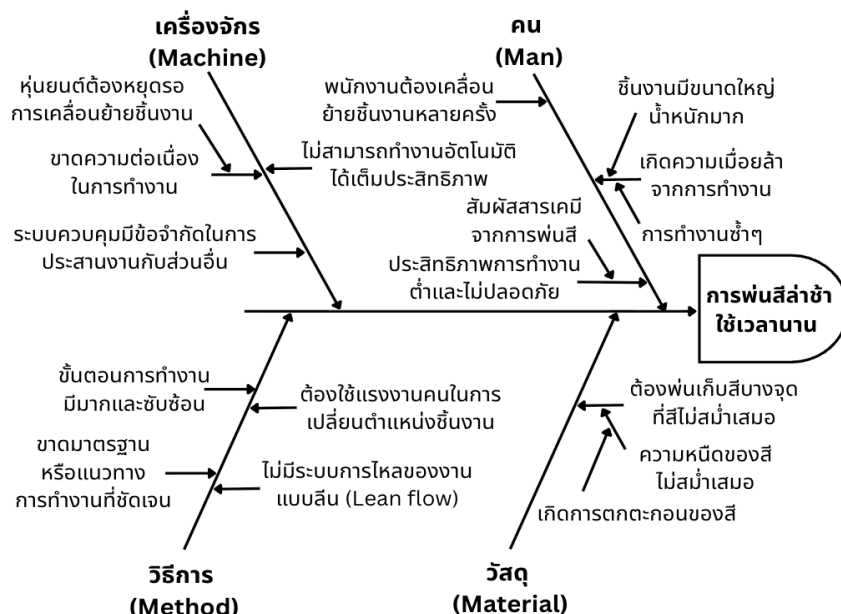
2.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหากระบวนการพ่นสีล่าช้าใช้เวลานาน

การศึกษาข้อมูลพบว่ากระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าวรุ่น 4 พ่นด้วยหุ่นยนต์ (Robot) แสดงดังตารางที่ 1 ประกอบด้วย 19 ขั้นตอน ใช้เวลารวมกระบวนการพ่นสี 120 นาที ผู้วิจัยได้ทำการหาสาเหตุของปัญหา โดยการวิเคราะห์ปัญหากระบวนการพ่นสีล่าช้า ใช้เวลานานด้วยแผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone Diagram) [11] ดังแสดงในรูปที่ 3

ตารางที่ 1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าวรุ่น 4 พ่น (ก่อนปรับปรุง)

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	สัญลักษณ์					เวลา (นาที)
	○	⇒	D	□	▽	
1. รถโฟล์คลิฟท์ยกงานมาวางบนแท่นรองชิ้นงาน	●					3.42
2. พนักงานชิ้นงานเข้าห้องพ่นสีให้ตรงตำแหน่งโซนที่ 1		●				1.12
3. ล็อกสลักกับพื้น	●					3.20
4. Robot พ่นสีโซนที่ 1	●					1.50
5. ถอดสลักและเลื่อนแท่นไปโซนที่ 2 และล็อกสลักกับพื้น	●					3.49
6. Robot พ่นสีโซนที่ 2	●					1.60
7. ถอดสลักและเลื่อนแท่นไปโซนที่ 3 และล็อกสลักกับพื้น	●					3.33
8. Robot พ่นสีโซนที่ 3	●					1.70
9. ถอดสลักและเลื่อนแท่นออกนอกห้องพ่นสี	●					3.35
10. รถโฟล์คลิฟท์ยกงานกลับด้านแล้ววางบนแท่นรองชิ้นงาน	●					3.47
11. พนักงานชิ้นงานเข้าห้องพ่นสีให้ตรงตำแหน่งโซนที่ 4		●				1.58
12. ล็อกสลักกับพื้น	●					3.03
13. Robot พ่นสีโซนที่ 4	●					1.60
14. ถอดสลักและเลื่อนแท่นไปโซนที่ 5 และล็อกสลักกับพื้น	●					3.25
15. Robot พ่นสีโซนที่ 5	●					1.60
16. ถอดสลักและเลื่อนแท่นไปโซนที่ 6 และล็อกสลักกับพื้น	●					2.97
17. Robot พ่นสีโซนที่ 6	●					1.65
18. ถอดสลักและเลื่อนแท่นออกนอกห้องพ่นและยกชิ้นงานออก	●					3.14
19. รอสีแห้ง					●	75.00
รวมเวลา						120.00

หมายเหตุ: ○ = การปฏิบัติงาน ⇒ = การเคลื่อนที่ D = การรอคอย □ = การตรวจสอบ ▽ = การจัดเก็บ



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพใช้เวลานาน ด้วยแผนภูมิแกงปลา

การวิเคราะห์ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพใช้เวลานาน ด้วยแผนภูมิแกงปลา โดยการจำแนกสาเหตุเป็น 4 หมวดตามหลัก 4M ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุ (Material) และวิธีการ (Method) สาเหตุหลักในด้านคนพบว่า พนักงานต้องเคลื่อนย้ายชิ้นงานหลายครั้ง และมีการทำงานลักษณะเดิมซ้ำๆ ในด้านเครื่องจักรพบว่า Robot ต้องหยุดรอการทำงานจากขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและขั้นตอนอื่น ๆ ประกอบด้วยขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 16 และ 18 เป็นเวลารวม 35.35 นาที (ไม่รวมขั้นตอนการรอสีแห้ง) ส่งผลให้กระบวนการทำงานขาดความต่อเนื่อง และไม่สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในด้านวิธีการพบว่าขั้นตอนการทำงานมีหลายขั้นตอน และการเปลี่ยนตำแหน่งพ่นสีต้องใช้แรงงานคน

ในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาลำช้าในกระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าว โดยใช้แผนภูมิแกงปลา มาประเมินร่วมกับเครื่องมือเมทริกซ์ผลกระทบและความยาก (Impact-Difficulty Matrix) แสดงดังรูปที่ 4 เพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยพิจารณาจาก 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และ 2) ความยากง่ายในการแก้ไขปัญหา ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A คือ ผลกระทบสูง สามารถแก้ไขง่าย กลุ่ม B คือ ผลกระทบต่ำ สามารถแก้ไขง่าย กลุ่ม C คือ ผลกระทบสูง สามารถแก้ไขยาก และ กลุ่ม D คือ ผลกระทบต่ำ สามารถแก้ไขยาก



บทความวิจัย

Difficulty (Easy->Hard)	(D) Low impact/Hard - การจ้างพนักงานเพิ่มในกระบวนการ	(C) High impact/Hard - สร้างอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติ
	(B) Low impact/Easy - จัดหาอุปกรณ์เซฟตี้ (PPE) เพื่อลดความเหนื่อยล้าและความเสี่ยงจากสารเคมี - ทำ SOP มาตรฐานการผสมสีเพื่อลดปัญหาสีไม่สม่ำเสมอ	(A) High impact/Easy
Impact (Low->High)		

รูปที่ 4 การวิเคราะห์แบบตารางจัดรัส (Impact–Difficulty Matrix)

จากการประเมินพบว่า แนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น เช่น การปรับปรุงมาตรฐานการทำงาน (Method) หรือการจัดการอุปกรณ์ จัดเป็นแนวทางที่ดำเนินการได้ง่าย (Low Difficulty) แต่ส่งผลกระทบต่อ การแก้ปัญหาในระดับต่ำ (Low Impact) เนื่องจากไม่สามารถแก้ไขข้อจำกัดหลักเรื่องความต่อเนื่องในกระบวนการพ่นสีและน้ำหนักของชิ้นงานได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาเชิงโครงสร้าง โดยเลือกแนวทางการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) แบบเคลื่อนที่อัตโนมัติ ซึ่งแม้จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มแนวทางที่มีความท้าทายและใช้ทรัพยากรในการพัฒนาสูง (High Difficulty - Major Projects) เนื่องจากต้องอาศัยการบูรณาการเทคโนโลยีทางวิศวกรรม ทั้งมอเตอร์ ระบบเกียร์ทด และระบบควบคุม PLC ซึ่งแนวทางดังกล่าวถูกประเมินว่าจะส่งผลกระทบเชิงบวกในระดับสูงมาก (High Impact) ต่อกระบวนการผลิตโดยรวม เนื่องจากสามารถขจัดความสูญเปล่า (Wastes) จากการรอคอยในกระบวนการพ่นสี ลดปัญหาด้านแรงงานได้อย่างเป็นรูปธรรม

2.3 แนวทางการแก้ปัญหา

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา กระบวนการพ่นสีล่าช้าใช้เวลานาน คณะผู้วิจัยจึงได้พิจารณาเลือกแนวทางการออกแบบและพัฒนาระบบที่สามารถแก้ไขสาเหตุหลักดังกล่าว ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติ เนื่องจากลดความจำเป็นของขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน โดยเฉพาะการเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่เดิมต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก ส่งผลให้การพ่นสีเครื่องนวดข้าวสามารถดำเนินไปอย่างต่อเนื่องในทั้งสองด้าน นอกจากนี้ ระบบดังกล่าวยังช่วยแก้ไขข้อจำกัดในด้านเครื่องจักร (Machine) เนื่องจากเมื่ออุปกรณ์จับยึด (Fixture) สามารถเคลื่อนที่และหมุนชิ้นงานได้เอง หุ่นยนต์พ่นสีก็สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ลดเวลาหยุดรอคอย และเพิ่มศักยภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในด้านแรงงานคน (Man) การนำอุปกรณ์จับยึด (Fixture) แบบอัตโนมัติมาใช้สามารถลดภาระการทำงานหนัก เช่น การดัน และหมุนชิ้นงาน ซึ่งเป็นการลดปัญหาที่เกิดจากความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการพ่นสีผ่านตำแหน่งหยุดแบบอัตโนมัติทั้ง 6 โซนที่กำหนดด้วยเซนเซอร์ ทำให้การพ่นสีมีความแม่นยำและคงที่มากขึ้นกว่าการจัดตำแหน่งด้วยแรงงานคน ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดในการแก้ไขข้อขาดของกระบวนการพ่นสี ทั้งในแง่ของการลดเวลาการทำงาน การลดภาระของแรงงานคน การเพิ่มความต่อเนื่องของระบบหุ่นยนต์ และการยกระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตโดยรวม



คณะผู้วิจัยมีแนวทางการแก้ปัญหา โดยกำหนดแนวทางการออกแบบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติในกระบวนการพ่นสี ได้แก่ 1) อุปกรณ์จับยึดสามารถรองรับน้ำหนักเครื่องนวดข้าวขนาดสูงสุด 2 ตัน เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนรางเพื่อเข้า-ออกห้องพ่นสี ระยะทาง 8 เมตร และสามารถหมุนได้ 180 องศา แบบไป-กลับ เพื่อพ่นสีเครื่องนวดข้าวได้ทั้ง 2 ด้าน และ 2) การทำงานแบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วยระบบ PLC อุปกรณ์จับยึดสามารถวิ่งเข้าออกห้องพ่นสีได้ ควบคุมการหมุนได้ 180 องศา และสามารถหยุดในตำแหน่งที่พ่นสีได้ 6 ตำแหน่ง (6 โซน) แบบอัตโนมัติ โดยทำงานร่วมกับระบบหุ่นยนต์ (Robot) พ่นสีที่มีอยู่เดิม

ในการออกแบบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) ใช้โปรแกรมออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ SIEMENS NX ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และใช้โปรแกรมออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์จำลองการเคลื่อนไหวของระบบ เพื่อตรวจสอบการทำงานและหาจุดที่อาจมีปัญหาก่อนการผลิตจริง [12] หลังจากการผลิตอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติในกระบวนการพ่นสีแล้วเสร็จ จะมีการตรวจสอบคุณภาพใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การตรวจสอบวัสดุ 2) การตรวจสอบระหว่างการผลิต และ 3) การตรวจสอบก่อนใช้งาน สำหรับการติดตั้งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การติดตั้งโครงสร้างและระบบกลไกการทำงาน 2) การติดตั้งระบบไฟฟ้าและควบคุม และ 3) การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์จับยึด (Fixture) หลังการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

2.4 การทดสอบและประเมินผล

การทดสอบและประเมินผลในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบการเก็บข้อมูลและประเมินผล มีแนวทางดังนี้

1) การออกแบบการทดลอง การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ก่อนการปรับปรุง (Before) และหลังการปรับปรุง (After) โดยในแต่ละช่วงทำการทดลองจำนวน 10 รอบ ($n = 10$) ซึ่งแต่ละรอบเป็นการวัดเวลาการพ่นสีครบกระบวนการผลิตเครื่องนวดข้าว 1 เครื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอในการวิเคราะห์เชิงสถิติ

2) วิธีการเก็บข้อมูล ทำการบันทึกเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนตามแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 โดยใช้หน่วยเป็นนาที และดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาการทำงานปกติของโรงงาน (8 ชั่วโมงต่อวัน) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากสภาพแวดล้อม 3) ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของเวลาการผลิต (Mean) และ ร้อยละการปรับปรุง (% Improvement) และ 4) การวิเคราะห์ทางสถิติใช้การทดสอบสมมติฐานแบบ Paired Sample t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลชุดเดียวกันในสถานะที่แตกต่างกัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$ สมมติฐานการวิจัย H_0 : ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงไม่แตกต่างกัน H_1 : ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตหลังการปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ



2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือ มูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ผลประหยัดด้านการลดเวลาการพ่นสี 2) กำไรจากการเพิ่มผลผลิตเครื่องนวดข้าว จากการเพิ่มผลผลิต และ 3) ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิดจากการใช้งานของชุดอุปกรณ์จับยึด คำนวณจากกำลังไฟฟ้า ส่วนที่ 2 คือการคำนวณระยะเวลาการคืนทุนจากการใช้เงินลงทุนในการพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวในกระบวนการพ่นสี โดยนำมูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานจากส่วนที่ 1 มาคำนวณเทียบเงินลงทุนในการพัฒนาอุปกรณ์จับยึดเครื่องนวดข้าว เพื่อประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน

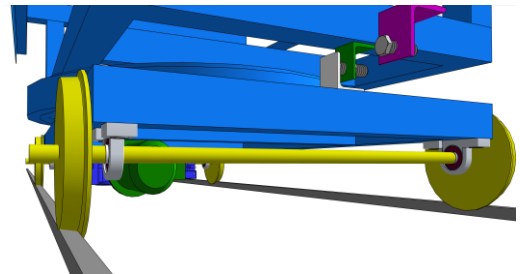
3. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น ผลการออกแบบอุปกรณ์จับยึด ผลการทดสอบอุปกรณ์จับยึด ผลการปรับปรุงกระบวนการพ่นสี และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงรายละเอียดดังนี้

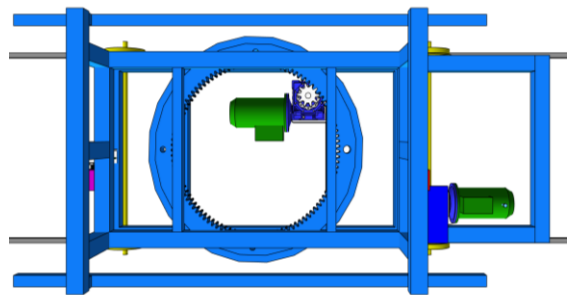
3.1 ผลการออกแบบอุปกรณ์จับยึด

3.1.1 การออกแบบเชิงกล

การออกแบบเชิงกลประกอบด้วย โครงสร้างหลักจากเหล็ก SS400 ขนาดยาว 2,200 มิลลิเมตร กว้าง 1,200 มิลลิเมตร สูง 700 มิลลิเมตร ออกแบบลักรองรับน้ำหนัก จำนวน 4 ล้อ มีลักษณะคล้ายล้อรถไฟเพื่อใช้ในระบบการเคลื่อนที่บนราง โดยจะมีขอบนูน (Flange) อยู่ด้านในของล้อ ผิวสัมผัสล้อ (Tread) เป็นทรงเอียงมุม 2 องศา ดังรูปที่ 5 เพื่อป้องกันล้อหลุดรางขณะวิ่งเป็นเส้นตรงหรือเข้าโค้ง โดยโครงสร้างดังกล่าวสามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัม



รูปที่ 5 การออกแบบชุดล้อเคลื่อนที่



รูปที่ 6 การออกแบบชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเข้า-ออกห้องพ่นสี และการหมุน 180 องศา

การออกแบบระบบการเคลื่อนที่และระบบการหมุน ดังรูปที่ 6 จะใช้มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ต่อเข้ากับชุดเกียร์ทด อัตราทด 1:40 มีความเร็วการเคลื่อนที่ 0.5 เมตรต่อนาที ระยะการเคลื่อนที่บนราง 8 เมตร ระบบการหมุนใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ต่อเข้ากับชุดเกียร์ทด อัตราทด 1:50 เพื่อหมุนขับเคลื่อนเฟืองวงแหวน (Ring Gear) อัตราทด 1:60 มุมการหมุน 180 องศา ค่าความเผื่อ backlash 1 องศา เวลาการหมุนตั้งแต่ 0-180 องศาใช้เวลา 30 วินาที

3.1.2 การควบคุมระบบอัตโนมัติ

การควบคุมระบบอัตโนมัติของอุปกรณ์จับยึดเพื่อทำการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนรางเพื่อเข้า-ออก



บทความวิจัย

ห้องพ่นสี สามารถหมุนได้ 180 องศา แบบไป-กลับ โดยทำงานร่วมกับระบบหุ่นยนต์ (Robot) พ่นสี มี 6 ตำแหน่งในการหยุดเคลื่อนที่เพื่อให้ระบบหุ่นยนต์พ่นสีในตำแหน่งดังกล่าว

การออกแบบระบบควบคุมใช้ PLC Mitsubishi มีจำนวน Input 16 จุด และ Output 16 จุดเพื่อเชื่อมต่อกับระบบ Robot พ่นสีที่มีอยู่เดิม มีอุปกรณ์ตรวจจับประกอบด้วย Limit Switch 6 ตัว ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งการหยุดเพื่อทำการพ่นสี ติดตั้ง Proximity Sensor จำนวน 4 ตัว ใช้สำหรับตรวจจับตำแหน่งการหมุนของอุปกรณ์จับยึด (Fixture) และมี Emergency Stop 3 ตัว ใช้สำหรับการป้องกันอุบัติเหตุ โดยผลการออกแบบและการวางตำแหน่งการหยุดของอุปกรณ์จับยึดเครื่องทอตัวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อทำการพ่นสี แสดงดังรูปที่ 7 และ 8

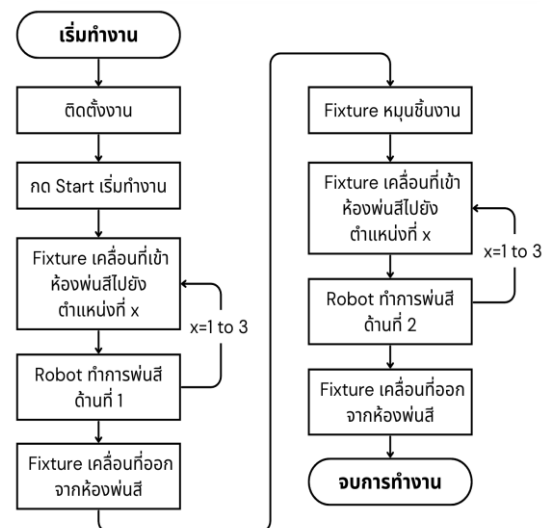
ระบบการทำงานของอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องทอตัวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติในกระบวนการพ่นสีที่พัฒนาขึ้น มีลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 9 เริ่มจากติดตั้งชิ้นงานโดยรถโฟล์คลิฟท์วางเครื่องทอตัวบนอุปกรณ์จับยึด (Fixture) จากนั้นอุปกรณ์จับยึด (Fixture) จะเคลื่อนที่เข้าห้องพ่นสีด้วยระบบอัตโนมัติ ทำการพ่นสีด้านที่ 1 โดย Robot ทำการพ่นสี 3 ตำแหน่ง จากนั้นเคลื่อนที่ออกจากห้องพ่นสีด้วยระบบอัตโนมัติ มีระบบการหมุนชิ้นงานโดยหมุนเครื่องทอตัว 180 องศา แล้วเข้าห้องพ่นสีครั้งที่ 2 โดยเคลื่อนที่เข้าห้องพ่นสีอีกครั้ง ทำการพ่นสีด้านที่ 2 โดย Robot พ่นสี 3 ตำแหน่ง จากนั้นเคลื่อนที่ออกจากห้องพ่นสี และเคลื่อนที่มายังพื้นที่รอสีแห้งด้วยระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 7 ตำแหน่งการหยุดเพื่อทำการพ่นสี



รูปที่ 8 อุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องทอตัวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติที่เสร็จแล้ว



รูปที่ 9 ขั้นตอนการทำงานของระบบอัตโนมัติของอุปกรณ์จับยึด (Fixture)



3.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์จับยึด

การทดสอบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) ระบบแบ่งเป็น 3 แบบ คือ 1) การทดสอบแบบไม่มีโหลด พบว่าการเคลื่อนที่ปกติที่ความเร็ว 0.5 เมตรต่อนาที การหมุนปกติโดยหมุน 180 องศาใน 30 วินาที และระบบควบคุมทำงานถูกต้องตามโปรแกรม 2) การทดสอบแบบมีโหลด ด้วยเครื่องนวดข้าว 4 ฟุต มีน้ำหนัก 1,500 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่าการเคลื่อนที่ปกติ ไม่มีการสั่นสะเทือน การหมุนปกติและแรงบิดเพียงพอ ความแม่นยำอยู่ในช่วงบวกลบ 2 มิลลิเมตรในแนวราบและบวกลบ 1 องศาในการหมุน และ 3) การทดสอบแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าไม่มีความผิดพลาดในการทำงาน (คิดเป็นร้อยละ 100 ของความถูกต้อง)

3.3 ผลการปรับปรุงกระบวนการพ่นสี

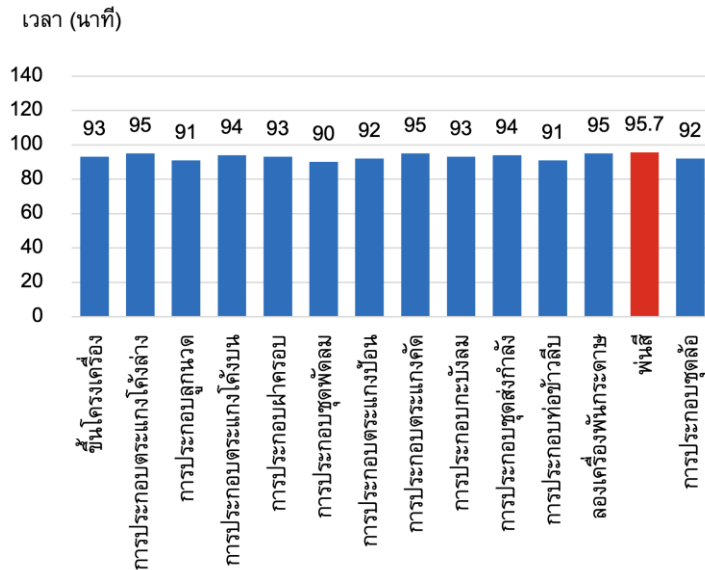
หลังจากคณะผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในกระบวนการพ่นสีและนำมาทดสอบการทำงาน พบว่าขั้นตอนการทำงานลดลงเหลือ 13 ขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 2 เริ่มจากรถโฟล์คคลิฟท์ยกเครื่องนวดข้าวมาวางบนอุปกรณ์จับยึด (Fixture) ใช้เวลา 3.42 นาที อุปกรณ์จับยึด (Fixture) เคลื่อนที่เข้าห้องพ่นสีตำแหน่งที่ 1 แบบอัตโนมัติใช้เวลา 1.12 นาที พ่นสีโซนที่ 1 โดย Robot ใช้เวลา 1.50 นาที เคลื่อนที่และพ่นสีตำแหน่งที่ 2 แบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 1.90 นาที เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 3 แบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 2.00 นาที อุปกรณ์จับยึด (Fixture) เคลื่อนที่ออกนอกห้องแบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 1.50 นาที อุปกรณ์จับยึด (Fixture) หมุนชิ้นงาน 180 องศาแบบอัตโนมัติ ใช้เวลา



รูปที่ 10 การทดสอบระบบและเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์จับยึด (Fixture)

1.00 นาที และอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เคลื่อนที่เข้าห้องพ่นสีตำแหน่งที่ 4 แบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 1.48 นาที พ่นสีโซนที่ 4 โดย Robot ใช้เวลา 1.60 นาที เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 5 แบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 1.90 นาที เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 6 แบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 1.95 นาที อุปกรณ์จับยึด (Fixture) เคลื่อนที่ออกนอกห้องแบบอัตโนมัติ ใช้เวลา 1.40 นาที และรอสีแห้งใช้เวลา 75.00 นาที รวมเวลาของกระบวนการพ่นสีทั้งหมด 95.77 นาที

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง และรูปที่ 11 พบว่าจำนวนขั้นตอนของกระบวนการพ่นสีลดลงจาก 19 ขั้นตอน ลดเหลือ 13 ขั้นตอน คิดเป็นการลดลง 6 ขั้นตอน หรือลดลงร้อยละ 31.58 เวลาดำเนินงาน (ไม่รวมรอสีแห้ง) ลดลงจาก 45.00 นาที เหลือ 20.77 นาที คิดเป็นการลดลง 24.23 นาทีหรือร้อยละ 53.84 เวลารวมการผลิตกระบวนการพ่นสีลดลงจาก 120.00 นาที ลดเหลือ 95.77 นาที คิดเป็นการลดลง 24.23 นาที หรือร้อยละ 20.19 ผลการทดสอบความแตกต่างของเวลาการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงด้วย Paired Sample t-test แสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 11 แสดงเวลาการผลิตเครื่องนวดข้าว (หลังปรับปรุง)

ตารางที่ 2 แผนภูมิการไหลของกระบวนการพ่นสีเครื่องนวดข้าวรุ่น 4 ฟุต (หลังปรับปรุง)

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	สัญลักษณ์					เวลา (นาที)
	○	⇒	D	□	▽	
1. รถโฟล์คลิฟท์ยกงานมาวางบนแท่นรองขึ้นงาน	●					3.42
2. รถเข็นเคลื่อนที่เข้าห้องพ่นสีให้ตรงตำแหน่งโซนที่ 1		●				1.12
3. พ่นสีโซนที่ 1	●					1.50
4. เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 2	●					1.90
5. เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 3	●					2.00
6. รถเข็นเคลื่อนที่ออกมานอกห้องพ่นสี		●				1.50
7. Fixture หมุนขึ้นงาน	●					1.00
8. รถเข็นเคลื่อนที่เข้าห้องพ่นสีให้ตรงตำแหน่งโซนที่ 4		●				1.48
9. พ่นสีโซนที่ 4	●					1.60
10. เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 5	●					1.90
11. เคลื่อนที่และพ่นสีโซนที่ 6	●					1.95
12. รถเข็นเคลื่อนที่ออกมานอกห้องพ่น		●				1.40
13. รอสีแห้ง					●	75.00
รวมเวลา						95.77

หมายเหตุ: ○ = การปฏิบัติงาน, ⇒ = การเคลื่อนที่, D = การรอคอย, □ = การตรวจสอบ, ▽ = การจัดเก็บ



ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ร้อยละการปรับปรุง
1) ขั้นตอนดำเนินงาน	19	13	- 31.58
2) เวลารวมกระบวนการพ่นสี (นาทีก)	120	95.77	- 20.19

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแตกต่างของเวลาการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

ตัวแปร	Mean ก่อนปรับปรุง (นาทีก)	Mean หลังปรับปรุง (นาทีก)	Mean Difference (นาทีก)	SD ของความ แตกต่าง	t	df	p-value
เวลา การผลิต	120	95.77	24.23	4.1	18.72	9	< 0.001

พบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตหลังการปรับปรุงลดลง จาก 120.00 นาที เหลือ 95.77 นาที โดยมีความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 24.23 นาที ค่า $t = 18.72$ ที่ระดับอิสระ $df = 9$ และค่า $p\text{-value} < 0.001$ ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.05$) ดังนั้น สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งสรุปได้ว่าการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้อุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในกระบวนการพ่นสีส่งผลให้เวลาการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ [8] จากงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 มูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ผลประหยัดด้านการลดเวลาการพ่นสี โดยก่อนปรับปรุงเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงผลิตได้ 4 เครื่องต่อวัน หลังปรับปรุงผลิตได้ 5 เครื่องต่อวัน ทำให้เวลาที่ใช้ในการพ่นสีต่อเครื่องลดลง 2) กำไรจากการเพิ่มผลผลิตเครื่องนวดข้าว จากการเพิ่มผลผลิตได้ 1 เครื่องต่อวัน หรือเพิ่มขึ้น 25% และ 3)

ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิดจากการใช้งานของชุดอุปกรณ์จับยึด คำนวณจากกำลังไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์ เวลาการใช้งาน 6 ชั่วโมงต่อวัน ทำงาน 240 วันต่อปี ค่าไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วย โดยทั้ง 3 ด้านนี้สามารถนำมาคำนวณมูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานนี้ ดังแสดงในสมการที่ (1) และ ในส่วนที่ 2 คือการคำนวณระยะเวลาการคืนทุนจากการใช้เงินลงทุนในการพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวในกระบวนการพ่นสี ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$V = TS + PV - EC \quad (1)$$

เมื่อ

V คือ มูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน (บาทต่อปี)

TS คือ ผลประหยัดด้านการลดเวลาการพ่นสี (บาทต่อปี)

PV คือ กำไรจากการเพิ่มผลผลิตเครื่องนวดข้าว (บาทต่อปี)

EC คือ ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้งานของชุดอุปกรณ์จับยึด (Fixture) (บาทต่อปี)



ด้านที่ 1 พิจารณาผลการประหยัดด้านการลดเวลาการพ่นสี จะพิจารณาเป็นค่าแรงต่อหน่วยการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงที่แตกต่างกัน ซึ่งก่อนปรับปรุงผลิตเครื่องนวดข้าวได้ 4 เครื่องต่อวัน หลังการปรับปรุงผลิตได้ 5 เครื่องต่อวัน โดยมีแนวคิดที่ว่า หากลดเวลาการทำงานของคนงานลงได้ ก็จะสามารถเทียบเป็นต้นทุนค่าแรงงานที่ลดลงได้ โดยคิดเป็นมูลค่าต่อปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 TS &= \text{ค่าแรงต่อหน่วยก่อนปรับปรุง} - \text{ค่าแรงต่อหน่วยหลังปรับปรุง} \\
 &= [(\text{ค่าแรงต่อวัน} \div \text{จำนวนเครื่องนวดข้าวที่ผลิตได้ก่อนปรับปรุง}) - (\text{ค่าแรงต่อวัน} \div \text{จำนวนเครื่องนวดข้าวที่ผลิตได้หลังปรับปรุง})] \times \text{วันทำงานต่อปี} \\
 &= [(400 \div 4) - (400 \div 5)] \times 240 \\
 &= [100 - 80] \times 240 \\
 &= 4,800 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

ด้านที่ 2 พิจารณากำไรจากการเพิ่มผลผลิตเครื่องนวดข้าวที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้ 1 เครื่องต่อวัน โดยคิดเป็นมูลค่าต่อปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 PV &= \text{จำนวนเครื่องนวดข้าวที่เพิ่มขึ้นต่อวัน} \times \text{จำนวนวันทำงานต่อปี} \times \text{กำไรจากการขายต่อเครื่อง} \\
 &= 1 \text{ เครื่องต่อวัน} \times 240 \text{ วันทำงานต่อปี} \times 15,000 \text{ บาทต่อเครื่อง} \\
 &= 3,600,000 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

ด้านที่ 3 พิจารณาจากต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้งานของชุดอุปกรณ์จับยึด (Fixture) การคำนวณต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจาก

การใช้งานของมอเตอร์ 5 แรงม้าและระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จับยึด (Fixture) โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทำงานของมอเตอร์ 5 HP และคิดประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ 80% อยู่ที่ประมาณ 3 kW การใช้งานของอุปกรณ์จับยึด (Fixture) คิดที่ 6 ชั่วโมงต่อวัน คิดค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 4 บาท สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 &= 3 \text{ กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง} \times 6 \text{ ชั่วโมงต่อวัน} \times 240 \text{ วันต่อปี} \times 4 \text{ บาทต่อหน่วย} \\
 &= 17,280 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

ภายหลังจากการพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าวในกระบวนการพ่นสี สามารถคำนวณมูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน (V) คือ ด้านที่ 1 + ด้านที่ 2 - ด้านที่ 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 V &= 4,800 \text{ บาทต่อปี} + 3,600,000 \text{ บาทต่อปี} - 17,280 \text{ บาทต่อปี} \\
 &= 3,587,520 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน และระยะเวลาการคืนทุน [8] ดังแสดงในสมการที่ (2) โดยใช้เงินลงทุนในการพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าว 570,000 บาท ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PB = C / V \quad (2)$$

เมื่อ

- PB* คือ ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)
C คือ เงินลงทุนในการพัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Fixture) เครื่องนวดข้าว (บาท)
V คือ มูลค่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน (บาทต่อปี)



$$PB = 570,000 \text{ บาท} / 3,587,520 \text{ บาทต่อปี}$$

$$= 0.16 \text{ ปี หรือประมาณ 2 เดือน}$$

ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนพบว่า มีระยะเวลาการคืนทุน 0.16 ปี หรือประมาณ 2 เดือน อย่างไรก็ตาม ยังไม่รวมถึงมูลค่าที่เกิดจากการเพิ่มโอกาสทางการค้าที่สามารถผลิตเพิ่มได้อีก 1 เครื่องต่อวัน หรือ 240 เครื่องต่อปี คิดเป็นมูลค่า 30,600,000 บาทต่อปี เมื่อคิดมูลค่าเครื่องนวดข้าวเครื่องละ 127,500 บาท

4. การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะการลดเวลาในกระบวนการพ่นสีได้ร้อยละ 20.19 ความสำเร็จของโครงการเกิดจากการใช้แนวทางการวิจัยที่เป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การศึกษาปัญหาด้วยเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study) การวิเคราะห์กระบวนการทำงานด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และการวิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือแผนภูมิแก๊งปลา [13] การออกแบบที่คำนึงถึงข้อจำกัดของระบบเดิม และการทดสอบอย่างเป็นระบบ

ผลของงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัย [14] ที่พัฒนาระบบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) สำหรับงานเจาะซึ่งสามารถลดเวลาได้ร้อยละ 62.89 อีกทั้งยังมีการวิจัยที่พัฒนาระบบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) ในกระบวนการผลิตไม้กวาด [15] ซึ่งสามารถลดเวลาได้ร้อยละ 13.04 นอกจากนี้ การนำระบบอัตโนมัติมาใช้ยังสามารถเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในอุตสาหกรรม และสามารถลดข้อผิดพลาดจากการทำงาน [16] เพิ่มความแม่นยำ มี

ประสิทธิภาพ และความหลากหลายในการนำไปใช้งานของระบบการพ่นสีอัตโนมัติในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ [17]

ปัจจัยความสำเร็จของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยปัจจัยภายในหลายประการ ได้แก่ การศึกษาปัญหาอย่างละเอียดทำให้เข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ การออกแบบที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของพื้นที่และระบบเดิม การทดสอบอย่างเป็นระบบ ทั้งไม่มีโหลดและมีโหลด รวมถึงการทดสอบแบบต่อเนื่อง และมีคณะผู้วิจัยที่หลากหลาย มีทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ระบบควบคุมและการผลิต ปัจจัยภายนอกที่สำคัญ เช่น ความร่วมมือของสถานประกอบการที่เจ้าของกิจการให้ความสำคัญร่วมมือเป็นอย่างดี และการสนับสนุนจากหน่วยงานที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนที่เพียงพอ

ผลกระทบในวงกว้างต่อองค์กรในด้านการผลิตที่เพิ่มกำลังการผลิตจาก 4 เครื่อง เป็น 5 เครื่องต่อวัน คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 ด้านการเงินที่เพิ่มมูลค่าการผลิตได้ 3,587,520 บาทต่อปี และการเพิ่มรายได้จากโอกาสทางการค้า 30,600,000 บาทต่อปี รวมถึงด้านการบริหารจัดการที่สามารถจัดการกำลังคนได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้านการแข่งขันที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และการตอบสนองความต้องการตลาด ผลกระทบต่ออุตสาหกรรมพบว่าเป็นต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตรประเภทอื่น ๆ และการยกระดับมาตรฐานการผลิตในอุตสาหกรรม ตลอดจนการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังส่งผลเชิงบวกต่อความยั่งยืนขององค์กรในระยะยาว โดยช่วยลดต้นทุนต่อหน่วย เพิ่มความยืดหยุ่นในการดำเนินงาน และรองรับการขยายธุรกิจในอนาคตได้อย่างมั่นคง



5. บทสรุป

การวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์จับยึดเครื่องนวดข้าวแบบเคลื่อนที่อัตโนมัติในกระบวนการฟนสีได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ ด้วยงบการลงทุน 570,000 บาท สามารถลดเวลาในกระบวนการฟนสีจากเดิม 120 นาที เหลือ 95.77 นาที คิดเป็นการลดลงร้อยละ 20.19 และลดขั้นตอนการทำงานจาก 19 ขั้นตอน เหลือ 13 ขั้นตอน คิดเป็นการลดลงร้อยละ 31.58 งานวิจัยนี้ช่วยเพิ่มมูลค่าการผลิต 3,587,520 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 0.16 ปี หรือประมาณ 2 เดือน แสดงให้เห็นว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูง นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเพิ่มความต่อเนื่องของการผลิต และการเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไปในระยะสั้น 1-2 ปี ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพระยะยาว โดยการติดตามประสิทธิภาพของระบบในระยะยาวและปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ในระยะกลาง 3-5 ปี ควรมีการพัฒนาระบบอัจฉริยะโดยใช้ IoT และ AI ในการควบคุมและตัดสินใจ การขยายไปยังผลิตภัณฑ์อื่น โดยประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลการเกษตรชนิดอื่น และการพัฒนาระบบแบบโมดูลาร์โดยออกแบบระบบที่สามารถประกอบและปรับเปลี่ยนได้ง่าย ในระยะยาว 5-10 ปี ควรมีการพัฒนาโรงงานอัจฉริยะโดยบูรณาการระบบทั้งโรงงานให้เป็น Smart Factory การศึกษาผลกระทบทางสังคมโดยศึกษาผลกระทบของระบบอัตโนมัติต่อการจ้างงานและสังคม และการพัฒนามาตรฐานโดยพัฒนามาตรฐานระบบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) อัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรมไทย

งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์เชิงวิชาการในหลายด้าน ได้แก่ การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการออกแบบระบบอุปกรณ์จับยึด (Fixture) อัตโนมัติที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมไทย การสร้างวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค Motion and Time Study ร่วมกับเทคโนโลยีอัตโนมัติ การพัฒนาแนวทางการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการอัตโนมัติในบริบทของ SMEs ไทย การสร้างต้นแบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ และเป็นการส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 ในประเทศไทยให้มีความเข้มแข็งและยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก โครงการแพลตฟอร์มบริหารจัดการทรัพยากรผู้มีศักยภาพของกลุ่มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลเพื่อปฏิรูประบบการพัฒนากำลังคนของประเทศ (TRM PLATFORM) ปีงบประมาณ 2566 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/agricultural-machinery/io/agriculture-machinery-2024-2026>.

(Accessed on 8 July 2024) (in Thai)



- [2] M.Y. Dakhole, P.G. Mehar and V.N. Mujbaile, Design of automated moving fixture for conveyorized special purpose machine, International Journal of Engineering Research and Technology, 2012, 1(5), 1-8.
- [3] M. Saez and P. Spicer, Robot-to-robot collaboration for fixtureless assembly: Challenges and opportunities in the automotive industry, ASME 2020 15th International Manufacturing Science and Engineering Conference (MSEC2020), Proceeding, 2020, 8460, V002T07A012.
- [4] J. Zhang, Research on automatic loading and unloading path design and fixture design for industrial robots, 2024 International Conference on Artificial Intelligence and Digital Technology (ICAIDT), Proceeding, 2024, 301-305.
- [5] R. Bhalamurugan and S. Prabhu, Performance characteristic analysis of automated robot spray painting using Taguchi method and gray relational analysis, Arabian Journal for Science and Engineering, 2015, 40(6), 1657-1667.
- [6] S. Narkbovornwijit and P. Klomjit, Improvement work method for defect reduction in marking brake pad process, The Journal of Industrial Technology, 2020, 16(2), 104-120. (in Thai)
- [7] W. Ngamsaard, P. Nakseedee and N. Ingprasert, Garment production process improvement to increase Production Efficiency: A case study of ABC Co., Ltd., The Journal of Industrial Technology, 2023, 19(3), 160-176. (in Thai)
- [8] M. Donmuen, Y. Suriyamas, J. Kumphumee and P. Dhinnabutra, Tractor-mounted animal feed chopper and mixer, Industrial Technology Journal, 2024, 9(1), 179-189. (in Thai)
- [9] B. Lathashankar, G. Ashritha, S. Asma, K. Shivam and K. Nitesh, Cycle time reduction in manufacturing industry by designing a dedicated fixture: A case study, International Journal of Engineering Science and Technology, 2018, 10(3), 34-42.
- [10] S. Itsaranuwat, Y. Jongjun, S. Prateepchanachai, D. Sornsuphap and S. Somwan, Increasing productivity in automotive parts welding: A case study on clamping device design at Progress Part and Die Co., Ltd., Journal of Engineering and Innovation, 2025, 18(2), 117-131. (in Thai)
- [11] P. Jaichomphu and P. Jewpanya, Production time loss reduction in boat rudder production process: A case study of Bangkok diecasting and injection Co., Ltd., Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal, 2021, 13(18), 99-110. (in Thai)



- [12] C. Johansson, T. Larsson and S. Tatipala, Product-service systems for functional offering of automotive fixtures: Using design automation as enabler, *Procedia CIRP*, 2017, 64, 411-416.
- [13] S. Tumrongsuk, Improving production efficiency in hot coil plate production process, *The Journal of Industrial Technology*, 2025, 21(2), 107-122. (in Thai)
- [14] N.A. Said, M.A. Roslan, N. Ngah, A.J. Mohamad, U.N. Roslan, R.M.R. Mamat, N.B. Baba, M.H. Ibrahim, K.A. Abd Aziz and M.F.A. Yusof, Design and fabrication of jig and fixture for drilling machine in the manufacturing industry to improve time productivity, *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 2023, 29(2), 304-313.
- [15] K. Wajanawichakonl, Waste reduction for efficiency improvement in broom production processes: A case study of community enterprise bungwai, Ubon Ratchathani, *Journal of Engineering and Innovation*, 2020, 13(1), 141-152. (in Thai)
- [16] M. Sithole, A. Telukdarie and T. Katsumbe, Quality performance improvement through robotic process automation in rail manufacturing, 2023 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), *Proceeding*, 2023, 1-8.
- [17] E.A. Gülirmak and Z. Bingül, Determining robot trajectory planning using image processing for wood painting, 2023 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), *Proceeding*, 2023, 1-6.