Faculty of Industrial Technology
Buriram Rajabhat University

439 Jira Road, Nai Mueang Sub-district, Mueang Buri Ram District, Buri Ram Province 31000, Thailand

Tel : (66) 044-611221

Fax : (66) 044-612585

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University

Vol. 7, No. 2, July - December 2025

VOLUME 7 | NO 2 | YEAR 2025

ISSN 3088-1749 (Online)

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University

https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/bru-idtech-journal

Published by the Faculty of Industrial Technology
Buriram Rajabhat University

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University

Published by the Faculty of Industrial Technology
Buriram Rajabhat University

เจ้าของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์มาลิณี จุโฑปะมา อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชระ วชิรภัทรกุล

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวัฒน์	ลาวัณย์วิสุทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ	เอกวุฒิวงศา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย	ตันติวิวัทน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ	เลิศคอนสาร	วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศันสนีย์	อาจนาฝาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกบดินทร์	กลิ่นเกสร	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัษฎางค์	บุญศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ผู้ประสานงานและจัดทำ

นางสาวขวัญ สมยินดี

นางสาวพิมพ์ณัฐธยา ทะยานรัมย์

จัดรูปเล่มและออกแบบปก

นางสาวขวัญ สมยินดี

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการ ด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ครุศาสตร์อุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ นวัตกรรมและเทคโนโลยี สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

ที่อยู่

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

เลขที่ 439 ถนนจิระ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

โทรศัพท์: 0 4461 1221 อีเมล์: idtechjr@bru.ac.th

เว็บไซต์: https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/bru-idtech-journal

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น

ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

บทบรรณาธิการ

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University (ชื่อเดิม วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ เริ่มจัดทำวารสารตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 เลข ISSN 2697-5882 (print) เพื่อให้การสืบค้นข้อมูลเลขมาตรฐานสากลประจำวารสาร ได้เปลี่ยนชื่อวารสารและเลข (ISSN) เป็น ISSN: 3088-1749 (Online) โดยมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ครุศาสตร์อุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ นวัตกรรมและเทคโนโลยี สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสหวิทยาการของนักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป

การตีพิมพ์เผยแพร่ในปีที่ 7 ฉบับที่ 2 (เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม 2568) บทความในฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 4 บทความ โดยทุกบทความที่ตีพิมพ์ได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 ท่าน (double-blind review) และกองบรรณาธิการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เป็นบทความวิจัยที่น่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้ที่สนใจสามารถติดตามอ่านบทความวิจัยของวารสารวิชาการฯ ผ่านระบบ ThaiJo ในรูปแบบฉบับออนไลน์ได้

กองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer reviewers) ที่ได้ประเมินบทความวิจัยในฉบับนี้ และขอขอบคุณผู้นิพนธ์บทความ (Authors) ทุกท่านที่ให้ความสนใจส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ซึ่งทางกองบรรณาธิการมีความตั้งใจและทุ่มเทเพื่อเป็นที่ยอมรับด้านคุณภาพวารสารในระดับสากล และกองบรรณาธิการยินดีรับข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงวารสารฯ ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้นไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชระ วชิรภัทรกุล
บรรณาธิการ

สารบัญ

การพัฒนาไม้เท้านำทางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา 43

Development of a Guiding Cane for the Safety of the Visually Impaired

ธนดล รัตนวงศ์, อภิชาติ แสนนาม, ณรงค์ฤทธิ์ ชาญคำ, เกียรติศักดิ์ โยธาทูล, ชฎารัฐ ขวัญนาค

การพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับการคัดแยกขนาดเพื่อการลดการสูญเสียจากการเสียดสี 54

Development of a Cashew Nut Shelling and Size Grading Machine for Loss Reduction

เสกสรรค์ วินยางค์กูล, นคร ไชยวงศ์ศักดา, ชัชชัย วรพัฒน์, ธีรวัชร แก้วเปี้ย, ศศิชา สุขกาย, Xiaoxu Duan, วิภพ ใจแข็ง

การออกแบบและพัฒนาต้นแบบอากาศยานไร้คนขับแบบสี่ใบพัดเพื่อการสำรวจและกู้ภัย 71

Design and Implementation of a Prototype Quadcopter UAV for Survey and Rescue

สุริยัน คำผาย, ศราวุฒิ แก้วอรสาน

การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยหลักการปัญญาประดิษฐ์บนแพลตฟอร์ม CiRA CORE 81

Design and Development of a Workpiece Inspection System Using Artificial Intelligence on the CiRA CORE Platform

กรัณฑ์กมล ภูครองหิน, ปรีชา สมหวัง, เด่น คอกพิมาย, กฤษฎา ทาสันเทียะ

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University
Vol. 7, No. 2, July - December 2025

Research Article

J. Ind. Technol. Buriram Rajabhat Univ. 7(2), 43-53

การพัฒนาไม้เท้านำทางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา
Development of a Guiding Cane for the Safety of the Visually Impaired

ธนดล รัตนวงศ์[1] อภิชาติ แสนนาม[2] ณรงค์ฤทธิ์ ชาญคำ[3] เกียรติศักดิ์ โยธาทูล[4] และชฎารัฐ ขวัญนาค[5*]
Tanadon Rattanawong[1] Apichat Saennam[2] Nalonglit Chankham[3]
Kiattisak Yothathun[4] and Chadarat Khwunnak[5*]
[1,2,3,4] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
[5*] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศสื่อดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
[1,2,3,4] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Pitchayabundit College
[5*] Department of Information Technology and Digital Media, Faculty of Science, Pitchayabundit College
*Corresponding author. E-mail: Kkikkaaa300@gmail.com

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
November 6, 2025	December 18, 2025	December 24, 2025	December 27, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องไม้เท้านำทางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาไม้เท้าที่สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างแม่นยำ โดยใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ระบบสั่นสะเทือน และออดเสียง เพื่อช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางของผู้พิการทางสายตา ระบบควบคุมหลักใช้บอร์ด Arduino Uno R3 ในการประมวลผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์และสั่งการอุปกรณ์แจ้งเตือน

ผลการทดลองจากการตรวจจับวัตถุจำนวน 30 ครั้ง พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้ครบทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีการแจ้งเตือนทั้งเสียงและการสั่น แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสถียร เหมาะสมต่อการใช้งานจริงในการช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าไม้เท้าที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ได้ครบถ้วน และควรมีการพัฒนาต่อยอด เช่น การเพิ่มเซ็นเซอร์เพื่อการตรวจจับรอบทิศทาง การปรับปรุงระบบแจ้งเตือนให้แยกระยะทางสิ่งกีดขวางได้ชัดเจน และการบูรณาการเทคโนโลยี GPS หรือระบบไร้สาย เพื่อเพิ่มศักยภาพและยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้พิการทางสายตาให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ไม้เท้านำทาง ผู้พิการทางสายตา เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบสั่นสะเทือน ออดเสียง

Abstract

The research titled Guiding Cane for the Safety of the Visually Impaired aims to design and develop a cane capable of accurately detecting obstacles by integrating microcontroller technology with ultrasonic sensors, a vibration system, and a buzzer. The system is designed to enhance safety and confidence for visually impaired individuals during mobility. The Arduino Uno R3 board serves as the main controller for signal processing and operation of the alert components.

Experimental testing of the ultrasonic sensor was conducted 30 times. The results showed that the sensor successfully detected obstacles in every trial, achieving 100% accuracy, with both sound and vibration alerts responding effectively. These findings indicate that the developed cane performs efficiently, demonstrating high stability and reliability suitable for real-world applications in assisting the visually impaired.

In conclusion, the developed guiding cane successfully meets the research objectives in terms of design, functionality, and performance. Future improvements may include integrating additional sensors for omnidirectional detection, enhancing the alert system to distinguish obstacle distances more precisely, and incorporating technologies such as GPS or wireless connectivity to further increase usability and improve the quality of life for visually impaired individuals.

Keywords: guiding cane, visually impaired, ultrasonic sensor, microcontroller, vibration system, buzzer.

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างรวดเร็ว โดยจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้เกิดความจำเป็นในการพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตและความเป็นอิสระในการดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา การสนับสนุนด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับกลุ่มดังกล่าวจึงมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความปลอดภัย ความมั่นใจในการดำรงชีวิตประจำวัน และลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม [1]

ผลงานวิจัยด้านไม้เท้าอัจฉริยะ (Smart Cane) ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ช่วยเดินที่สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางและแจ้งเตือนผู้ใช้แบบเรียลไทม์ ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุระหว่างการเดิน โดยงานวิจัยก่อนหน้าได้รายงานว่าไม้เท้าอัจฉริยะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2-4] นวัตกรรมดังกล่าวมักบูรณาการเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกระบบสั่นสะเทือน และเสียงเตือนเพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อพบสิ่งกีดขวางหรืออุปสรรคต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น [5-6]

นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาไม้เท้าอัจฉริยะที่สามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เช่น LINE Application เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะของไม้เท้าและแจ้งเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น [7-8] จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าไม้เท้าอัจฉริยะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ด้วยความแม่นยำสูงกว่าร้อยละ 97 และช่วยให้ผู้พิการทางสายตาสามารถเดินได้อย่างมั่นใจยิ่งขึ้น รวมถึงสามารถตรวจจับพื้นที่เปียกหรือมีน้ำขังได้ ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานจริง [3-4], [6]

ผลการทดสอบต้นแบบกับผู้สูงอายุและอาสาสมัครที่ปิดตาแสดงให้เห็นว่าไม้เท้าอัจฉริยะช่วยลดการชนสิ่งกีดขวางและเพิ่มระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้านการเดินทางอย่างมีนัยสำคัญ [8], [6] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมา ยังพบข้อจำกัดบางประการ เช่น การระบุทิศทางการเดิน การตรวจจับตำแหน่งแบบเรียลไทม์ และความทนทานของวัสดุ จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบที่บูรณาการเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเซ็นเซอร์หลายชนิด เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [3-7]

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาต้นแบบไม้เท้าอัจฉริยะโดยบูรณาการเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ระบบสั่นสะเทือน และออดเสียง เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และความมั่นใจในการดำรงชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดนวัตกรรมทางสังคม (Social Innovation) ที่มุ่งยกระดับคุณภาพชีวิตและสร้างความเท่าเทียมในสังคม [1]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบและการทำงานของไม้เท้าสำหรับผู้พิการทางสายตา ที่สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างแม่นยำ

2.2 เพื่อนำความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตา

2.3 เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ ระบบสั่นสะเทือนและออดเสียง ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มความปลอดภัยในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา

3. สมมติฐานของการวิจัย

งานวิจัยนี้กำหนดสมมติฐานการวิจัยในรูปแบบที่สามารถทดสอบเชิงปริมาณได้ ดังนี้

3.1 เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกที่ติดตั้งในไม้เท้านำทางสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ด้วยความแม่นยำ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

3.2 ระบบแจ้งเตือนด้วยการสั่นสะเทือนและออดเสียงสามารถตอบสนองต่อการตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ภายในเวลา ไม่เกิน 0.5 วินาที หลังจากตรวจพบวัตถุ

4. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตา โดยใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง และแจ้งเตือนผู้ใช้ผ่านระบบสั่นสะเทือนและออดเสียง เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทาง ระบบควบคุมหลักใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเตือน การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบดำเนินการภายในอาคารที่จัดเตรียมสิ่งกีดขวาง เพื่อประเมินความแม่นยำในการตรวจจับและความเหมาะสมในการใช้งานจริง

5. ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตา โดยมุ่งเน้นการรวบรวมและวิเคราะห์องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ระบบสั่นสะเทือน และระบบแจ้งเตือนด้วยออดเสียง ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบไม้เท้าอัจฉริยะให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง

โสภิดา ท้วมมี และคณะ ได้พัฒนาไม้เท้าอัจฉริยะสำหรับช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาโดยใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกในการตรวจจับสิ่งกีดขวางร่วมกับระบบแจ้งเตือนแบบสั่นสะเทือนและเสียงเตือน ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการเดินของผู้ใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของเซ็นเซอร์ตรวจจับระยะทางและระบบแจ้งเตือนในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตา [2]

วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาไม้เท้าอัจฉริยะโดยบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับและวิเคราะห์สิ่งกีดขวางในสภาพแวดล้อมจริง งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงสามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ ลดความผิดพลาด และเพิ่มศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา [3]

อธิบดี มหาวัน และคณะ ได้พัฒนาไม้เท้าอเนกประสงค์ที่สามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน LINE เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนและติดตามตำแหน่งของผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ โดยระบบดังกล่าวช่วยเพิ่มความปลอดภัยและอำนวยความสะดวกให้กับทั้งผู้ใช้งานและผู้ดูแล งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการผสานเทคโนโลยีการสื่อสารเข้ากับอุปกรณ์ช่วยเหลือผู้พิการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแล ลดความเสี่ยงในกรณีฉุกเฉิน [7]

สุปาณี พุกแก้ว ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทางของผู้พิการทางการมองเห็น โดยเน้นการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความสะดวก ความปลอดภัย และการยอมรับของผู้ใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าอุปกรณ์ช่วยเดินที่มีระบบแจ้งเตือนและการออกแบบที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มความมั่นใจและความเป็นอิสระในการเดินทางของผู้พิการทางสายตา งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบที่คำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง (User-centered Design) [9]

ธนพล แก้วคำแจ้ง และคณะ ได้ศึกษาความพึงพอใจของผู้สูงวัยต่อไม้เท้าอัจฉริยะที่มีระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ผลการวิจัยพบว่าผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจสูงทั้งในด้านความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวัน งานวิจัยนี้ช่วยสนับสนุนแนวคิดว่าการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับอุปกรณ์ช่วยเดินสามารถเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ [8]

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น พบว่าแนวโน้มการพัฒนาไม้เท้าอัจฉริยะมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง การปรับปรุงระบบแจ้งเตือนให้ตอบสนองได้รวดเร็ว และการเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญที่ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบไม้เท้าอัจฉริยะในงานวิจัยนี้

5.1 กรอบแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยี

การสำรวจกรอบแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงระบบขององค์ประกอบทางเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตา โดยให้ความสำคัญกับประเด็นด้านความเหมาะสมของเทคโนโลยีต่อบริบทการใช้งานจริง ความปลอดภัยในการใช้งาน และความสะดวกของผู้ใช้เป็นสำคัญ การพิจารณาดังกล่าวครอบคลุมทั้งระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง ระบบแจ้งเตือน และระบบการสื่อสารข้อมูล ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยเดิน [7-8]

อธิบดี มหาวัน และคณะ ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาไม้เท้าอเนกประสงค์ที่ผสานการทำงานของระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางเข้ากับระบบการสื่อสารผ่านแอปพลิเคชัน LINE เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนและติดตามผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีการสื่อสารเข้ากับอุปกรณ์ช่วยเดินสามารถเพิ่มระดับความปลอดภัยของผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในสถานการณ์ฉุกเฉินที่ต้องอาศัยการรับรู้ข้อมูลและการตอบสนองอย่างรวดเร็วจากผู้ดูแล [7]

ในทำนองเดียวกัน ธนพล แก้วคำแจ้ง และคณะ ได้ศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้สูงวัยต่อการใช้งานไม้เท้าอัจฉริยะที่มีระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ช่วยเดินเข้ากับเทคโนโลยีดิจิทัลไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance) และความเชื่อมั่นของผู้ใช้งานต่ออุปกรณ์ในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนของการนำเทคโนโลยีไปใช้งานจริง [8]

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าแนวโน้มการพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตาในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การบูรณาการระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางเข้ากับระบบแจ้งเตือนและระบบการสื่อสารข้อมูล เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ความแม่นยำในการรับรู้สภาพแวดล้อม และความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง กรอบแนวคิดดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้เป็นฐานในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบไม้เท้าอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ โดยมุ่งเน้นการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริงและตอบสนองต่อความต้องการของผู้พิการทางสายตาอย่างเป็นรูปธรรม

5.2 เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตาประกอบด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซ็นเซอร์ตรวจจับระยะทาง ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่กำหนดประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และความปลอดภัยของระบบโดยรวม งานวิจัยด้านไม้เท้าอัจฉริยะส่วนใหญ่ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้เป็นหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์และระบบแจ้งเตือนให้สามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้แบบเรียลไทม์ [2], [4]

เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง เนื่องจากมีโครงสร้างระบบที่ไม่ซับซ้อน ต้นทุนต่ำ และสามารถวัดระยะทางได้อย่างแม่นยำในระยะใกล้ถึงระยะปานกลาง งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศรายงานว่าเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมการเดินจริง และเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตา [2], [4-9]

นอกจากนี้ การพัฒนาไม้เท้าอัจฉริยะในระยะหลังยังมุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลและระบบการสื่อสารข้อมูลเข้ากับระบบควบคุม เช่น การเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการแจ้งเตือน ติดตามตำแหน่ง หรือรายงานสถานะของผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ งานวิจัยของ อธิบดี มหาวัน และคณะ รวมถึง ธนพล แก้วคำแจ้ง และคณะ แสดงให้เห็นว่าการผสานระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางเข้ากับแพลตฟอร์มการสื่อสารช่วยเพิ่มความปลอดภัยและความมั่นใจของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงวัยและผู้พิการทางสายตา [7-8]

ในเชิงแนวโน้มเทคโนโลยี งานวิจัยล่าสุดได้เริ่มนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและลดความผิดพลาดในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล รายงานว่าเทคโนโลยีดังกล่าวช่วยเพิ่มความแม่นยำและศักยภาพของระบบในการใช้งานจริง อย่างไรก็ตาม ระบบที่มีความซับซ้อนสูงอาจส่งผลต่อการใช้พลังงานและความสะดวกในการใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบที่สมดุลระหว่างประสิทธิภาพของระบบและความเหมาะสมต่อผู้ใช้ [3]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไม้เท้าอัจฉริยะควรประกอบด้วยระบบควบคุมที่มีความเสถียร เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะทางที่มีความแม่นยำ และระบบแจ้งเตือนที่ตอบสนองได้รวดเร็ว ทั้งนี้ การเลือกใช้เทคโนโลยีจำเป็นต้องคำนึงถึงบริบทการใช้งานจริง ความปลอดภัยของผู้ใช้ และความง่ายต่อการนำไปใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นแนวคิดหลักที่ถูกนำมาใช้เป็นฐานในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบไม้เท้าอัจฉริยะในงานวิจัยนี้

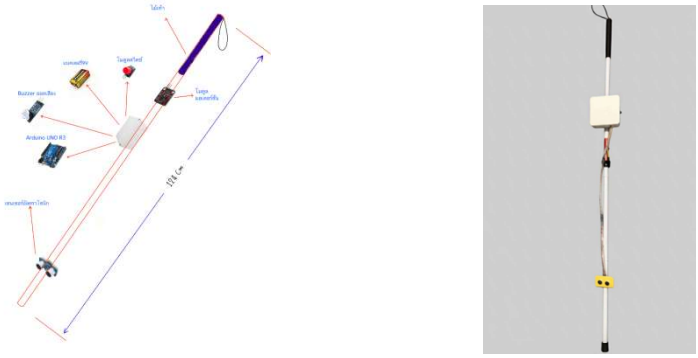
6. ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

6.1 การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับไม้เท้าสำหรับผู้พิการทางสายตา โดยรวบรวมแนวคิดและเทคโนโลยีที่ปรากฏในงานวิจัยก่อนหน้า เช่น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ระบบสั่นสะเทือนและออดเสียง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบไม้เท้าช่วยเดินสำหรับผู้พิการทางสายตาที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

6.2 ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาต้นแบบการออกแบบระบบแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบด้วยอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ มอเตอร์สั่น และออดเสียง โดยใช้บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นตัวควบคุมหลัก เพื่อรองรับจำนวนอุปกรณ์และช่องสัญญาณ I/O ที่ต้องใช้ และด้านซอฟต์แวร์ (Software) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ด้วยภาษา C++ ผ่าน Arduino IDE สำหรับแจ้งเตือนด้วยเสียงและการสั่น



ภาพที่ 1 การออกแบบ ไม้เท้านำทางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา

6.3 การทดสอบระบบและการกำหนดเงื่อนไขการทดลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของไม้เท้านำทาง ได้ทำการทดสอบการตรวจจับสิ่งกีดขวางของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก โดยกำหนดระยะการตรวจจับในช่วง 20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงของผู้พิการทางสายตา เซ็นเซอร์ถูกติดตั้งบริเวณส่วนหน้าของไม้เท้าในระดับความสูงประมาณ 30 เซนติเมตรจากพื้น เพื่อให้สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่ในระดับลำตัวและระดับขาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบมุมการตรวจจับของเซ็นเซอร์ดำเนินการในช่วงมุม 30 องศา จากแนวแกนตรงของไม้เท้า เพื่อประเมินความสามารถในการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าและด้านเฉียงเมื่อใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเพียงตัวเดียว การทดลองดำเนินการในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยจัดเตรียมสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะและวัสดุแตกต่างกัน เพื่อให้ผลการทดสอบครอบคลุมสภาพการใช้งานจริง

6.4 การวัดค่าระยะทางและเวลาตอบสนองของระบบ

ในการทดลอง ได้ทำการวัดค่าระยะทางที่เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกตรวจจับได้จริงเปรียบเทียบกับระยะทางที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานเพื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของการตรวจจับในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ ได้ทำการวัดเวลาตอบสนองของระบบตั้งแต่เซ็นเซอร์ตรวจพบสิ่งกีดขวางจนถึงการทำงานของระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและการสั่น

การทดลองดำเนินการทั้งหมดจำนวน 30 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย (Average) ของระยะการตรวจจับ เวลาในการตอบสนอง และอัตราความคลาดเคลื่อน เพื่อใช้ในการประเมินความแม่นยำและความเสถียรของระบบ

7. ผลการวิจัย

จากการทดลองไม้เท้านำทางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา โดยทำการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) ในการตรวจจับวัตถุจำนวน 30 ครั้ง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าในทุกครั้งที่ทำการทดสอบ เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างถูกต้องและมีการตอบสนองทั้งในรูปแบบเสียง (Buzzer) และการสั่น (Vibration Motor) อย่างสมบูรณ์ครบทุกครั้ง จากการทดสอบในเงื่อนไขระยะและมุมการตรวจจับที่กำหนด พบว่าเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างถูกต้องในทุกครั้งของการทดลอง โดยระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและการสั่นสามารถทำงานได้อย่างสอดคล้องกับการตรวจจับวัตถุ แสดงให้เห็นว่าแม้จะใช้เซ็นเซอร์เพียงตัวเดียว ระบบยังสามารถครอบคลุมการใช้งานพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการใช้งานจริงของผู้พิการทางสายตา

ภาพที่ 2 การทดลองเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

ครั้งที่	การทดลอง	ผลการทดลอง	
		เสียง	สั่น
1	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
2	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
3	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
4	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
5	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
6	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
7	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
8	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
9	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
10	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ครั้งที่	การทดลอง	ผลการทดลอง	
		เสียง	สั่น
11	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
12	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
13	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
14	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
15	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
16	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
17	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
18	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
19	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
20	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
21	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
22	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
23	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
24	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
25	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
26	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
27	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
28	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
29	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓
30	การตรวจจับวัตถุของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	✓	✓

จากการทดลองทั้งหมดจำนวน 30 ครั้ง พบว่าเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ครบทุกครั้ง คิดเป็นความแม่นยำของระบบเท่ากับ ร้อยละ 100 โดยมีช่วงระยะการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 20 เซนติเมตร

ระบบแจ้งเตือนด้วยการสั่นสะเทือนและออดเสียงมีเวลาตอบสนองเฉลี่ย น้อยกว่า 0.5 วินาที หลังจากตรวจพบสิ่งกีดขวาง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ ผลการทดลองเชิงตัวเลขดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไม้เท้านำทางที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำ รวดเร็ว และเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้พิการทางสายตา

8. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกที่ติดตั้งในไม้เท้านำทางสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนการทดลองทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์มีความแม่นยำสูงและสามารถทำงานได้อย่างเสถียร เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงเพื่อช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางของผู้พิการทางสายตา

ไม้เท้านำทางต้นแบบใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟได้ โดยจากการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องพบว่าสามารถใช้งานได้ประมาณ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จหนึ่งครั้ง ทั้งนี้ระยะเวลาการใช้งานขึ้นอยู่กับความถี่ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางและการทำงานของระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและการสั่น

9. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่อง ไม้เท้านำทางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการทางสายตา ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาไม้เท้าที่สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างแม่นยำโดยใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ระบบสั่นสะเทือน และออดเสียง พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทดลองทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและความเสถียรของระบบในการทำงานจริง นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาพัฒนาเพิ่มเติมในด้านระบบจัดการพลังงาน เช่น การเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีความจุสูงขึ้น หรือการออกแบบระบบแจ้งเตือนสถานะแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มระยะเวลาการใช้งานและความสะดวกในการชาร์จพลังงาน ซึ่งจะช่วยเพิ่มความเหมาะสมในการใช้งานจริงในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการใช้งานจริง ควรมีการพัฒนาต่อยอดในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การเพิ่มจำนวนเซ็นเซอร์ให้สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้รอบทิศทาง การปรับปรุงระบบแจ้งเตือนให้สามารถแยกแยะระยะห่างของสิ่งกีดขวางได้อย่างชัดเจน และการออกแบบโครงสร้างไม้เท้าให้มีน้ำหนักเบา ทนทาน และเหมาะสมต่อการใช้งานของผู้พิการทางสายตาในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ควรมีการทดสอบใช้งานจริงกับกลุ่มผู้พิการทางสายตาในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความสะดวก และความปลอดภัยในการใช้งาน รวมทั้งควรศึกษาการพัฒนาเพิ่มเติมโดยบูรณาการเทคโนโลยีอื่น เช่น ระบบ GPS หรือการเชื่อมต่อแบบไร้สาย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของอุปกรณ์และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้พิการทางสายตาให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจากคณะผู้บริหารและคณาจารย์ทุกท่านจากวิทยาลัยพิชญบัณฑิต ซึ่งได้ให้คำแนะนำทางวิชาการ ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่า และแนวทางในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอนของการพัฒนาและดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ทรงศักดิ์ รักพ่วง และภุชงค์ เสนานุช. (2562). นวัตกรรมทางสังคมสำหรับผู้สูงอายุ: ความสำคัญต่อสังคมผู้สูงอายุในประเทศไทย. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, 7(2), 205-215.

[2] โสภิดา ท้วมมี, หทัยรัตน์ เกตุมณีชัยรัตน์, ณลัลิกา เพชรมณีนิลใส และ พศวัต พันธ์โสตถ. (2565). ไม้เท้าอัจฉริยะสำหรับช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 10(2), 22-39.

[3] วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล. (2568). ไม้เท้าอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งและปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 10(2), 213–224.

[4] Wahab, M. H. A., Talib, A. A., Kadir, H. A., Johari, A., Noraziah, A., Sidek, R. M., & Mutalib, A. A. (2011). Smart Cane: Assistive Cane for Visually-impaired People. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, 8(4), 2, 21-27.

[5] Shiizu, Y., Hirahara, Y., Yanashima, K., & Magatani, K. (2007). The development of a white cane which navigates the visually impaired. In Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS (pp. 1-10). 23–26 August, 2007, Lyon, France.

[6] Yang, C.-M., Jung, J.-Y., & Kim, J.-J. (2021). Development of Walking Assistive Cane for Obstacle Detection and Location Recognition for Visually Impaired People. Sensors and Materials, 33(10), 3623–3633.

[7] อธิบดี มหาวัน, กฤตคม ศรีจิรานนท์ และนัฐชยพงศ์ ธีรัชตระกูล. (2565). วอคอะโก: ไม้เท้าอเนกประสงค์สำหรับช่วยเหลือและติดตามผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันไลน์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งรัตนโกสินทร์, 4(2), 10-18.

[8] ธนพล แก้วคำแจ้ง, กัมปนาท บุญคง, ภาณุวัฒน์ ศิลาคะจิ และ นิติพัทธ์ บัวเก่า. (2563). การศึกษาความพึงพอใจไม้เท้าของผู้สูงวัยแจ้งเตือนผ่านทางไลน์แอพพลิเคชั่น. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา , 4(1), 29-37

[9] สุปาณี พุกแก้ว. (2567). การใช้เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทางของคนพิการทางการเห็น: กรณีศึกษาสมาชิกสมาคมคนตาบอดแห่งประเทศไทย. วารสารวิจัยสังคมและปริทัศน์, 46(1), 1–23.

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University
Vol. 7, No. 2, July - December 2025

Research Article

J. Ind. Technol. Buriram Rajabhat Univ. 7(2), 54-70

การพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับการคัดแยกขนาด เพื่อการลดการสูญเสียจากการเสียดสี

Development of a Cashew Nut Shelling and Size Grading Machine for Loss Reduction

เสกสรรค์ วินยางค์กูล[1*] นคร ไชยวงศ์ศักดา[2] ชัชชัย วรพัฒน์[3] ธีรวัชร แก้วเปี้ย[4] ศศิชา สุขกาย[5]
Xiaoxu Duan[6] และ วิภพ ใจแข็ง[7]
Seksan Winyangkul[1*] Nakorn Chaiwongsakda[2] Chatchai Woraphat[3] Teerawat Kaewpia[4]
Sasicha Sukkay[5] and Wipobh Jaikhang[7]
[1*,2,4] โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[3] โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[5] โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[6] School of Physics, Electrical and Energy Engineering, Chuxiong Normal University
[7] โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[1*,2,3,4,5,7] Address Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University, 80 Moo 9, Phaholyothin Road, Ban Du Sub-district, Mueang Chiang Rai District, Chiang Rai 57100, Thailand.
[6] School of Physics, Electrical and Energy Engineering, Chuxiong Normal University, Lucheng South Road, Chuxiong Yi Autonomous Prefecture, Yunnan Province, 675000, P.R. China.
*Corresponding author. E-mail: seksan.win@crru.ac.th

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
November 11, 2025	December 19, 2025	December 24, 2025	December 27, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดของเสียในกระบวนการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้เครื่องสีและคัดแยกขนาดที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบที่จำแนกตามชั้นคุณภาพเป็น 3 เกรด ได้แก่ เกรด AA, เกรด A และเกรด B โดยใช้เม็ดมะม่วงหิมพานต์จำนวน 2,160 เม็ดต่อเกรด ภายใต้การออกแบบการทดลองจำนวน 18 เงื่อนไขทดลอง ทำซ้ำเงื่อนไขละ 6 ครั้ง และใช้ตัวอย่างครั้งละ 20 เม็ด ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ระยะห่างระหว่างใบมีด ความเร็วรางเลื่อน และมุมใบมีดก้างปลาตัวล่าง การออกแบบการทดลองอาศัยเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-Way Analysis of Variance: Two-Way ANOVA) เพื่อทดสอบผลของตัวแปรหลัก

และปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีต่อปริมาณของเสีย เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบความแตกต่างของปฏิกิริยาเดี่ยวและปฏิกิริยาร่วมเพิ่มเติม

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดของเสียในกระบวนการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยพิจารณาตัวแปร ได้แก่ ระยะห่างระหว่างใบมีด ความเร็วรางเลื่อน และมุมก้างปลา ผลการศึกษาพบว่าระยะห่างระหว่างใบมีดและความเร็วรางเลื่อนเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณของเสียในทุกเกรดไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่มุมก้างปลาตัวล่างไม่ส่งผลต่อปริมาณของเสียอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดสอบสมรรถนะการผลิตของเครื่องพบว่า เกรด AA ให้ผลผลิตใน 1 ชั่วโมงเท่ากับ 16.12 กิโลกรัม โดยเป็นเมล็ดสมบูรณ์ 12.76 กิโลกรัม และเมล็ดแตกหัก 3.36 กิโลกรัม เมื่อคำนวณในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ได้ผลผลิตรวม 128.96 กิโลกรัม เป็นเมล็ดสมบูรณ์ 102.08 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 79.15 ซึ่งอยู่ในระดับดี ส่วนเกรด A (3 ช่อง) ให้ผลผลิตใน 1 ชั่วโมง 24.18 กิโลกรัม เป็นเมล็ดสมบูรณ์ 19.80 กิโลกรัม และเมล็ดแตกหัก 4.38 กิโลกรัม และใน 8 ชั่วโมง ให้ผลผลิตรวม 193.44 กิโลกรัม เป็นเมล็ดสมบูรณ์ 158.40 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 81.88 จัดอยู่ในระดับดีเยี่ยม สำหรับเกรด B (3 ช่อง) ให้ผลผลิตรวมใน 8 ชั่วโมงเท่ากับ 193.44 กิโลกรัม เป็นเมล็ดสมบูรณ์ 153.12 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 79.15 อยู่ในระดับดี เมื่อเปรียบเทียบผลผลิต พบว่าเกรด A และ B ให้ผลผลิตรวมสูงกว่าเกรด AA เนื่องจากมีจำนวนรางเลื่อนมากกว่า อย่างไรก็ตาม เกรด A ให้ปริมาณเมล็ดสมบูรณ์สูงกว่าและมีเมล็ดแตกหักน้อยกว่าเกรด B แสดงให้เห็นว่า เกรด A เป็นขนาดที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมดีที่สุดสำหรับเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ศึกษา

คำสำคัญ: มะม่วงหิมพานต์ เครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ การคัดแยกขนาด การลดการสูญเสีย วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

Abstract

This study investigates the factors influencing the waste generation rate in the cashew nut peeling process using a newly developed peeling and size-grading machine aimed at loss reduction. The experimental samples consisted of raw cashew nuts classified into three quality grades, namely Grade AA, Grade A, and Grade B. For each grade, a total of 2,160 nuts were tested, derived from a designed experimental scheme comprising 18 experimental conditions with six replications per condition and 20 nuts per replication. The examined operational variables included blade clearance, slider speed, and lower herringbone blade angle. The experimental design was based on the design of experiments (DOE) approach, and the collected data were statistically analyzed using two-way analysis of variance (Two-Way ANOVA) to evaluate the main effects and interaction effects of the operating parameters on waste generation. When statistically significant differences were detected, simple main effect and interaction analyses were subsequently performed.

The results indicate the factors influencing the waste generation rate in the cashew nut peeling process by examining key operational variables, including the blade clearance, slider speed, and herringbone angle. The results indicate that blade clearance and slider speed consistently affect the amount of waste across all grades in the same direction, whereas the lower herringbone angle does not have a statistically significant effect on waste generation. Performance evaluation of the peeling machine shows that Grade AA yields 16.12 kg, comprising 12.76 kg of whole kernels and 3.36 kg of broken kernels. When extrapolated to an 8-hour operating period, the total output reaches 128.96 kg, of which 102.08 kg are whole kernels, corresponding to 79.15%, which is classified as good quality. For Grade A (three channels), the machine produces 24.18 kg, including 19.80 kg of whole kernels and 4.38 kg of broken kernels. Over 8 hours, the total production amounts to 193.44 kg, with 158.40 kg of whole kernels, representing 81.88% and indicating excellent performance. Similarly, Grade B (three channels) achieves a total output of 193.44 kg over 8 hours, yielding 153.12 kg of whole kernels, or 79.15%, which is considered good quality. Comparative analysis reveals that Grades A and B achieve higher total production than Grade AA due to a greater number of sliding channels. However, Grade A provides a higher proportion of whole kernels and a lower fraction of broken kernels compared with Grade B. These results demonstrate that Grade A offers the best overall production efficiency for the cashew nut peeling machine investigated in this study.

Keywords: Cashew Nut, Cashew Nut Peeling Machine, Size Grading, Loss Reduction, Agricultural Machinery Engineering

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์เม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบเป็นสินค้าเกษตรแปรรูปที่มีการจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ และเป็นหนึ่งในสินค้าเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อห่วงโซ่มูลค่าเกษตรแปรรูปในระดับสากล [1] อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตในสถานประกอบการส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาการขาดมาตรฐาน โดยเฉพาะในขั้นตอนการสีเปลือกเพื่อแยกเปลือกหุ้มเมล็ดออกจากตัวเมล็ด ซึ่งโดยทั่วไปอาศัยเครื่องสีที่ใช้ใบมีดโลหะในการกรีดและเสียดสีให้เปลือกแตกออกจากเมล็ดภายใน [2-3] เครื่องจักรดังกล่าวไม่สามารถปรับตั้งพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีขนาดและคุณสมบัติทางกลแตกต่างกันในแต่ละเกรด ส่งผลให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการสี และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ โดยมีอัตราการสูญเสียตามน้ำหนักสูงถึงร้อยละ 60–80 [4] การสูญเสียดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเม็ดมะม่วงหิมพานต์คุณภาพสูง

(เกรดพรีเมี่ยม) มีราคาจำหน่ายสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดความเสียหายจากกระบวนการสีอย่างมีนัยสำคัญ [5] โดยเมื่อเม็ดสมบูรณ์ถูกลดระดับเป็นเกรดเบเกอรี่ จะเกิดส่วนต่างราคาประมาณ 100 บาทต่อกิโลกรัม [6] เมื่อพิจารณาในระดับการผลิตของสถานประกอบการที่มีกำลังการแปรรูปประมาณ 50 ตันต่อปี จะพบว่ามูลค่าความสูญเสียรวมอาจสูงถึงประมาณ 1.5 ล้านบาทต่อปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบเชิงเศรษฐกิจที่มีนัยสำคัญต่อผู้ประกอบการและความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม [7] ในเชิงวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร เม็ดมะม่วงหิมพานต์แต่ละเกรด (AA, A, B และ C) มีความแตกต่างกันทั้งด้านขนาด รูปร่าง ความหนาของเปลือก และคุณสมบัติทางกล เช่น ความแข็งแรงต่อแรงเฉือนและแรงอัด ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการแตกของเปลือกในกระบวนการสี [8] งานวิจัยก่อนหน้ารายงานว่าเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีสัดส่วนเปลือกประมาณร้อยละ 20–30 ของน้ำหนักทั้งหมด และมีความแปรผันของคุณสมบัติทางกายภาพตามระดับความชื้นและขนาดของเมล็ด [9] นอกจากนี้ ยังพบว่าการกระจายสัดส่วนของเม็ดในแต่ละเกรดแตกต่างกันในกระบวนการผลิตจริง [10] ความแตกต่างดังกล่าวทำให้การใช้ค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรเพียงค่าเดียว เช่น ระยะห่างของใบมีด หรือความเร็วในการลำเลียง ไม่สามารถรองรับเม็ดทุกเกรดได้อย่างเหมาะสม และนำไปสู่การแตกหักของเมล็ดหรือการสีไม่สมบูรณ์ [11] งานวิจัยด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรเชิงกลแบบดั้งเดิมที่ไม่สามารถปรับตั้งให้เหมาะสมกับลักษณะของเม็ดในแต่ละเกรดได้ [12]

จากมุมมองทางวิศวกรรมการผลิต ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นระบบหลายตัวแปร (multi-factor system) ซึ่งผลลัพธ์ด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์และของเสียไม่ได้ขึ้นกับตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์เชิงกลหลายตัว ได้แก่ ระยะห่างของใบมีด ความเร็วในการลำเลียงเม็ด แรงกดของสปริง และมุมของใบมีดก้างปลาตัวล่าง [13-14] แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและการศึกษางานในงานวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งมุ่งเน้นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกระบวนการกับผลลัพธ์ด้านคุณภาพและผลิตภาพ [15-16] รวมถึงแนวคิดการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตและลดการสูญเสียในกระบวนการแปรรูป [17] ด้วยเหตุนี้ แนวคิดการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) จึงถูกนำมาใช้เป็นกรอบทางทฤษฎีในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เนื่องจาก DOE เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ผลของตัวแปรหลายตัวพร้อมกัน รวมถึงผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (interaction effects) ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยใช้จำนวนการทดลองที่เหมาะสม [18-19] การประยุกต์ใช้ DOE ในงานออกแบบและประเมินสมรรถนะเครื่องจักรกลเกษตรได้รับการรายงานอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านกระบวนการผลิตอาหารและการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร [20] ซึ่งช่วยให้สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์การทำงานที่เหมาะสมเพื่อลดของเสียและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นรูปธรรม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบโดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตรร่วมกับทฤษฎีการออกแบบการทดลอง เพื่อแบ่งแยกเม็ดตามลำดับชั้นคุณภาพ ได้แก่ เกรด AA, A และ B และปรับตั้งพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพ

ของเม็ดในแต่ละเกรด ซึ่งคาดว่าจะช่วยเพิ่มอัตราการได้เม็ดเต็ม ลดการสูญเสีย และยกระดับประสิทธิภาพของกระบวนการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิผลและยั่งยืน [21-22]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์

3. สมมติฐานของการวิจัย

ของเสียหลังการใช้เครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้รับการออกแบบ และพัฒนาขึ้นตามหลักวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร และเทคนิคการออกแบบการทดลองมีปริมาณน้อยกว่าของเสียก่อนการใช้เครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งนี้ การเกิดกระบวนการใหม่จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดังกล่าว รวมถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์การทำงานที่เหมาะสม ได้แก่ ระยะห่างของใบมีด ค่าแรงกดของสปริง และมุมของใบมีดด้านล่าง สำหรับเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในขนาดและเกรดที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้สามารถลดการแตกหักของเม็ด เพิ่มอัตราการได้เม็ดมะม่วงหิมพานต์เต็มเม็ด และยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

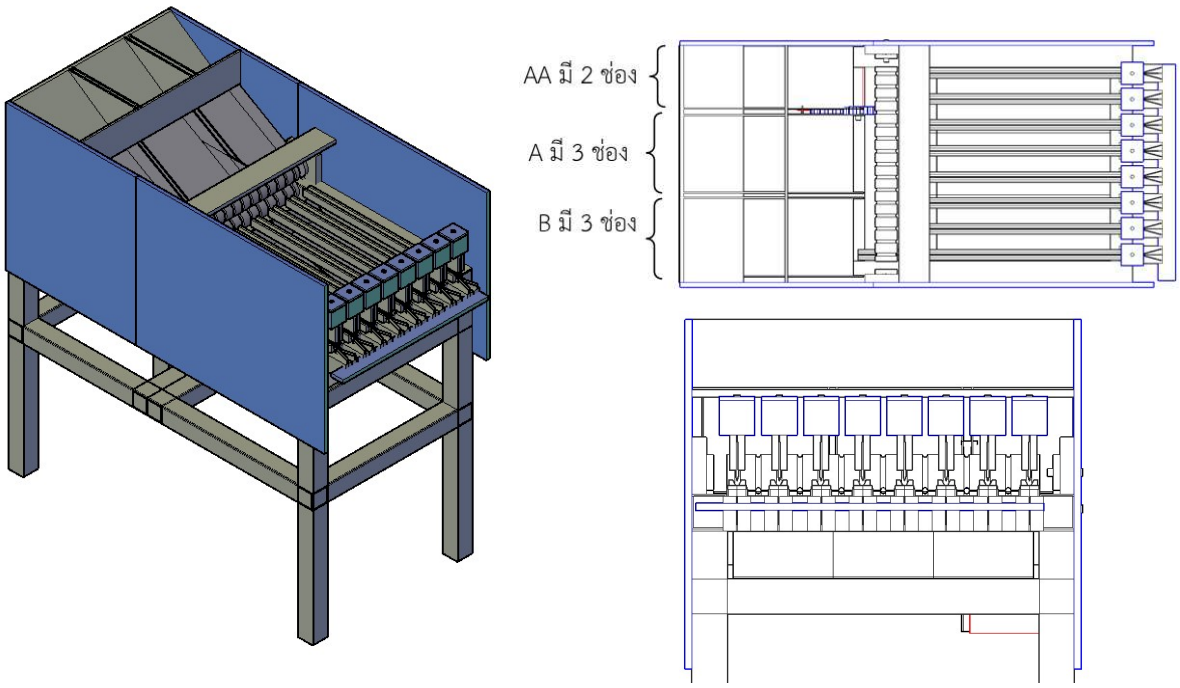
4. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ศึกษาชนิดและเกรดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อลดการสูญเสียในการกระเทาะของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และศึกษาระยะห่างของใบมีดในระดับที่เหมาะสมในระดับต่างๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องผ่าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากการตั้งองศาและระยะห่างของใบมีด งานวิจัยนี้ใช้เม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นกลุ่มตัวอย่างหลัก โดยทำการจำแนกตามลำดับชั้นคุณภาพเป็น 3 เกรด ได้แก่ เกรด AA, A และ B เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์เชิงกลของเครื่องสีต่อการเกิดของเสียในกระบวนการสีเปลือก เม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนทั้งสิ้น 6,480 เม็ด แบ่งเป็นเกรดละ 2,160 เม็ด การออกแบบการทดลองประกอบด้วย 3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ระยะห่างระหว่างใบมีด ความเร็วรางเลื่อน และมุมใบมีดก้างปลาตัวล่าง รวมเป็น 18 เงื่อนไขการทดลอง โดยแต่ละเงื่อนไขทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง และใช้ตัวอย่างจำนวน 20 เม็ดต่อการทดลองหนึ่งครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความสม่ำเสมอและสามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้อย่างเหมาะสม. ข้อมูลจากการทดลองประกอบด้วยจำนวนเมล็ดสมบูรณ์ เมล็ดแตกหัก และของเสีย ซึ่งนำมาคำนวณเป็นร้อยละตามน้ำหนักผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-Way ANOVA) เพื่อศึกษาผลของตัวแปรและปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่อปริมาณของเสีย ทั้งนี้ การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

5. ทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

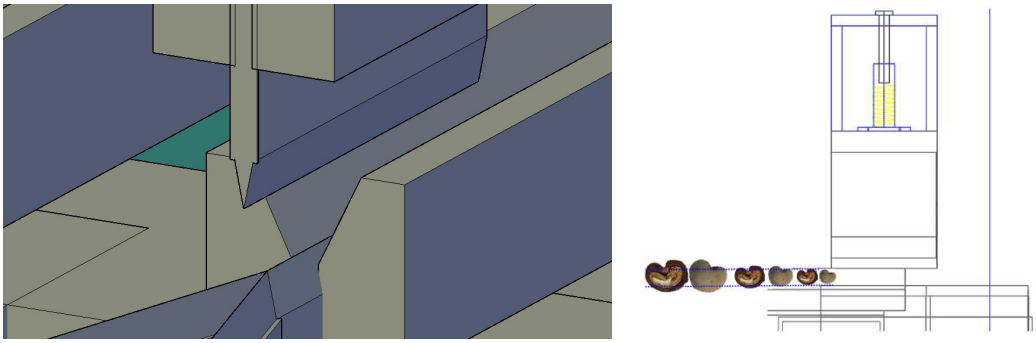
5.1 ทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับกระบวนการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบลักษณะของช่องทางเข้าของมะม่วงหิมพานต์ดิบ จำนวน 3 ช่องซึ่งแบ่งตามลักษณะของลำดับชั้นคุณภาพเป็น เกรด AA , A และ B ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจะใช้ เกรด AA มีจำนวนของช่องในการสีจำนวน 2 ช่อง และ เกรด A และ B มีจำนวนอย่างละ 3 ช่อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณโดยวิเคราะห์จากผลผลิตเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบที่ได้โดย เกรด AA คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก เกรด A คิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก B คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก จึงทำให้การแบ่งจำนวนช่องของการสีไม่เท่ากัน



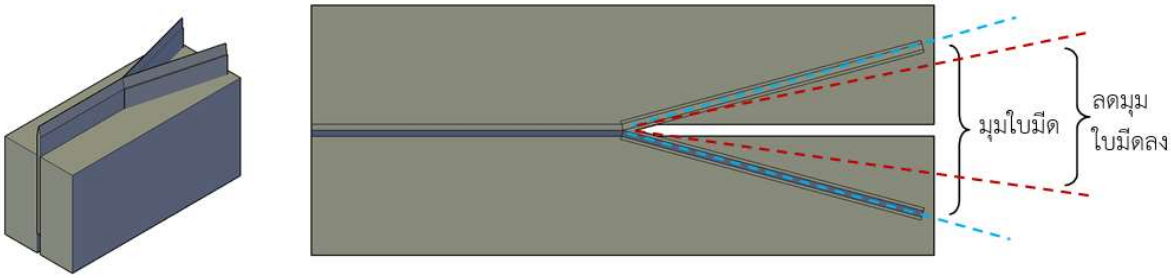
ภาพที่ 1 เครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบลักษณะของช่องทางเข้าของมะม่วงหิมพานต์ดิบ

การตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดที่ระดับชั้นเกรดต่างๆ ที่ตั้งไว้มีระยะที่เท่าเหมาะสมกับโดยจะทำการพิจารณาถึงความสูง รวมกับความหนาของชั้นเปลือกที่เหมาะสม เมื่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบไล่ไปตามช่องและถูกดันให้เข้าไปเฉือนกับชุดใบมีดตัวล่างและตัวบน โดยจะตั้งค่าให้ได้ระยะที่พอดีกับค่าเฉลี่ยของเมล็ดในแต่ละเกรด ซึ่งในเกรด AA , A และ B ตามช่องทางเข้าของมะม่วงหิมพานต์ดิบจำนวน 3 ช่องซึ่งจะมีระยะห่างที่แตกต่างกันซึ่งจะทำให้ลดปัญหาของการสีไม่แตก หรือเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่สีได้แตกหักเสียหาย ดังภาพที่ 2



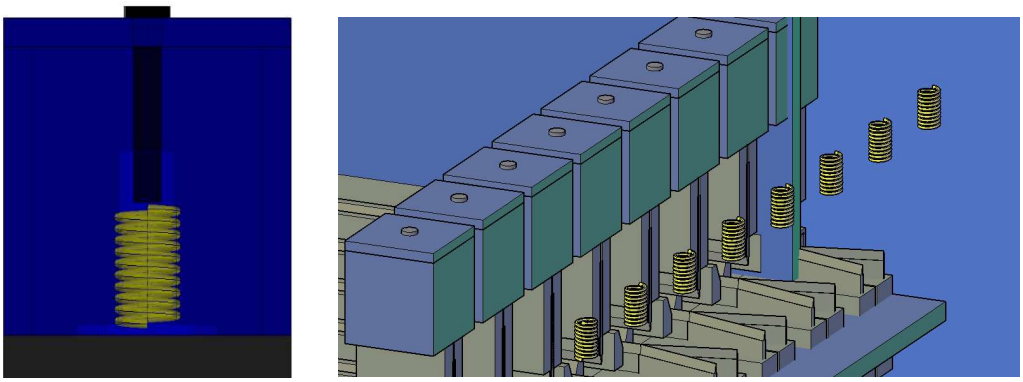
ภาพที่ 2 การตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดที่ระดับชั้นเกรดต่างๆ ให้มีความเหมาะสม

มุมของใบมีดก้างปลาตัวล่างมีค่าที่เหมาะสมสำหรับเกรดต่างๆ เนื่องการเฉือนให้เม็ดแตกออกจากกันนั้นจะใช้ลักษณะของมุมของใบมีดซึ่งมุมที่ใช้ในปัจจุบันของทางโรงงานมีค่าสูงทำให้เม็ดแตกออกโดยทันทีซึ่งจะทำให้เม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่สีได้แตกหักเสียหาย ในที่นี้ต้องมีการปรับปรุงให้สามารถลดมุมของใบมีดลงดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 มุมของใบมีดก้างปลาตัวล่าง

ค่าความแข็งของสปริงที่ใช้กดในการสีเปลือกโดยสปริงจะต้องใช้ให้เหมาะสมกับเมล็ดในแต่ละเกรด ได้อย่างเหมาะสมและมีค่าการปรับ และค่าความแข็งที่แน่นอน เป็นมาตรฐาน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สปริงที่ใช้กดในการสีเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ

5.2 งานวิจัยด้านการออกแบบ และพัฒนาเครื่องสีเมล็ดพืช

งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศได้รายงานการพัฒนาเครื่องสีเมล็ดพืชหลายชนิด เช่น มะม่วงหิมพานต์และแมคคาเดเมีย โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงโครงสร้างเครื่องจักรและกลไกการเฉือนเพื่อเพิ่มอัตราการได้เม็ดสมบูรณ์ [10-12] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงใช้การตั้งค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ซึ่งไม่สามารถรองรับความแปรปรวนของเม็ดในแต่ละเกรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อจำกัดดังกล่าวเป็นช่องว่างทางวิชาการที่งานวิจัยนี้นำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องสีที่สามารถปรับตั้งได้ตามเกรดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ จากมุมมองทางวิศวกรรมการผลิต กระบวนการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นระบบหลายตัวแปร ซึ่งผลลัพธ์ด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์และของเสียขึ้นอยู่กับอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์เชิงกลหลายปัจจัย เช่น ระยะห่างของใบมีด ความเร็วในการลำเลียง แรงกดของสปริง และมุมของใบมีดก้างปลา [13-15] การปรับตั้งเครื่องจักรโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างเป็นระบบ การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในภาคเกษตรแปรรูปชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรม การวิเคราะห์เชิงสถิติ และการปรับตั้งพารามิเตอร์อย่างเป็นระบบ สามารถช่วยลดของเสีย เพิ่มผลผลิตที่ได้มาตรฐาน และยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจได้อย่างยั่งยืน [6], [17], [19], [21-22] ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของงานวิจัยนี้ในการพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับบริบทการใช้งานในอุตสาหกรรมไทย

6. ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

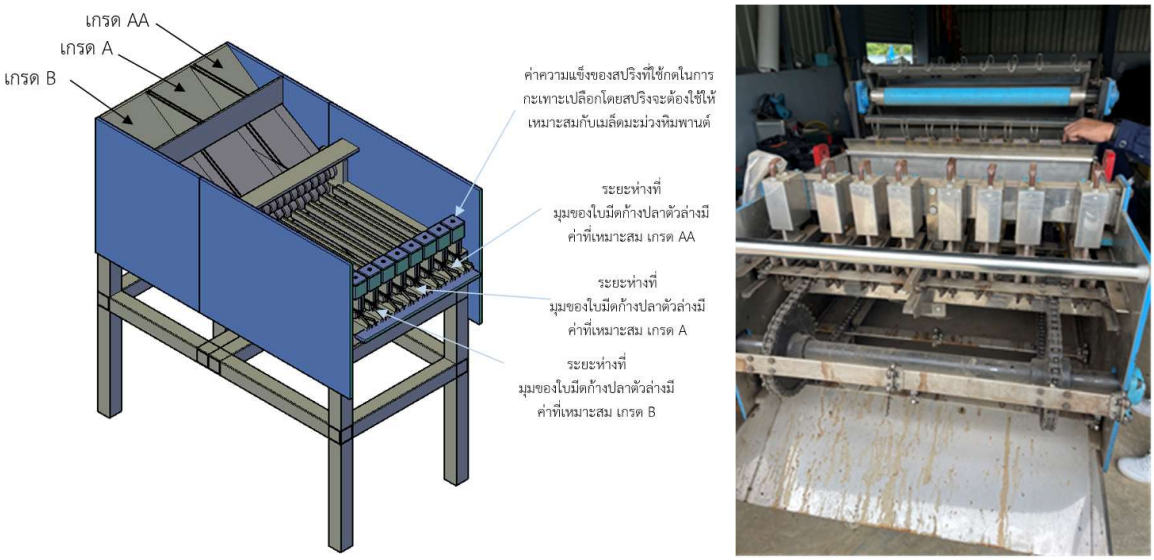
กำหนดลักษณะของปัจจัยในการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ โดยการตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดที่ระดับชั้นเกรดต่างๆที่เหมาะสม มุมของใบมีดก้างปลาตัวล่างมีค่าที่เหมาะสม รวมถึงค่าความแข็งของสปริงที่ใช้กดในการสีเปลือกที่มีคุณภาพได้มาตรฐานให้ชัดเจน จากนั้นทำการออกแบบกระบวนการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดที่ระดับชั้นเกรดต่างๆที่เหมาะสม ได้แก่ การตั้งระยะห่างของใบมีดในแต่ละขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ออกเป็นขนาด 3 ขนาด ได้แก่ AA, A, และ B
2. ลักษณะมุมของใบมีดก้างปลาตัวล่างมีค่าที่เหมาะสม ได้แก่ การเลือกมุมที่มีความแตกต่างกันโดยกำหนดให้องศาเท่ากับ 15 และ 20 องศา
3. ค่าความแข็งของสปริงที่ใช้กดในการสีเปลือก ได้แก่ การเลือกสปริงที่ใช้มีค่าความแข็งที่ 10 kg/mm. โดยการตั้งเป็นระยะห่างจากระดับรางลำเรียงเม็ดมะม่วงหิมพานต์
4. ความเร็วของการลำเลียงเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 100% (24.5 cm/s), 80% (18.76 cm/s) และ 60% (14.26 cm/s)

โดยปริมาณที่ใช้ทดสอบต่อเกรด AA, A และ B จากการออกแบบการทดลอง จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน 18 ลักษณะที่ทดสอบ และในแต่ลักษณะจะทำการทดสอบจำนวน 6 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ 20 เม็ด โดยจะใช้ปริมาณเม็ดมะม่วงหิมพานต์ เกรด AA , A และ B จำนวน 2,160 เม็ดต่อเกรด

7. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

รูปแบบของเครื่องที่เครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์จากการพัฒนาจะมีลักษณะที่แตกต่างจากเดิมดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งจะสามารถแยกเม็ดในการสีได้เป็น 3 ช่องตามลักษณะของขนาด 3 ขนาด ได้แก่ AA , A, B โดยเกรด AA มีจำนวนของช่องในการสีจำนวน 2 หัว และ เกรด A และ B มีจำนวนอย่างละ 3 หัว ซึ่งจะมีการตั้งระยะห่างที่เหมาะสมในแต่ละหัวตามขนาด และมุมของใบมีดก้างปลาตัวล่างมีค่าที่เหมาะสมสำหรับเกรดต่างๆ รวมถึงได้สปริงที่มี ค่าความแข็งของสปริงที่ใช้กดในการสีเปลือกโดยสปริงจะต้องใช้ให้เหมาะสมกับเมล็ดในแต่ละเกรด ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะสามารถลดของเสียลดลงจากเดิมที่ 60-80 เปอร์เซ็นต์ เป็น 30-50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5 เครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้จากการพัฒนา

7.1 การทดลองคัดแยกเกรดขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์

ในการทดลองคัดแยกเกรดขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้นำเม็ดมะม่วงหิมพานต์มาทำการทดลองจำนวน 6 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็น เกรด AA โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการคัดแยกเกรดขนาดของเครื่องคัดแยกเกรดขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยขนาดค่าความยาว ความสูง ของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบโดยเฉลี่ยของตัวอย่างที่ทำการวัดจากเม็ดมระม่วงหิมพานต์โดยการสุ่มจำนวน 3 กิโลกรัม ของชั้นคุณภาพ AA , A, B ของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ในการยัดแยกเมล็ดให้ได้เกรด AA, A และ B ตามที่ต้องการจะใช้เครื่องคัดแยกแบบทรงกระบอกโดยจะทำการคัดแยกครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัม โดยได้สัดส่วนของเกรด AA ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ , A ที่ 40 เปอร์เซ็นต์ เกรด B ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ และ ตกเกรดคือที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวที่ 31 mm. ความสูงที่ 23 mm. ที่ 15 เปอร์เซ็นต์

7.2 การแบ่งขนาดตามชั้นคุณภาพของเม็ดมะม่วงหิมพานต์

การคัดเกรดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในกระบวนการแปรรูปมะม่วงหิมพานต์จากการนำเมล็ดที่ผ่านการตากแดด แล้วจะนำมาทำการคัดแบ่งขนาด หากขนาดของเมล็ดได้มาตรฐานราคาของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นั้นก็จะสูงโดยผ่านกระบวนการคัดแยกขนาด ในปัจจุบันสำหรับโรงแปรรูปมะม่วงหิมพานต์ที่ผู้วิจัยได้รวมทำวิจัยจะใช้วิธีการคัดแยกเมล็ดกาแฟด้วยเครื่องแบ่งขนาดแบบตะแกรงทรงกระบอก ขั้นตอนการทำงาน เครื่องคัดแบ่งขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ถูกกำหนดให้มีตะแกรงทรงกระบอกเป็นตัวกรองเมล็ด ซึ่งจะมีจำนวน 3 ชั้น และมีรูเพื่อให้มะม่วงหิมพานต์ตกลงและค้างอยู่ในทรงกระบอกไล่จากรูใหญ่สุดเป็นทรงกระบอกอยู่ด้านใน ไล่มาจนถึงขนาดเล็กสุดอยู่ด้านนอก โดยทำงานด้วยการปล่อยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ผ่านตะแกรงทรงกระบอก 3 ชั้น เพื่อร่อนแบ่งขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ออกเป็นขนาด 4 ขนาด ได้แก่ AA , A, B และ C (ตกเกรด) โดยเกรดของขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ชั้นคุณภาพของเม็ดมะม่วงหิมพานต์จะแบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ (ข้อมูลของทางโรงงานที่ดำเนินการอยู่) โดยเฉลี่ยแล้วถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดังแสดง

1. AA คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก
2. A คิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก
3. B คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก
4. C (ตกเกรด) คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

โดยสามารถแบ่งลำดับชั้นคุณภาพ AA , A, B และ C (ตกเกรด) ตามขนาดของเมล็ด และความหนาของผิวเปลือกได้ดังแสดงในภาพที่ 6 และในตารางที่ 1

ภาพที่ 6 ความยาว ความสูง และความหนาของผิวเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์

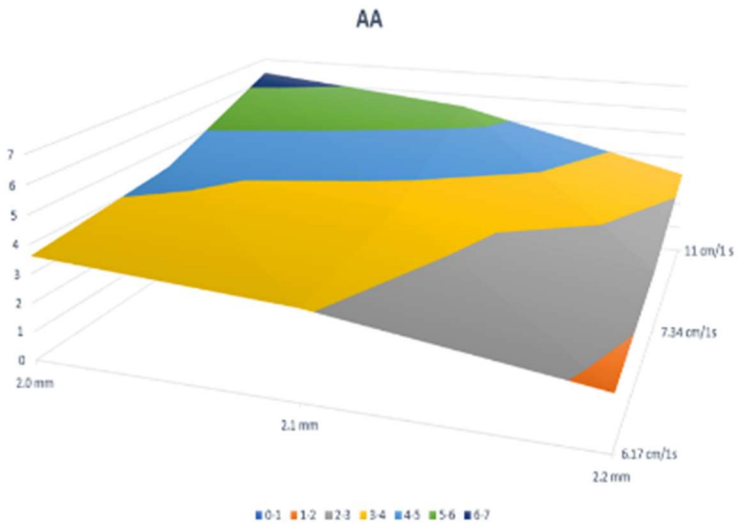
ตารางที่ 1 ค่าความยาว ความสูง และความหนาของผิวเปลือก เม็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบโดยเฉลี่ยของชั้นคุณภาพ AA , A, B และ C (ตกเกรด)

ประเภทชั้นคุณภาพ	ความยาวเฉลี่ย, L (mm.) (STD)	ความสูงเฉลี่ย, H (mm.) (STD)	ความหนา, S (mm.) (STD)
ชั้นคุณภาพ AA	37.25 (1.704)	29.77 (1.693)	3.5 - 4.2 (0.175)
ชั้นคุณภาพ A	35.64 (2.045)	27.84 (1.876)	3.45 – 4.05 (0.128)
ชั้นคุณภาพ B	32.27 (1.784)	25.06 (2.465)	3.37 – 3.85 (0.187)
ชั้นคุณภาพ C (ตกเกรด)	น้อยกว่า 30	น้อยกว่า 23	3.35 – 3.77 (0.128)

การศึกษาปัจจัยของคุณภาพเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีผลจากตัวแปรของเครื่องจักรได้แก่ การกำหนดตัวแปรระยะห่างของใบมีด ความเร็วที่ในการลำเลียงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ มุมใบมีดก้างปลาตัวล่างมีค่าที่เหมาะสม

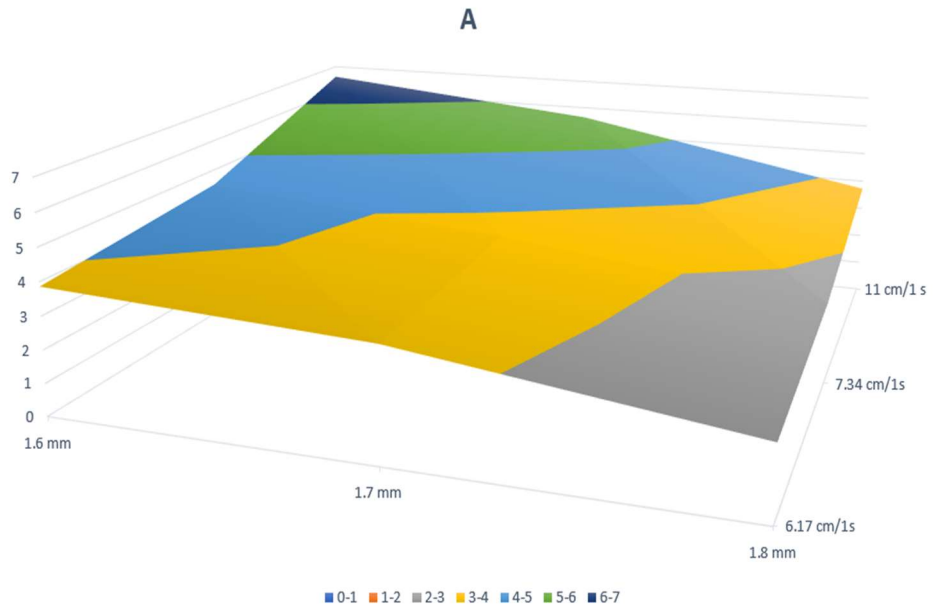
กลุ่มตัวอย่างได้แก่ เม็ดมะม่วงหิมพานต์เกรด AA, A, B ปริมาณที่ใช้ในการพิจารณา และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการวิจัย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two Way Analysis of Variance) และพบว่าข้อใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบความแตกต่างตามปฏิกริยาเดี่ยว และปฏิกริยาร่วม

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับการคัดแยกขนาดเพื่อการลดการสูญเสียจากการเสียดสี มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการสี มีประเด็นที่สามารถนำมาอภิปรายผลได้ ดังนี้ จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการสี ที่สุด คือ ระยะห่างของใบมีด ความเร็วที่ในการลำเลียงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ส่วนมุมใบมีดก้างปลาตัวล่างมีค่าที่เหมาะสม ไม่ส่งผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นตั้งนั้นจึงสามารถเลือกใช้ค่าตามที่เหมาะสม โดยค่าที่เหมาะสมในการสีมะม่วงหิมพานต์เกรด AA, A, B ของตัวแปรดังแสดงในภาพที่ 7 ถึง 9 และตารางที่ 2



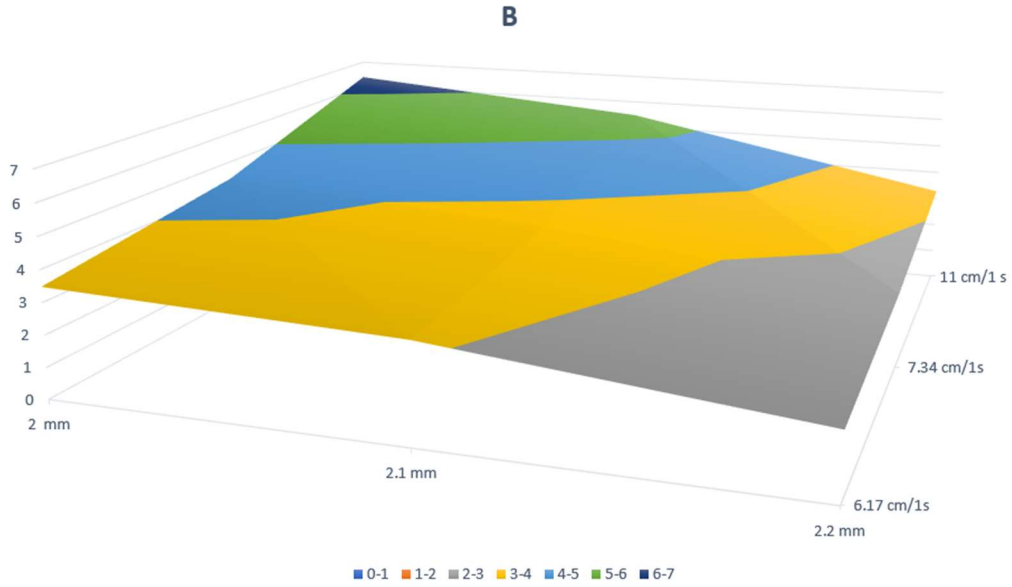
ภาพที่ 7 ผลผลิตของ เมล็ด AA ที่สมบูรณ์

จากภาพที่ 7 ผิวตอบสนองของผลผลิตของ เมล็ด AA ที่สมบูรณ์ ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ ความเร็วในการลำเลียงเมล็ดอยู่ที่ 11 cm/s และระยะของความห่างที่ 2.0 cm. ซึ่งจะสามารถให้การประมาณผลผลิตที่สามารถทำได้ของเกรด AA ของเมล็ด สมบูรณ์ที่ 6.38 กิโลกรัม



ภาพที่ 8 ผลผลิตของ เมล็ด A ที่สมบูรณ์

จากภาพที่ 8 ผิวตอบสนองของผลผลิตของ เมล็ด A ที่สมบูรณ์ ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ ความเร็วในการลำเลียงเมล็ดอยู่ที่ 11 cm/s และระยะของความห่างที่ 1.6 cm. ซึ่งจะสามารถให้การประมาณผลผลิตที่สามารถทำได้ของเกรด A ของเมล็ด สมบูรณ์ที่ 6.6 กิโลกรัม



ภาพที่ 9 ผลผลิตของ เมล็ด B ที่สมบูรณ์

จากภาพที่ 9 ผิวตอบสนองของผลผลิตของ เมล็ด B ที่สมบูรณ์ ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ ความเร็วในการลำเลียงเมล็ดอยู่ที่ 11 cm/s และระยะของความห่างที่ 1.5 cm. ซึ่งจะสามารถให้การประมาณผลผลิตที่สามารถทำได้ของเกรด B ของเมล็ด สมบูรณ์ที่ 6.38 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 ค่าที่เหมาะสมของตัวแปรในการสีมะม่วงหิมพานต์เกรด AA, A, B

เกรด	ระยะห่างของใบมีด	ความเร็วที่ในการลำเลียง	มุมใบมีดก้างปลาตัวล่าง
AA	2.0	100% (11 cm/s)	15 - 20 องศา
A	1.6	100% (11 cm/s)	15 - 20 องศา
B	1.5	100% (11 cm/s)	15 - 20 องศา

โดยการประมาณของเสียที่เกิดขึ้นและลดลงจากการสีแบบเดิมดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประมาณของเสียที่เกิดขึ้นและลดลงจากการสีแบบเดิม

เกรด	ของเสียหลังการพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (เปอร์เซ็นต์)	ของเสียก่อนการพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (เปอร์เซ็นต์)	ผลต่างของเสียก่อน และหลังการพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (เปอร์เซ็นต์)
AA	21-27	80	59-53
A	15-21	80	65-59
B	17-26	80	63-54

จึงสรุปได้ว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ของเกรด AA, A, B มีตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณของเสียไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด คือ A=ระยะห่างระหว่างใบมีด B=ความเร็วรางเลื่อนและ ตัวแปรที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณของเสีย คือ C=มุมก้างปลาตัวล่าง โดยระยะใบมีดและความเร็วที่เหมาะสม ได้แก่ ระดับAA=2.0 cm ที่ความเร็ว 11 cm/s ระดับA=1.6 cm ที่ความเร็ว 11 cm/s
และ ระดับB=1.5 cm ที่ความเร็ว 11 cm/s

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในการควบคุมเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยระบบเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์เดิมซึ่งทำงานภายใต้การควบคุมความเร็วแบบคงที่ที่ 6.17 cm/s (30 รอบต่อนาที) แบบเดิมมีข้อจำกัดในการรองรับความแปรผันของขนาด และคุณสมบัติเชิงกลของเมล็ด ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสีไม่สม่ำเสมอและเกิดอัตราการแตกหักของเมล็ดในระดับสูง ภายหลังจากการปรับปรุงระบบควบคุมให้สามารถปรับความเร็วรอบได้ และทำการทดสอบเชิงทดลองเพื่อหาค่าความเร็วที่เหมาะสม พบว่าความเร็ว 11 cm/s (50 รอบต่อนาที) ให้ผลการทำงานที่เสถียรกว่าอย่างชัดเจน

จากการดำเนินงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทราบว่าตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในระดับ AA, A, B คือ A, B และได้ทราบค่าที่เหมาะสมของระยะห่างใบมีดกับความเร็วของรางเลื่อนจากการทดลองที่ใช้ในขนาดต่างๆ

1) ขนาด AA ใช้ระยะห่างของใบมีด 2.0 cm ความเร็วที่ 11 cm/s เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความกว้างในแนวสูงของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ของเกรด AA โดยค่าเฉลี่ยที่ 2.72 cm. นั้นจะได้เห็นได้ว่ามีระยะที่ใกล้เคียงเมื่อลบความหนาของเปลือกโดยมีระยะที่แตกต่างกัน 0.72 cm. ส่วนความเร็วที่ 11 cm/s เป็นความเร็วที่เหมาะสมและได้ของเสียน้อยที่สุดเนื่องจากสีได้ในปริมาณที่มากและในการสีต้องอาศัยแรงเฉือนในการเคลื่อนที่สูงจึงจะสามารถสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้อย่างสมบูรณ์เต็มเมล็ด

2) ขนาด A ระยะห่างของใบมีด 1.6 cm ความเร็วที่ 11 cm/s เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความกว้างในแนวสูงของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ของเกรด A โดยค่าเฉลี่ยที่ 2.66 cm. นั้นจะได้เห็นได้ว่ามีระยะที่ใกล้เคียงเมื่อลบความหนาของเปลือกโดยมีระยะที่แตกต่างกัน 1.06 cm. ส่วนความเร็วที่เหมาะสมจะเหมือนกันกับของขนาด AA, B

3) ขนาดของ B ระยะห่างของใบมีด 1.5cm ความเร็วที่ 11 cm/s เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความกว้างในแนวสูงของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ของเกรด B โดยค่าเฉลี่ยที่ 2.49cm. นั้นจะได้เห็นได้ว่ามีระยะที่ใกล้เคียงเมื่อลบความหนาของเปลือกโดยมีระยะที่แตกต่างกัน 0.99 cm. ส่วนความเร็วที่เหมาะสมจะเหมือนกันกับของขนาด AA, A

จากการศึกษาพบว่า ในการทำงานของเครื่องสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์การทำงานที่ได้ผลผลิตเยอะที่สุดจอยู่ที่ขนาด A (193.44 kg) และขนาด B (193.44 kg) เนื่องจากขนาด A,B มีรางเลื่อน 3 รางซึ่งมากกว่าขนาด AA ไป 1 รางทำให้ผลผลิตของ A และ B มีมากกว่า ขนาด AA (128.96 kg) และขนาด A ได้ผลผลิตเมล็ดที่สมบูรณ์ใน 8 ชั่วโมงได้ผลผลิต (158.4 kg) มากกว่าขนาด B (153.12 kg) เมล็ดที่แตกหักก็ยังน้อยกว่าขนาด B ทำให้เห็นว่า ขนาด A มีผลผลิตที่ดีที่สุดในเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์

8. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) การออกแบบและพัฒนาเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ตามหลักวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ทำให้เครื่องสามารถปรับตั้งพารามิเตอร์การทำงานได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในแต่ละเกรด ส่งผลให้กระบวนการสีมีความสม่ำเสมอและลดความเสียหายของเมล็ด และ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่พัฒนาขึ้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถเพิ่มอัตราการได้เม็ดสมบูรณ์และลดปริมาณเมล็ดแตกหักและของเสียเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุง โดยเฉพาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์เกรด A ซึ่งให้ประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมดีที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าเครื่องสีที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในระดับอุตสาหกรรม. ผลการทดลองชี้ให้เห็นการออกแบบช่องแยกตามเกรด (AA, A, B) และการทำให้แต่ละช่องสามารถปรับระยะใบมีด มุมก้างปลา และความเร็วได้ เป็นทางออกเชิงวิศวกรรมที่สอดคล้องกับความแตกต่าง

ทางคุณสมบัติของเมล็ดตามเกรด และแนวทางในงานพัฒนาเครื่องสีอื่น ๆ [1],[10],[14] เครื่องที่พัฒนาทำให้สามารถตั้งระยะใบมีด 2.0, 1.6 และ 1.5 cm และความเร็วรางเลื่อน 11 cm/s ซึ่งเข้ากับค่าเฉลี่ยมิติของเมล็ดที่วัดได้ ทำให้ลดการแตกหักและเพิ่มสัดส่วนเมล็ดสมบูรณ์ได้จริง (สอดคล้องกับหลักการออกแบบกลไกเฉือนและการถ่ายเทพลังงาน) [7],[8],[12] และผลการทดสอบแสดงว่าเครื่องที่พัฒนาลดของเสียจากร้อยละ 60–80 เหลือประมาณร้อยละ 30–50 (โดยน้ำหนัก) และเกรด A ให้สัดส่วนเมล็ดสมบูรณ์สูงสุด (81.88%) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานที่ชี้ว่าการปรับพารามิเตอร์เชิงกลอย่างเป็นระบบสามารถเพิ่มอัตราได้ผลิตและลดของเสียได้จริงในกระบวนการแปรรูปเมล็ด [9],[18],[21]

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ควรศึกษาขนาดของเมล็ดและคัดเมล็ดในแต่ละเกรดก่อนการทดลองเพราะเครื่องคัดแยกไม่สามารถคัดแยกขนาดของเมล็ดได้ตามขนาดที่ต้องการทั้งหมด เช่น อาจมีเมล็ดขนาด B ปนไปกับ A หรือ AA

9.2 เนื่องด้วยรางลำเลียงเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อาจสกปรกจากเศษเปลือกของมะม่วงหิมพานต์ที่แตกหักเป็นจำนวนมาก อาจต้องมีการทำความสะอาดรางลำเลียงเป็นบางครั้ง

9.3 จากผลการวิจัย พบว่า แนะนำให้ทำความสะอาดเครื่องสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทุกครั้งหลังใช้งาน เนื่องจากเศษเมล็ดจะติดในรางทำให้ในรอบต่อไปติดขัดและเกิดปัญหาระหว่างการทำงานได้

9.4 การควบคุมเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์หรือเครื่องสีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในปัจจุบันเป็นแบบระบบเชิงกลแบบควบคุมคงที่ ควรมีการพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะที่สามารถปรับพารามิเตอร์การทำงานได้ตามสภาพจริงของวัตถุดิบ และกระบวนการ

9.5 การออกแบบสปริงหรือระบบไฮดรอลิก/นิวเมติกที่ปรับแรงกดได้ เพื่อให้การเฉือนมีแรงกดที่เหมาะสมและทนต่อการสึกหรอ

เอกสารอ้างอิง

[1] Singharat, P., & Therdwongworakul, A. (1999). Cashew nut shelling machine and cashewnut size grading machine. In Proceedings of the compilation of research abstracts by Thai university faculty members (1997–1999) (pp. 112–118). Bangkok, Thailand.

[2] Adekunle, J. A. (2008). Physical properties of cashew nut relevant to processing. Journal of Food Engineering, 88(3), 390–394. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.006

[3] Olukunle, O. J., & Akinnuli, B. O. (2012). Investigating some engineering properties of cashew nut for mechanization. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 14(2), 120–126.

[4] Akinoso, R., & Raji, A. O. (2011). Physical properties of cashew nut as affected by moisture content. Journal of Food Process Engineering, 34(6), 1930–1942.

[5] Amarit, S., Phaosanthatphanishsomdej, C., Thaita, T., & Thongchan, P. (2010). Research and development of a green husk macadamia nut shelling machine. Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Thailand.

[6] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Cashew processing handbook. FAO.

[7] Ajayi, A. O., & Olajide, J. O. (2008). Mechanical properties of cashew nut relevant to shelling operation. Journal of Agricultural Engineering, 45(4), 201–208.

[8] Olajide, J. O. (2000). Effect of moisture content on cracking characteristics of cashew nut. Journal of Agricultural Engineering Research, 76(3), 345–350.

[9] Bamgboye, A. S., & Adejumo, O. A. (2006). Performance evaluation of a locally developed cashew nut sheller. Journal of Food Engineering, 76(3), 372–377.

[10] Olukunle, O. J. (2005). Some physical properties of cashew nut relevant to shelling. Journal of Agricultural Engineering and Technology, 13(1), 17–25.

[11] Adebayo, S. A. (2014). Development of a motorized cashew nut shelling machine. International Journal of Engineering Research and Technology, 3(5), 1125–1131.

[12] Jain, R. K., & Bal, R. (2006). Design considerations for cashew nut shelling machines. Biosystems Engineering, 93(3), 313–320.

[13] Borompichaitigul, C., Pichaibanditkul, B., & Chaiwong, W. (2007). Factors affecting macadamia nut shelling using compressive force. Thai Journal of Agricultural Science, 38(5, Special Issue), 349–352.

[14] Saenyakul, S., & Wongtha, N. (2013). Macadamia nut shelling machine: Design and construction project. Rajamangala University of Technology Lanna, Thailand.

[15] Phunikom, K. (2017). Process improvement in manufacturing efficiency using work improvement techniques: A case study of a drinking water factory (Master's thesis). Ubon Ratchathani University, Thailand.

[16] Benjasiriwan, K. (2008). Work study and logistics improvement in wooden furniture component manufacturing. Dhurakij Pundit University, Thailand.

[17] Thiminkul, K. (2013). Research and development of agricultural machinery to increase the value of sunflower products. Department of Agriculture, Thailand.

[18] Angkasith, P., & Warit, B. (1999). Integrated coffee production technology. Department of Agricultural Extension, Thailand.

[19] Naka, P., et al. (2004). Coffee (Academic Document No. 17/2004). Department of Agriculture, Thailand.

[20] Korkerd, J. (2019). Improvement of production processes using work study techniques: A case study of vegetarian pork rinds (Master's thesis). Chiang Rai Rajabhat University, Thailand.

[21] Phumipipat, W. (2017). Productivity improvement in manufacturing processes: A case study of a fermented rice noodle factory (Master's thesis). Chiang Rai Rajabhat University, Thailand.

[22] United Nations Industrial Development Organization. (2020). Agro-processing for cashew value chains. UNIDO.

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University
Vol. 7, No. 2, July - December 2025

Research Article

J. Ind. Technol. Buriram Rajabhat Univ. 7(2), 71-80

การออกแบบและพัฒนาต้นแบบอากาศยานไร้คนขับแบบสี่ใบพัดเพื่อการสำรวจและกู้ภัย
Design and Implementation of a Prototype Quadcopter UAV for Survey and Rescue

สุริยัน คำผาย[1*] ศราวุฒิ แก้วอรสาน[2]
Suriyan Khamphai[1] and Sarawut Kaewornsarn[2]
[1*,2] ที่อยู่ 44 หมู่ 3 บ้านหนองกุง ตำบลหนองปลาหมอ อำเภอโนนศิลา จังหวัดขอนแก่น
[1*,2] Address 44/3, Ban Nong Kung, Nong Pla Mo Subdistrict, Non Sila District, Khon Kaen Province, Thailand
*Corresponding author. E-mail: Suriyankhamphai@gmail.com

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
December 16, 2025	December 25, 2025	December 26, 2025	December 27, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานไร้คนขับแบบสี่ใบพัด และ (2) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอากาศยานต้นแบบสำหรับการบินสำรวจและการทิ้งห่วงยางเพื่อการกู้ภัย กระบวนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาหลักการทำงาน โครงสร้าง และส่วนประกอบของอากาศยานแบบสี่ใบพัด เพื่อนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ โดยให้ความสำคัญกับการควบคุมน้ำหนัก การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม รวมถึงการออกแบบระบบควบคุมการบินด้วยวิทยุบังคับควบคู่กับระบบโปรแกรม เพื่อให้อากาศยานสามารถบินขึ้น–ลง ควบคุมทิศทาง และบินตามเส้นทางที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากจัดสร้างต้นแบบแล้ว ได้นำอากาศยานไปทดสอบการบินในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การบินลอยตัว การบินเคลื่อนที่ และการทดสอบการปล่อยห่วงยางกู้ภัย

ผลการวิจัยพบว่า อากาศยานสี่ใบพัดที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถตอบสนองต่อการบินในพื้นที่โล่งได้ดี สามารถส่งข้อมูลภาพแบบเรียลไทม์ รวมถึงข้อมูลความสูงและความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอากาศยานสามารถบินลอยตัวอยู่กับที่ได้นานประมาณ 10 นาที และบินเคลื่อนที่ตามตำแหน่งได้นานประมาณ 6 นาที มีระยะทางการบินมากกว่า 500 เมตร ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ อากาศยานสามารถปล่อยห่วงยางกู้ภัยได้อย่างแม่นยำ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอากาศยานต้นแบบมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับภารกิจการสำรวจและกู้ภัยในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ ระบบการสำรวจ

Abstract

This article aims to (1) design and develop a prototype quadrotor unmanned aerial vehicle (UAV) and (2) evaluate the performance of the developed UAV for surveillance and life-ring deployment in rescue operations. The research process begins with a study of the operating principles, structure, and components of quadrotor UAVs, which are then applied to the design process. Emphasis is placed on weight control, appropriate material and component selection, and the design of a radio-control flight system integrated with onboard software to enable efficient takeoff and landing, directional control, and autonomous flight along predefined routes. After the prototype was constructed, flight tests were conducted under various conditions, including hovering flight, translational flight, and life-ring deployment tests.

The results show that the developed quadrotor UAV performs well in open-area flight conditions and is capable of transmitting real-time visual data, as well as altitude and speed information, effectively. The UAV can hover for approximately 10 minutes and perform translational flight for about 6 minutes, with a flight range exceeding 500 meters, meeting the specified design requirements. In addition, the UAV is able to deploy the life ring accurately. These findings demonstrate that the proposed UAV prototype has strong potential for application in future surveillance and rescue missions.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Survey System

1. บทนำ

อากาศยานหลายใบพัด (Multirotor Aircraft) เริ่มมีการวิจัยและพัฒนาครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ. 1920 โดยกองทัพสหรัฐอเมริกา [1] ซึ่งในระยะแรกมีแนวคิดการออกแบบเป็นอากาศยานแบบหกใบพัด ก่อนจะมีการพัฒนาต่อยอดเป็นแบบสี่ใบพัดและแปดใบพัดตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อรองรับภารกิจทางทหารในยุคเริ่มต้น อากาศยานแบบสี่ใบพัดยังมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และมีข้อจำกัดด้านการควบคุม อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุม และวัสดุศาสตร์ในปัจจุบัน ได้ส่งผลให้อากาศยานสี่ใบพัดมีขนาดเล็กลง มีความคล่องตัวสูง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในหลากหลายสาขา ทั้งด้านพลเรือน อุตสาหกรรม และการบรรเทาสาธารณภัย [2]

ประเทศไทยแบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ ซึ่งแต่ละภูมิภาคมีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ประกอบด้วยฤดูกาล 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน [3] โดยมีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อใช้ในการ

อุปโภคและบริโภค รวมถึงการเกษตรกรรม ในช่วงฤดูร้อน ประเทศไทยมักประสบกับสภาพอากาศที่ร้อนจัด ส่งผลให้ประชาชนจำนวนมากนิยมเดินทางไปพักผ่อนตามแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น ทะเล แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ เพื่อคลายร้อน อย่างไรก็ตาม การทำกิจกรรมทางน้ำดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะเหตุการณ์การจมน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในเด็กไทย จากปัญหาดังกล่าว การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้เพื่อเฝ้าระวัง ตรวจสอบ และช่วยเหลือผู้ประสบภัยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับแบบหลายใบพัดถูกนำมาใช้ในการสำรวจทางอากาศ [4] การตรวจจับพื้นที่เสี่ยง และการสนับสนุนภารกิจค้นหาและช่วยเหลือ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อเจ้าหน้าที่ เพิ่มความรวดเร็วในการเข้าถึงพื้นที่ และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยทางน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างอากาศยานไร้คนขับต้นแบบ [5-9] เพื่อใช้ในการสำรวจตรวจสอบอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นต่าง ๆ เช่น การจมน้ำ และสามารถช่วยผู้ประสบภัยได้อย่างปลอดภัย โดยให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด การเลือกใช้อากาศยานสี่ใบพัด เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงไปหน้าได้อย่างรวดเร็วควบคุมได้ง่าย อีกทั้งอากาศยานสี่ใบพัดยังให้แรงยกค่อนข้างสูง จึงเหมาะสมที่จะนำมาขนอุปกรณ์กู้ภัยอย่างห่วงยางเพื่อช่วยผู้ประสบภัยในยามเกิดอุบัติจมน้ำ

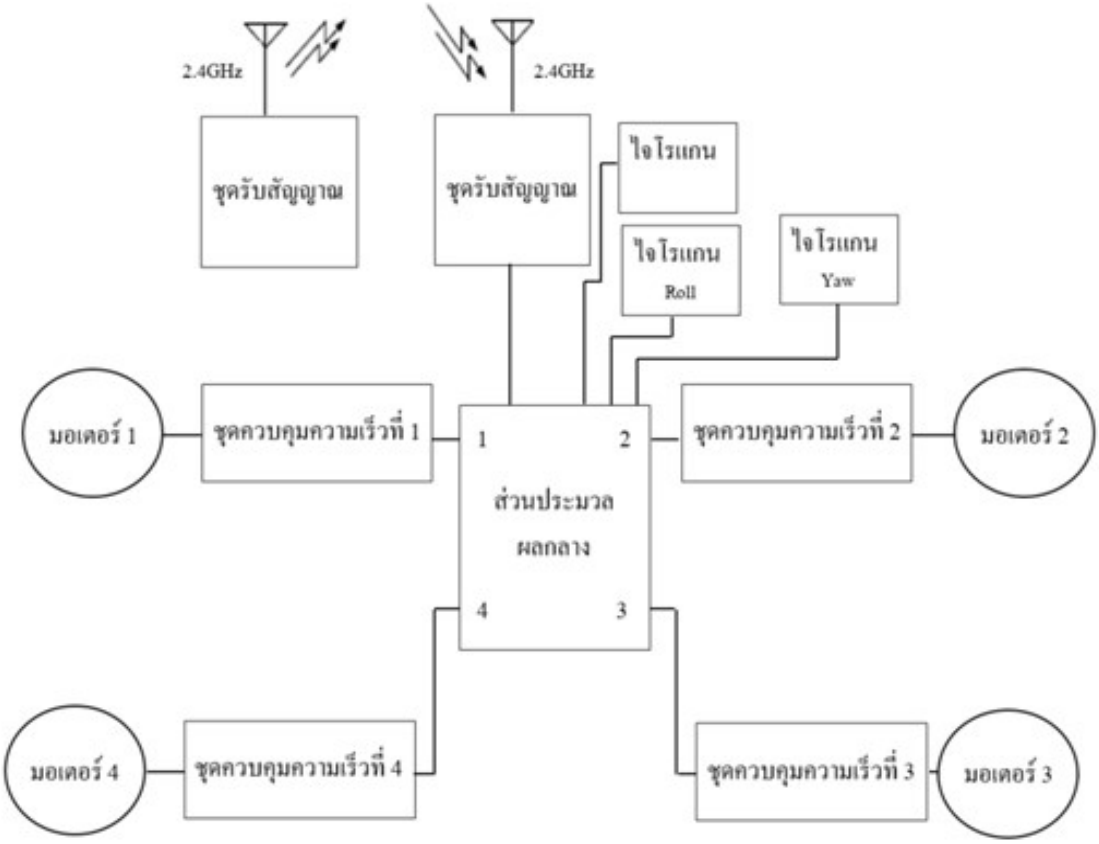
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานไร้คนขับแบบสี่ใบพัด

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบอากาศยานไร้คนขับแบบสี่ใบพัด

3. ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบและจัดสร้างอากาศยานแบบสี่ใบพัดที่สามารถบินสำรวจ - ทิ้งห่วงยางกู้ภัย โดยเริ่มต้นจากการศึกษาลักษณะการทำงานของอากาศยานแบบสี่ใบพัดดู ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบอากาศยาน โดยทางผู้แนวคิดที่ต้องการให้อากาศยานสามารถบินขึ้น - ลงแบบคนบังคับพร้อมทั้งบินสำรวจระหว่างตามเส้นทางที่กำหนด ซึ่งในขั้นตอนของการออกแบบเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการสร้างอากาศยาน เราจะต้องคำนึงเรื่องน้ำหนักเป็นอย่างมาก เพราะฉะนั้นการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ทุกชิ้นมีส่วนสำคัญเพราะถ้าน้ำหนักมากเกินไปอาจส่งผลให้ตัวอากาศยานบินไม่ได้แล้วอาจจะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ทั้งหมด ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองและเพื่อให้อากาศยานสามารถบินขึ้น - ลงแบบได้โดยควบคุมจึงได้ทำการออกแบบชุดอุปกรณ์เพื่อควบคุมวิทยุบังคับอีกส่วนหนึ่งนอกเหนือจากในส่วนของโปรแกรม เมื่อจัดสร้างอากาศยานต้นแบบเรียบร้อยแล้วนำไปบินทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งการบินที่ควบคุมด้วยวิทยุบังคับบินเพื่อนำไปเป็นต้นแบบของอากาศยานแบบสี่ใบพัดที่ใช้สำหรับบินสำรวจ - ทิ้งห่วงยางกู้ภัยต่อไป



ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ

3.1 ข้อกำหนดการออกแบบ

ในการสร้างอากาศยานแบบสี่ใบพัดส่วนของการออกแบบถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะฉะนั้นเพื่อให้การออกแบบออกมาสมบูรณ์แบบตามลักษณะของงานที่เรากำหนดหรือต้องการ เราจะต้องมีการกำหนดข้อกำหนดที่จะใช้ในการออกแบบซึ่งข้อกำหนดนี้เกิดจากความต้องการในการใช้งานจริงและยังเป็นตัวกำหนดข้อจำกัดของการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยโครงงานนี้มีข้อกำหนดดังนี้

3.2 น้ำหนักบรรทุก (Payload)

การสร้างอากาศยานแบบสี่ใบพัด เรื่องของน้ำหนักถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ควรจะออกแบบและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีน้ำหนักรวมเบาที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและเพิ่มระยะเวลาในการบิน เนื่องจากอากาศยานที่เราทำการออกแบบนั้นเป็นอากาศยานเพื่อการสำรวจ - ทิ้งห่วงยางกู้ภัย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีข้อกำหนดของน้ำหนักบรรทุก (Payload) โดยจะประกอบไปด้วยน้ำหนักห่วงยาง 3 ชิ้น หนักรวมไม่เกิน 500 กรัม เพื่อที่อากาศยานจะสามารถบินได้อย่างปลอดภัย

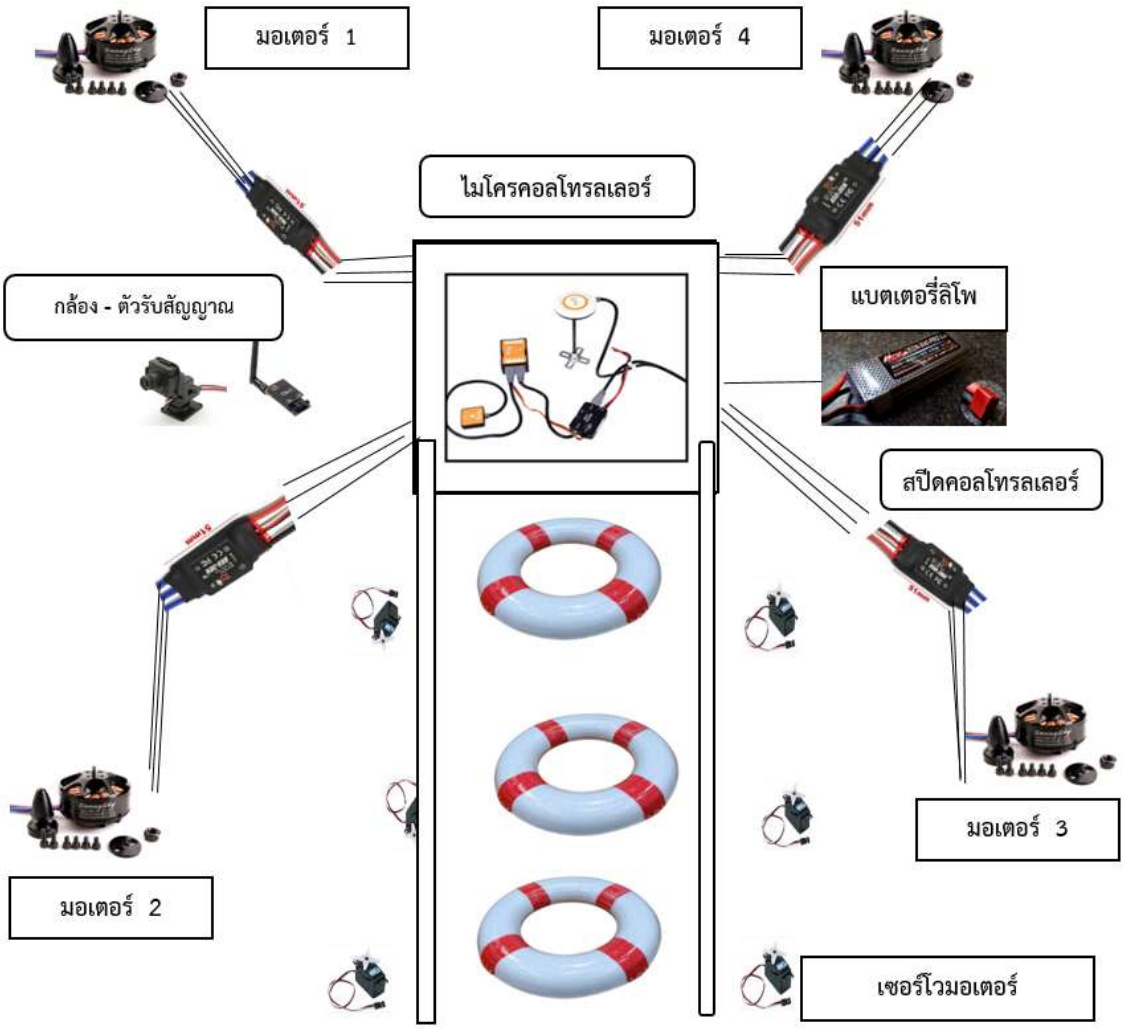
3.3 เวลาในการบิน (Flight Time)

ข้อกำหนดของการออกแบบที่สำคัญคือเวลาที่ใช้ในการบิน ซึ่งเวลาที่กำหนดจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณเพื่อเลือกใช้ขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับขนาดและน้ำหนักของตัวอากาศยาน ซึ่งทางผู้จัดทำ

ได้กำหนดให้อากาศยานสำรวจ - ทิ้งห่วงยางกู้ภัย โดยมีระยะทางขอบเขตประมาณ 1,000 เมตร ซึ่งน่าจะใช้เวลาในการบินประมาณ 3 - 4 นาที ต่อการบินหนึ่งครั้ง ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยและสามารถที่จะบินไป - กลับได้หลายครั้ง ผู้จัดทำจึงกำหนดเวลาในการบินที่จะใช้ในการออกแบบอยู่ที่ 8 นาที ที่ระดับเพดานบินไม่เกิน 1,000 เมตร

3.4 การออกแบบอากาศยานสี่ใบพัด

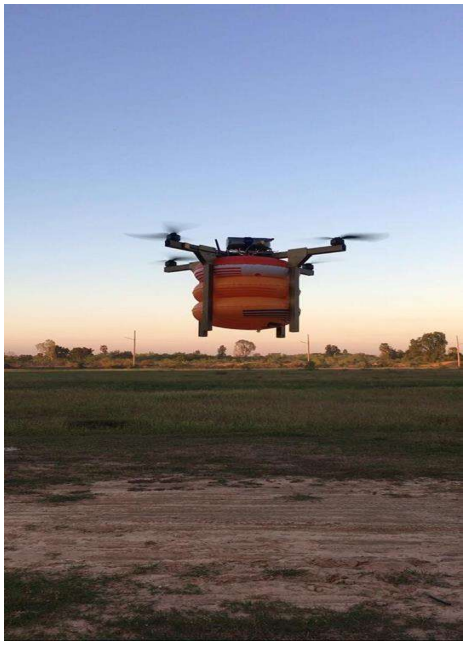
ขั้นตอนของการออกแบบ ผู้จัดทำได้แบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วนคือ ระบบต้นกำลัง ในส่วนนี้จะทำการคำนวณหาแรงยก ค่าการกินกระแสและอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกชุดอุปกรณ์ อาทิเช่น มอเตอร์ แบตเตอรี่ ขนาดของใบพัด ในส่วนต่อมาจะทำการออกแบบ ระบบโครงสร้าง เมื่อทราบขนาดของใบพัดจะสามารถกำหนดขนาดของตัวลำของอากาศยานได้ หรือการทราบน้ำหนักโดยรวมของอากาศยานจะสามารถเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับน้ำหนักของอากาศยานได้เช่นเดียวกัน และในส่วนสุดท้าย ระบบควบคุม ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นระบบควบคุมการทำงานทั้งหมดดังต่อไปนี้ในรูปแบบบล๊อคไดอะแกรม



ภาพที่ 2 ออกแบบโครงสร้างและการวางอุปกรณ์

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการดำเนินการสร้างอากาศยานสี่ใบพัดที่บังคับ สำหรับบินสำรวจและกู้ภัย โดยจะเริ่มต้นจากการออกแบบระบบโครงสร้าง ในส่วนนี้ได้กำหนดน้ำหนักที่บรรทุกของการบินและระยะทางในการบินมาช่วยในการออกแบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกมอเตอร์ ใบพัด ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ESC) และแบตเตอรี่ ส่วนต่อมาทำการออกแบบระบบโครงสร้าง ระบบควบคุม และชุดควบคุมเซอร์โว เมื่อได้อุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบแล้วนั้น จึงนำมาสร้างเป็นอากาศยานต้นแบบ เพื่อนำไปบินทดสอบอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยกระบวนการวิจัยนี้ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ระบบ คือระบบการควบคุมอากาศยานด้วยวิทยุบังคับ และระบบการควบคุมเซอร์โว ดังนั้นเมื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบการบินมาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขจนกระทั่ง ได้ผลตามวัตถุประสงค์แล้วนั้น ทำให้ได้อากาศยานสี่ใบพัดสามารถสำรวจและกู้ภัย



ภาพที่ 3 อากาศยานไร้คนขับแบบสี่ใบพัดเพื่อสำรวจและกู้ภัย

4.1 ผลการออกแบบอากาศยานต้นแบบ

ในการออกแบบอากาศยานนั้น ไม่ได้มีการกำหนดเงื่อนไขของการบรรทุกน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้อง มีเพียงการกำหนดระยะทางในการบิน การใส่ห่วงยางได้มากกว่า 2 ห่วงขึ้นไป โดยในการออกแบบนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้รีโมทที่มีกำลังส่งสูงใช้เซอร์โวเป็นตัวควบคุมการปล่อยของห่วงยาง ซึ่งเป็นตัวที่ค่อยหมุนปิดเปิดเพื่อปล่อยห่วงยาง

ภาพที่ 4 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์และห่วงยาง

4.2 การทดลองบิน

การทดลองบินของอากาศยานสี่ใบพัดเพื่อสำรวจและกู้ภัยพบว่า การบินได้มากกว่า 500 เมตร ความสูงที่ได้คือ 1,000 เมตร ซึ่งได้ตามต้องการ ส่วนการบรรทุกห่วงยางนั้นเกิดปัญหาในเวลาการบินคือ ทำให้การบินนั้นเกิดการสั่นของตัวลำและทำให้มอเตอร์ทำงานหนัก ซึ่งส่งผลต่อการกินกระแสของมอเตอร์และทำให้แบตเตอรี่หมดไว้ขึ้น

สาเหตุที่ 1 เกิดจากกระแสลมที่แรงในช่วงทดลอง ซึ่งช่วงนี้เป็นฤดูหนาวและลมแรงจึงทำให้อากาศยานสี่ใบพัดทำงานหนักขึ้นเพื่อรับลมและต้านหมด โดยอากาศยานสี่ใบพัดนั้นทำการบินตาม GPS จะไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนตามกระแสลม เพราะจะทำการล็อกตำแหน่งที่ทำการบินในตอนนั้น ทำให้อากาศยานสี่ใบพัดเกิดการต้านกระลม

สาเหตุที่ 2 เกิดจากการการบรรทุกน้ำหนักที่เบาของวัตถุในการกู้ภัย

การแก้ปัญหา : คือทำการเสริมแบตเตอรี่ที่ขนาดใหญ่ขึ้น และเพิ่มขนาดมิลลิแอมป์ของแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มน้ำหนักของตัวลำ สามารถบินได้นานขึ้น สามารถต้านลมได้ดีกว่าเดิมเวลาเกิดลมแรง ทำให้อากาศยานสี่ใบพัดไม่ค่อยเกิดการเอียงหรือส่ายของตัวลำ ซึ่งทำให้มอเตอร์ไม่ทำงานหนักส่งผลต่อการกินกระแสที่น้อยลงจนถึงได้ผลการบินนานขึ้น

4.3 ทดสอบระยะทางการบิน

กระบวนการทดลองการบินจับเวลาระยะทาง 100 เมตร ขั้นตอนแรกได้จับเวลาในการบินในระยะทาง 100 เมตร ผลว่าในระยะทาง 100 เมตรใช้เวลาในการบิน 15 วินาที ถ้าคำนวณระยะทาง 100 - 1,000 เมตร จะได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจับเวลาการบินตั้งแต่ 100 เมตร ถึง 1,000 เมตร

100 เมตร	200 เมตร	300 เมตร	400 เมตร	500 เมตร	600 เมตร	700 เมตร	800 เมตร	900 เมตร	1000 เมตร
15 วินาที	30 วินาที	45 วินาที	60 วินาที	75 วินาที	90 วินาที	105 วินาที	120 นาที	135 วินาที	150 วินาที

ตารางที่ 1 จะพบได้ว่าในแต่ระยะทางตั้งแต่ 100 เมตร ไปจนถึง 1,000 เมตร จะใช้เวลาในการบินที่มั่นคงเพราะในช่วงทดลองนั้นสภาพแวดล้อมลมสงบ ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองบินในพื้นที่ต่าง ๆ ส่วนในเวลาที่ลมไม่สงบนั้นตัวอย่างเช่นในฤดูหนาวนั้นลมแรง และได้ทำการทดลองบินผลปรากฏว่าการบังคับโดรนนั้นเคลื่อนตัวได้ช้ากว่าในพื้นที่ลมสงบ เพราะในฤดูหนาวนั้นลมแรงทำให้การบินนั้นต้านลม ฉะนั้นการบินควรบินในพื้นที่ลมสงบ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างต้นแบบอากาศยานสี่ใบพัดที่บังคับเพื่อสำหรับสำรวจและกู้ภัย ซึ่งโครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบมานั้นมีการตอบสนองต่อการบินในที่โล่งอย่างดี จากผลของการทดสอบการบินของอากาศยานสี่ใบพัด อากาศยานสามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดต่าง ๆ ตามที่มองเห็นโดยอาศัยข้อมูลในการบินด้วยภาพที่ได้รับแบบเรียลไทม์ความสูงและความเร็ว พบว่าการบินลอยตัวอยู่กับที่ของอากาศยาน สามารถบินได้เป็นเวลาประมาณ 10 นาที ส่วนการบินเคลื่อนที่ตามตำแหน่ง สามารถบินได้เป็นเวลาประมาณ 6 นาที และระยะทางการบินมากกว่า 500 เมตร โดยใช้รีโมทคอลโทลเป็นตัวกำหนดระยะทางในการบินสำรวจ ผู้วิจัยได้กำหนดให้รีโมทคอลโทลเป็นตัวควบคุมการบินและการปล่อยห่วงยาง ระยะทางที่ทดสอบการบินของอากาศยานได้นั้นได้ตามข้อกำหนดเวลาที่ใช้ในการออกแบบคือ มากกว่า 500 เมตร สำหรับในการบินทดสอบปล่อยห่วงยางนั้น อากาศยานสามารถปล่อยห่วงยางที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ ส่วนการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับอากาศยาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ สัญญาณรบกวนภายนอก หรือแม้กระทั่งจำนวนดาวเทียมที่นับได้ในขณะนั้น

ในทุกการบินทดสอบจะพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ ปัญหาส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวอากาศยาน จะเกิดจากปัญหาการ Failsafe GPS มากสุด สัญญาณ GPS ถือเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการบินแบบอัตโนมัติ ดังนั้นในทุกครั้งก่อนการบินแบบอัตโนมัติควรจะตรวจสอบค่าสัญญาณให้แน่นอน ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่ ปัญหาที่พบรองลงมาคือ Failsafe Battery แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานเดียวที่ให้กับอากาศยาน ดังนั้นแบตเตอรี่เป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องให้ความสนใจ ควรจะต้องรู้ขอบเขตในการใช้งานของแบตเตอรี่ว่าสามารถบินได้นานเท่าไรต่อน้ำหนักของอากาศยาน ควรจะมีการติดตัววัดแรงดันไปกับแบตเตอรี่ขณะบิน เพื่อช่วยใช้แจ้งเตือนอีกทางหนึ่ง ส่วนปัญหาสุดท้ายคือ Failsafe Radio ปัญหานี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าอากาศยานบินอยู่ในสถานที่โล่งแจ้งไม่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณ ทั้งสามปัญหาการแจ้งเตือนนั้นนอกเหนือจากการตรวจสอบด้วยตัวผู้บิน

6 ข้อเสนอแนะ

6.1 การเลือกวิทยุบังคับควรดูถึงคุณภาพในการส่งสัญญาณและช่องสัญญาณในการรับเพื่อประยุกต์การใช้งานของอากาศยาน

6.2 เนื่องจากในการทดสอบระบบการบินของอากาศยาน ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ก้อนใหม่ ซึ่งอาจจะมีประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ถึง 100% จึงส่งผลให้อากาศยานสามารถบินได้ตามเวลาที่ได้ทำการออกแบบและสร้างมา แต่เมื่อแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพลดลงจะเป็นสาเหตุให้อากาศยานบินไม่สามารถบินได้ระยะเวลาตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้

6.3 น้ำหนักของตัวอากาศยานถือว่ามีส่วนสำคัญ การที่อากาศยานมีน้ำหนักรวมน้อยที่สุดจะช่วยประหยัดพลังงานและเพิ่มระยะเวลาในการบินได้ ดังนั้นในการออกแบบควรจะเลือกใช้วัสดุที่แข็งแรงและมีน้ำหนักเบาเสมอ

6.4 ในการนำอากาศยานออกบิน ควรบินในสภาพอากาศที่แจ่มใส เพื่อลดปัญหาการเกิดสัญญาณรบกวนที่จะส่งผลต่อค่าความแม่นยำของ GPS ซึ่งสัญญาณ GPS ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการระบุตำแหน่งการบินในโหมด Loiter, Return To Lanch mode และ Go home ถ้าสภาพอากาศที่แปรปรวนอาจจะทำให้การจับสัญญาณจำนวนดาวเทียมลดลง ค่าความแม่นยำลดลง และส่งผลต่อการบินของอากาศยานได้

6.5 ในการบินของอากาศยานสิ่งที่ควรคำนึงมากที่สุดคือความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้อื่น ก่อนออกบินทุกครั้งควรตรวจสอบอุปกรณ์ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

[1] พิชัย ถิ่นสันติสุข. (2563). Drone อากาศยานไร้คนขับ. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2568. จาก https://www.greennetworkthailand.com/drone-อากาศยานไร้คนขับ/.

[2] Punprasert, N., & Jiajan, W. (2021). Conceptual design and aerodynamic analysis of tail-sitter VTOL UAV. Ladkrabang Engineering Journal, 38(4), 130–150.

[3] กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป). ภูมิอากาศของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2568. จาก https://www.tmd.go.th/info/ภมอากาศของประเทศไทย

[4] เกรียงไกร เรืองทรัพย์เดช. (2567). TY-3R โดรนกู้ภัยรุ่นใหม่พร้อมทำหน้าที่ห่วงยางชูชีพ. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2568. จาก https://www.posttoday.com/smart-life/709265

[5] Wongnuphanao, W., Khumpaitoon, W., Lumchanow, W., Pookhrongtong, N., Maneewan, S., & Siripoj, D. (2025). Design and Construction of an Electric-Powered UAV for Chemical Spraying in Agriculture. Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University, 7(1), 12–22.

[6] Idrissi, M., Salami, M., & Annaz, F. (2022). A review of quadrotor unmanned aerial vehicles: Applications, architectural design and control algorithms. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 104, 22. https://doi.org/10.1007/s10846-021-01527-7

[7] Naidoo, Y., Stopforth, R., & Bright, G. (2011). Quad-rotor unmanned aerial vehicle helicopter modelling & control. International Journal of Advanced Robotic Systems, 8(4). https://doi.org/10.5772/45710

[8] Allan, S., & Barczyk, M. (2025). A Low-Cost Experimental Quadcopter Drone Design for Autonomous Search-and-Rescue Missions in GNSS-Denied Environments. Drones, 9(8), 523. https://doi.org/10.3390/drones9080523

[9] Lyu, M., Zhao, Y., Huang, C., & Huang, H. (2023). Unmanned aerial vehicles for search and rescue: A survey. Remote Sensing, 15, 3266. https://doi.org/10.3390/rs15133266

Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University
Vol. 7, No. 2, July - December 2025

Research Article

J. Ind. Technol. Buriram Rajabhat Univ. 7(2), 81-94

การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยหลักการปัญญาประดิษฐ์ บนแพลตฟอร์ม CiRA CORE

Design and Development of a Workpiece Inspection System Using Artificial Intelligence on the CiRA CORE Platform

กรัณฑ์กมล ภูครองหิน[1*] ปรีชา สมหวัง[2] เด่น คอกพิมาย[3] กฤษฎา ทาสันเทียะ[4]
Kankamon Phookronghin[1*] Preecha Somwang[2] Den Kogphimai[3] and Kritsada Tasuntia[4]
[1*,2,3,4] สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
[1*,2,3,4] Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Suranarai Road, Nai Mueang Subdistrict, Mueang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima Province, 30000
*Corresponding author. E-mail: krankamon.ph@rmuti.ac.th

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
December 16, 2025	December 28, 2025	December 28, 2025	December 29, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดฝึกการตรวจจับจำนวนชุดชิ้นงานแบบอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิคประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยกล้อง โดยใช้โปรแกรม CiRA CORE ในการออกแบบและใช้แพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการตรวจจับชิ้นงานรับสัญญาณภาพด้วยกล้อง และทำการทดสอบการตรวจจับชิ้นงานโดยมีรูปแบบการตรวจจับทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ Bolt, Nut และ Washer จากผลการทดสอบพบว่าในกรณีที่วางชิ้นงานตามปกติ โมเดลสามารถตรวจจับชิ้นงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในกรณีที่ 2 ที่ชิ้นงานวางทับซ้อนกันโมเดลไม่สามารถตรวจจับชิ้นงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแม่นยำตามจำนวนชุดข้อมูลฝึกสอนที่ทำการฝึกสอนหากมีชุดข้อมูลฝึกสอนมากจะทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ ระบบตรวจจับวัตถุ ซีร่าคอร์

Abstract

The purposes of this study to develop an automated work piece detection system on a conveyor belt using digital image processing techniques with a camera, fulfilling specific

operational conditions. The system design was implemented using the CiRA CORE software, and artificial intelligence (AI) was utilized for object detection. The camera captures image signals, and the system is tested for detecting three types of work pieces: Bolt, Nut, and Washer test results showed that when the work pieces were placed normally, the model achieved a 100% detection rate. However, in cases where work pieces were stacked or overlapped, the model was unable to detect them with 100% accuracy. The detection accuracy is directly correlated with the amount of training data; a larger dataset improves the model's precision.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Detection system, CiRA CORE

1. บทนำ

ในปัจจุบันกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอาหาร หรืออุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ ต่างให้ความสำคัญกับการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในสายการผลิตมากขึ้น จึงมีการนำเทคโนโลยี การประมวลผลภาพ (Image Processing) และระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้เพื่อช่วยตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน ลดจำนวนบุคลากร ลดข้อผิดพลาดจากความเหนื่อยล้าของมนุษย์ รวมถึงช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ในอดีตการประมวลผลภาพยังเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก เนื่องจากข้อจำกัดทางเทคโนโลยีด้านความเร็วในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ [1] และความสามารถของกล้องดิจิทัล ทำให้การพัฒนาและใช้งานระบบตรวจสอบภาพยังทำได้ยากและมีความซับซ้อนสูง ด้วยพัฒนาการทางเทคโนโลยีระดับโลก โดยเฉพาะปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) [2-4] ที่กลายเป็นปัจจัยสำคัญด้านเศรษฐกิจและการแข่งขันระหว่างประเทศ ทำให้ระบบ AI มีบทบาทอย่างกว้างขวางมากขึ้น [5] ประเทศใดที่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีนี้ได้ด้วยตนเองก็ย่อมมีความได้เปรียบเชิงยุทธศาสตร์ และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากบริษัทต่างชาติ ประเทศไทยได้มีการพัฒนาสาระสำคัญด้าน AI อย่างจริงจัง โดยหนึ่งในโครงการที่โดดเด่นคือ CiRA CORE ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์สัญชาติไทย [6-7] พัฒนาโดยความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ หลังจากกระแสการเติบโตของ Deep Learning ตั้งแต่ปี 2010 ทำให้ความต้องการใช้งาน AI เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [8] จนเกิดการพัฒนาแพลตฟอร์ม CiRA CORE ที่สมบูรณ์และถูกนำไปใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมแล้วในปัจจุบัน [9-13]

ด้วยบริบทดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแนวคิดในการสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยปัญญาประดิษฐ์บนแพลตฟอร์ม CiRA CORE เพื่อใช้เป็นต้นแบบการเรียนรู้และทดสอบระบบ AI ในงานตรวจสอบชิ้นงานอุตสาหกรรม โดยออกแบบให้ระบบสามารถจำลองการตรวจจับและนับจำนวนชิ้นงานที่เคลื่อนที่บนสายพานลำเลียง จากการรับภาพดิจิทัลด้วยกล้อง [14] จากนั้นประมวลผล [15] เพื่อระบุชิ้นงานและแสดงผลการนับตามต้องการ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างระบบจำลองการตรวจสอบชิ้นงานบนสายพานลำเลียงด้วยโปรแกรม CiRA CORE

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบจำลองการตรวจสอบชิ้นงาน

3. ทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงกระบวนการตรวจจับชิ้นงานบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอลร่วมกับปัญญาประดิษฐ์มีดังนี้

3.1 แพลตฟอร์ม CiRA CORE คือโปรแกรมที่ใช้ร่วมกับระบบตรวจวัดด้วยภาพนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ทั้งแบบที่มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาโดยบริษัทที่ขายระบบวัดด้วยภาพซึ่งมีราคาสูงและแบบโปรแกรมที่สามารถพัฒนารูปแบบของการใช้งานได้เองอย่างเช่น โปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ เช่น CiRA CORE และ MATLAB หรือโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์ เช่น Open CV (Open source computer vision), C , Python เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้สามารถพัฒนาให้เหมาะสมตามลักษณะงานที่ต้องการ แต่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานของแต่ละโปรแกรมจึงจะสามารถเขียนใช้งานแต่ละโปรแกรมได้โปรแกรมแต่ละตัวจะมีไรบารีที่มีฟังก์ชันสำหรับการวิเคราะห์และมีการสอบเทียบเกี่ยวกับระบบภาพจึงทำให้การใช้งานสะดวกมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม CiRA CORE ในการพัฒนาโปรแกรมใช้งานร่วมกับชุดต้นแบบการตรวจสอบด้วยภาพ โปรแกรมที่ใช้นี้เป็นที่นิยมใช้ทั้งในอุตสาหกรรม งานวิจัย [10], [13] การเรียนการสอน และโปรแกรมนี้ยังมีฟังก์ชันที่พัฒนา ไว้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพ จึงทำให้การพัฒนาโปรแกรมสะดวก และปรับเปลี่ยนรูปแบบการวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น

3.1.1 CiRA CORE เป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ (AI) [9], [11-12] ที่เกิดจากการความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกับมหาวิทยาลัยขอนแก่นและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยย้อนกลับไปก่อนหน้านี้นับตั้งแต่ปี 2010 เป็นต้นมา Deep learning [5], [8] ซึ่งเป็นสาขาของ AI เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น และมีความต้องการใช้ในการพัฒนามีเพิ่มมากขึ้นอย่างยิ่งยวด การพัฒนา CiRA CORE ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพและความเสถียรมากพอในการนำไป implement ตามความต้องการใช้งานได้ และได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล ที่จะทำให้สามารถเทรน AI ได้เร็วขึ้น โดย CiRA CORE ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ Programming engine และส่วนที่ติดต่อกับ Hardware ทั้งหลายซึ่งจะอยู่ได้ทุกที่ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์พีซี ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (ศิริเดช บุญแสง. 2563) ได้พัฒนาแพลตฟอร์มเทคโนโลยีฐานด้านการบูรณาการระบบเพื่องานหุ่นยนต์ระบบอัตโนมัติ และปัญญาประดิษฐ์ สำหรับใช้งานในระบบอุตสาหกรรม 4.0” โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตรรม (สกสว.) จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเทคโนโลยี CiRA COREปัญญาประดิษฐ์ นำมาช่วยในการลดความเสี่ยงในการแพร่ระบาดของ COVID-19 โดยวิธีนำ CiRA CORE มาใช้ร่วมกับกล้องถ่ายวีดีโอที่จับภาพผู้คนในสถานที่ต่าง ๆ โดย CiRA CORE จะทำหน้าที่วิเคราะห์ปริมาณความหนาแน่นของประชากรที่เข้าไปอยู่ในสถานที่หากไม่มีการเว้นระยะห่างทางสังคมหรือSocial

Distancing ระบบCiRA CORE ก็จะสามารถส่งสัญญาณเตือนผ่านแอพลิเคชั่น Line เพื่อแจ้งเตือนให้หลีกเลี่ยงการเข้าไปในสถานที่เสี่ยง [6]

3.1.2 การประยุกต์ใช้งานปัจจุบัน CiRA CORE เป็นที่นิยมซึ่งจะพบเห็นในระบบอุตสาหกรรมหลายแห่งเนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ทำงานได้ดี มีการประยุกต์ทั้งใน บริษัทซีเกท เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด บริษัท ซีพีเอฟ จำกัด (มหาชน) และอื่นๆ แม้แต่การใช้งานกับ PLC [3] สั่งงานควบคุมสายการผลิต หรือการติดต่อสื่อสารผ่าน Line ก็สามารถใช้งานได้

3.2 ปัญญาประดิษฐ์หรือโมเดล AI (Artificial Intelligence Models) [2-3] คืออัลกอริทึมที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถ "เรียนรู้" และ "ทำนาย" จากข้อมูลที่ได้รับ ปัจจุบันมีโมเดล AI หลายประเภทที่ใช้ในงาน เช่น การประมวลผลภาพ การรู้จำเสียง การทำนายตัวเลข และอื่นๆ โมเดล AI สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามการใช้งานหรือวิธีการทำงาน

3.2.1 ประเภทของโมเดล AI อาทิเช่นโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Models) ใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) ที่มีแลเยอร์ซ้อนกันหลายชั้นเพื่อเรียนรู้ข้อมูลเชิงซับซ้อน เช่น CNN (Convolutional Neural Networks) สำหรับการประมวลผลภาพ หรือ RNN (Recurrent Neural Networks) สำหรับการประมวลผลข้อมูลตามลำดับ เช่น ข้อความและเสียง ตัวอย่างโมเดล คือ YOLO (You Only Look Once) สำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพ โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกแบบไม่ต้องกำกับดูแล (Unsupervised Learning Models) ไม่จำเป็นต้องมีฉลากข้อมูล (label) สำหรับการฝึกโมเดล โมเดลจะค้นหารูปแบบและความเชื่อมโยงในข้อมูลเอง เช่น การจัดกลุ่ม (Clustering) ตัวอย่างโมเดล คือ K-Means สำหรับการจัดกลุ่มข้อมูล, Autoencoders สำหรับการลดมิติของข้อมูล เป็นต้น

3.2.2 โมเดล YOLO (You only look once) เป็นโมเดลการตรวจจับวัตถุ (object detection) ที่มีความเร็วสูงมาก ซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุหลายชนิดในภาพพร้อมกันได้ในเวลาเดียวกัน (one pass) โมเดล YOLO ใช้สำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพหรือวิดีโอ โดยทำการแบ่งพื้นที่ภาพออกเป็นหลายๆ ช่อง (grid) และทำนาย bounding box และคลาสของวัตถุที่อยู่ในแต่ละช่องของภาพ โดยข้อดีของโมเดล YOLO ความเร็วสูง YOLO มีประสิทธิภาพสูงมากในด้านความเร็ว เพราะทำการตรวจจับวัตถุในครั้งเดียว โดยไม่ต้องแบ่งภาพหรือประมวลผลหลายรอบ ความสามารถในการตรวจจับหลายวัตถุ YOLO สามารถตรวจจับวัตถุหลายชิ้นในภาพเดียวกันได้ ใช้งานง่าย YOLO ถูกพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่าย มีหลายเวอร์ชันให้เลือกใช้งานตามความต้องการ เช่น YOLOv4, YOLOv5, YOLOv6, YOLOv7, YOLOv8 ซึ่งมุ่งเน้นความเร็วสูงขึ้นและความแม่นยำที่ดีกว่าเดิมโดยเฉพาะในการตรวจจับ real-time และการทำงานบนอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด

3.3 สรุปแนวทางการดำเนินงาน

เครื่องตรวจจับชิ้นงานจะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ อุปกรณ์สายพาน มอเตอร์ไฟฟ้า กล้องเว็บแคม และ PLC (Programmable Logic Controller) งานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาระบบตรวจจับชิ้นงานด้วยกล้องเว็บแคม เบื้องต้นที่จะออกแบบและสร้างชุดต้นแบบระบบตรวจตรวจจับชิ้นงานด้วยกล้องเว็บแคม และพัฒนาโปรแกรมตรวจตรวจจับชิ้นงานด้วยกล้องเว็บแคมอย่างง่าย เพื่อตรวจสอบว่าชิ้นงานที่กำหนดได้ผ่านการ

ตรวจจับหรือไม่ ในส่วนโปรแกรม CiRA CORE, Image processing ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบนี้งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อให้ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม CiRA CORE และ Image processing และใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน

4. ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในหัวข้อนี้อธิบายขั้นตอนการออกแบบและสร้างชิ้นงานอย่างละเอียด เริ่มตั้งแต่การกำหนดแนวคิด การออกแบบ การสร้างต้นแบบ การทดสอบ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ ไปจนถึงการปรับปรุงแก้ไขจนบรรลุผลตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ กรณีที่ผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามจุดประสงค์จะมีการอธิบายถึงกระบวนการทดสอบซ้ำเพื่อหาผลลัพธ์ที่ต้องการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานคณะผู้จัดทำตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Image มาประยุกต์ใช้งานในการตรวจจับชุดชิ้นงาน ดังนี้

4.1.1 ศึกษาการใช้ Image โดยใช้ Image ในการตรวจสอบการนับจำนวนชิ้นงานว่ามีความแม่นยำหรือแตกต่างจากภาพต้นฉบับมากน้อยขนาดไหน การใช้งาน CiRA CORE ในการตรวจสอบความถูกต้องมีดังนี้ 1) ตรวจสอบความถูกต้องของจำนวนสิ้นค้า 2) ตรวจสอบจำนวนน๊อตตัวผู้ (Bolt) 3) ตรวจสอบจำนวนน๊อตตัวเมีย (Nut) 4) ตรวจสอบจำนวนแหวนรอง (Washer)

4.1.2 ศึกษารายละเอียดของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงาน ดังนี้ 1) กล้องเว็บแคม ที่ใช้ในการถ่ายภาพและนำภาพดังกล่าวไปประมวลผล เพื่อจำแนกระบุชิ้นงาน 2) ระบบสายพานลำเลียง เป็นเครื่องจักรที่ลำเลียงชิ้นงานที่ถูกมาวางบนสายพานลำเลียงสามารถปรับระดับความเร็วของสายพานได้ เพื่อให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านกล้องตรวจจับ เพื่อระบุตัวชิ้นงาน

4.1.3 คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม CiRA CORE จำนวน 1 ชุด

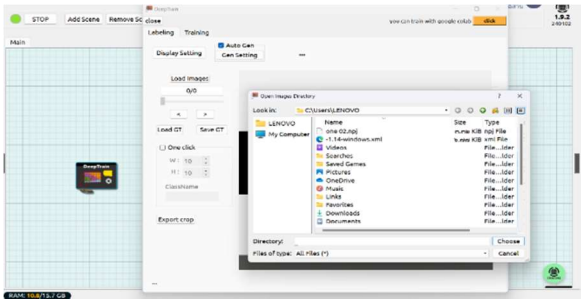
4.1.4 การเลือกโมเดล AI หลักให้เหมาะสมกับหน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) Model แนะนำใช้เป็น V4 และ V4-tiny

V4 คือ YOLO เวอร์ชัน 4 ย่อมาจาก You Only Look Once YOLO เป็นระบบตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ที่ทันสมัย เป็นระบบจดจำวัตถุแบบเรียลไทม์ที่มามารถจดจำวัตถุหลายชิ้นในเฟรมเดียว

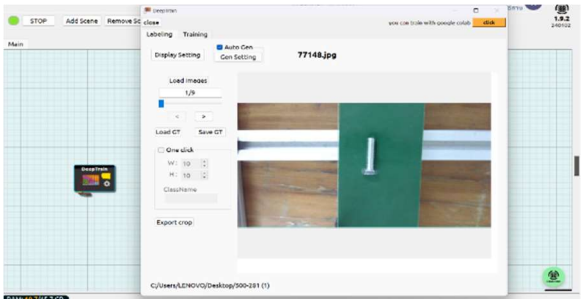
YOLOV4-tiny เป็นเวอร์ชันบีบอัดของ YOLOv4 มีการเสนอตาม YOLOV4 เพื่อทำให้โครงสร้างเครือข่ายง่ายขึ้นและลดพารามิเตอร์เพื่อให้เป็นไปได้สำหรับการพัฒนาบนอุปกรณ์พกพาและอุปกรณ์ฝังตัว

4.2 ขั้นตอนการ Deep Train

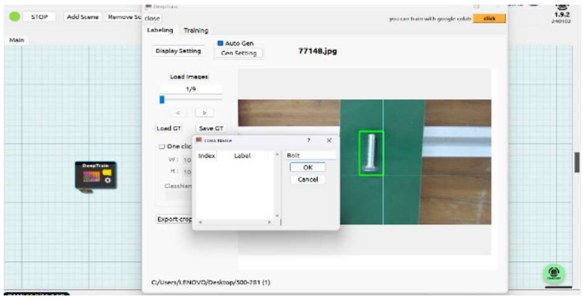
ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงการ Deep Train ภาพหรือการนำภาพที่เราต้องการจะให้โปรแกรมหรือ AI ตรวจสอบความถูกต้องของภาพที่เราต้องการ เป็นเสมือนกับการที่เรามาบอกกับ AI ให้จดจำสิ่งนี้ไว้แล้วถ้าตรวจพบหรือมีสิ่งผิดปกติจะส่งสัญญาณออกมาตัวอย่างดังภาพที่ 1



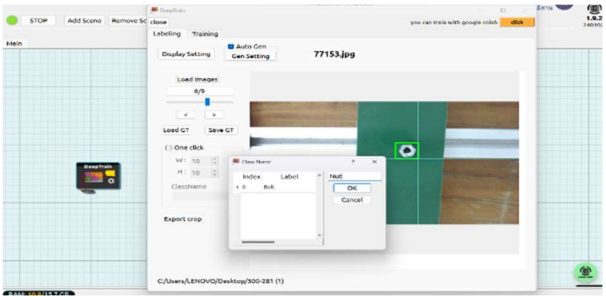
(ก) Step 1 การเลือก Load Imager



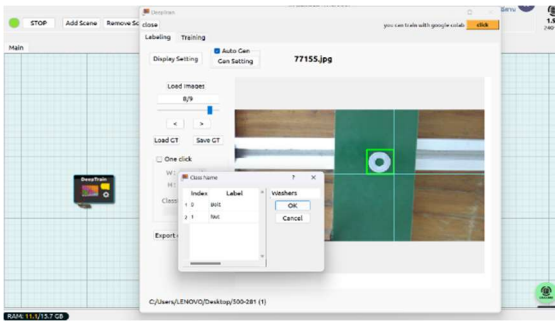
(ข) Step 2 ตรวจสอบภาพที่นำเข้า



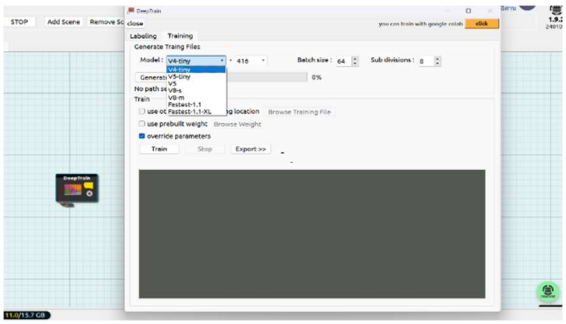
(ค) Step 3 การครอบจุดที่ต้องการ(Bolt)



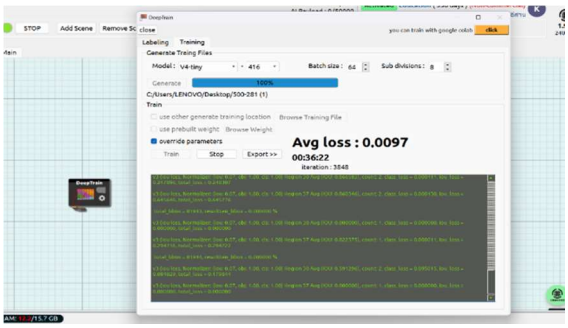
(ง) Step 4 การครอบจุดที่ต้องการ(Nut)



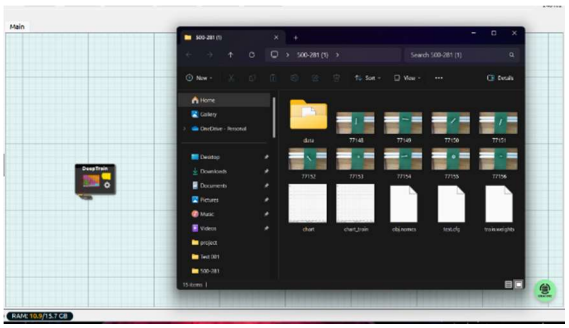
(จ) Step 5 เลือก Auto Gen



(ฉ) Step 6 เลือกที่ Training



(ช) Step 7 เลือก Avg Loss



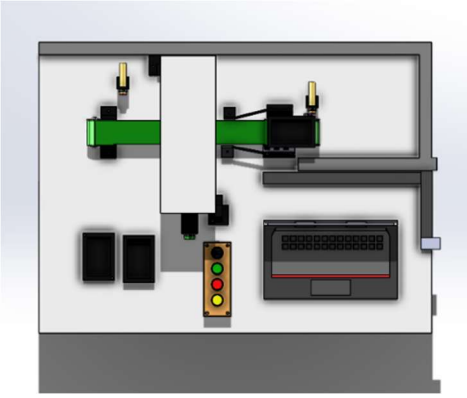
(ซ) Step 8 เลือกไฟล์ที่ได้จากการกดส่งออก

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการ Deep Train

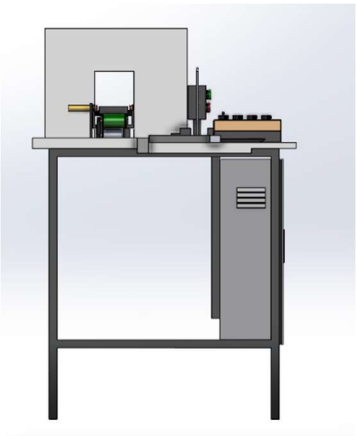
4.3 ขั้นตอนการออกแบบ

ในขั้นตอนนี้ผู้จัดทำจะทำการกล้าถึงการออกแบบชุดตรวจจับชิ้นงานบนสานพานลำเลียง และการวางแผนผังของอุปกรณ์ส่วนอื่น ๆ โครงร่างของระบบตรวจจับชุดชิ้นงานบนสายพานลำเลียงด้วยเทคนิคการ ประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital image detection system for work pieces)

(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านบน



(ค) ด้านขวา

(ง) ด้านหลัง

ภาพที่ 2 โครงร่างของระบบตรวจจับชุดชิ้นงาน

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 ผลการทดลองโมเดลการฝึกสอน

ผลการทดลองโดยการเลือกทำการฝึกสอนโมเดลทั้ง 3 โมเดล คือ YOLOV4-Tiny, YOLOV5-Tiny และ YOLOV8-S และกำหนดค่าความละเอียดของภาพ 416 Pixel Batch size 32 ซึ่งจากการวิจัยของ CiRA CORE Batch size 32 เป็นค่าที่จะทำให้โมเดลมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในแต่ละโมเดลจะมีจำนวนภาพอยู่ที่ 180 ภาพ 270 ภาพ และ 360 ภาพ หลังจากนั้นนำโมเดลทั้งหมดมาทดลองการตรวจจับชิ้นงาน เพื่อวัดประสิทธิภาพของโมเดล

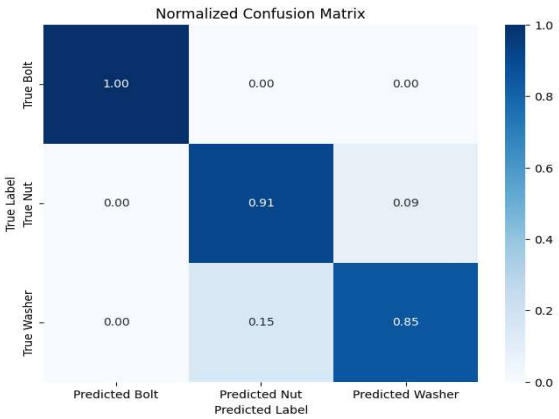
5.1.1 การทดลองโมเดล YOLOV4-Tiny ในการทดลองจะกำหนดจำนวนภาพที่แตกต่างกันโดยจำนวนภาพมี ดังนี้ 1) 180 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 60 ภาพ Nut 60 ภาพ และ Washer 60 ภาพ 2) 270 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 90 ภาพ Nut 90 ภาพ และ Washer 90 ภาพ และ 3) 360 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 120 ภาพ Nut 120 ภาพ และ Washer 120 ภาพ

ตารางที่ 1 การทดลองโมเดล YOLOV4-Tiny

Model	Data set	Avg loss	Time	Iteration
YOLOV4-Tiny	180 ภาพ	0.01 / 1%	2 ชม. 00 น.	18,950
YOLOV4-Tiny	270 ภาพ	0.02 / 2%	3 ชม. 30 น.	34,102
YOLOV4-Tiny	360 ภาพ	0.01 / 1%	3 ชม. 12 น.	29,954

จากการทดลองโมเดลจะเห็นว่าค่า Average loss มีค่าตั้งแต่ 0.02 ซึ่งสามารถนำโมเดลมาใช้งานได้จริงและในแต่ละ Data set จะเห็นว่าใช้เวลาในการฝึกสอน (Training) ที่แตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบในการฝึกสอน

ผลการทดลองประสิทธิภาพของโมเดล YOLOV4-Tiny และการแสดงผลการทำนายที่ถูกต้องและผิดพลาดสำหรับแต่ละ class โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) TP (True positives) พบชิ้นงาน มีชิ้นงานจริง 2) FP (False positives) พบชิ้นงาน แต่ไม่มีชิ้นงานจริง 3) TN (True negatives) ไม่พบชิ้นงานและไม่มีชิ้นงานจริง 4) FN (False negatives) ไม่พบชิ้นงาน แต่มีชิ้นงานจริง โดยการวัดประสิทธิภาพจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ชิ้นงานวางปกติ กรณีที่ 2 ชิ้นงานวางทับซ้อนกัน จากการทดลองโมเดลจะเห็นว่าความแม่นยำของโมเดล YOLOV4-Tiny ในกรณีที่ชิ้นงานวางปกติจะมีความยำ 100% แต่ในกรณีที่มีชิ้นงานวางทับซ้อนกันจากชิ้นงานทั้งหมด 150 ชิ้น พบชิ้นงานที่ถูกต้อง 118 ชิ้น พบชิ้นงานแต่ผิดพลาด 10 ชิ้น และไม่พบชิ้นงาน 22 ชิ้น ซึ่งได้ค่า TP = 79%, FP = 7%, และ FN = 14% และในกรณีที่ 2 ของโมเดล YOLOV4-Tiny ที่ Data set 360 ภาพ ผลการทดลองของโมเดลมีประสิทธิภาพในการจำแนกชิ้นงานออกมาได้ไม่ดีเท่าในกรณีที่ 1 ซึ่งมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับจำนวน Data set โดยทำการวัดประสิทธิภาพจากกราฟ Normalized Confusion Matrix แสดงได้ดังกราฟนี้



ภาพที่ 3 ผลการทดลองโมเดล YOLOV4-Tiny ที่ Dataset 360 ภาพ ในกรณีที่ 2

จากการทดลองของ Normalized Confusion Matrix ซึ่งแสดงสัดส่วนของการทำนายถูกและผิดของแต่ละคลาสจากชิ้นงานทั้งในการทดลอง 150 ชิ้น ซึ่งผลของการทำนายคือ Bolt ทำนายถูก 100% (1.00), Nut ทำนายถูก 91% (0.91) ทำนายผิดเป็น Washer 9% (0.09) และ Washer ทำนายถูก 85% (0.85) ทำนายผิดเป็น Nut 15% (0.15)

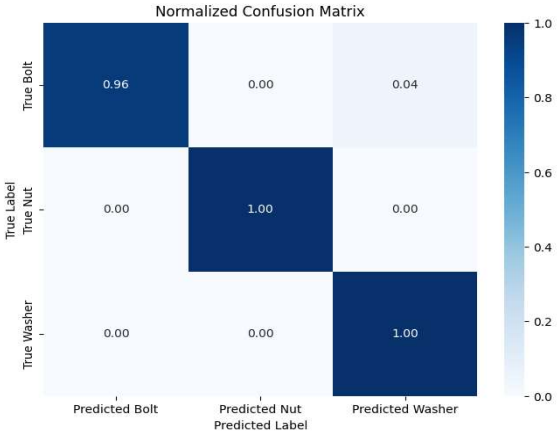
5.1.2 การทดลองโมเดล YOLOV5-Tiny ในการทดลองจะกำหนดจำนวนภาพที่แตกต่างกันโดยจำนวนภาพมี ดังนี้ 1) 180 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 60 ภาพ Nut 60 ภาพ และ Washer 60 ภาพ 2) 270 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 90 ภาพ Nut 90 ภาพและ Washer 90 ภาพ 3) 360 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 120 ภาพ Nut 120 ภาพ และ Washer 120 ภาพ

ตารางที่ 2 การทดลองโมเดล YOLOV5-Tiny

Model	Data set	Avg loss	Time	Iteration
YOLOV5-Tiny	180 ภาพ	0.008 / 0.8%	1 ชม. 30 น.	12,623
YOLOV5-Tiny	270 ภาพ	0.01 / 1%	1 ชม. 08 น.	10,310
YOLOV5-Tiny	360 ภาพ	0.01 / 1%	1 ชม. 54 น.	13,599

จากการทดลองโมเดลจะเห็นว่าค่า Average loss มีค่าตั้งแต่ 0.02 ซึ่งสามารถนำโมเดลมาใช้งานได้จริงและในแต่ล่ะ Data set จะเห็นว่าใช้เวลาในการฝึกสอน (Training) ที่แตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบในการฝึกสอน

ผลการทดลองประสิทธิภาพของโมเดล YOLOV5-Tiny และการแสดงผลการทำนายที่ถูกต้องและผิดพลาดสำหรับแต่ละ class โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) TP (True positives) พบชิ้นงาน มีชิ้นงานจริง 2) FP (False positives) พบชิ้นงาน แต่ไม่มีชิ้นงานจริง 3) TN (True negatives) ไม่พบชิ้นงานและไม่มีชิ้นงานจริง 4) FN (False negatives) ไม่พบชิ้นงาน แต่มีชิ้นงานจริง โดยการวัดประสิทธิภาพจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ชิ้นงานวางปกติ กรณีที่ 2 ชิ้นงานวางทับซ้อนกัน ผลจากการทดลองโมเดลจะเห็นว่าความแม่นยำของโมเดล YOLOV5-Tiny ในกรณีที่ชิ้นงานวางปกติจะมีความยำ 100% แต่ในกรณีที่มีชิ้นงานวางทับซ้อนกันจากชิ้นงานทั้งหมด 150 ชิ้น พบชิ้นงานที่ถูกต้อง 128 ชิ้น พบชิ้นงานแต่ผิดพลาด 2 ชิ้น และไม่พบชิ้นงาน 20 ชิ้น ซึ่งได้ค่า TP = 85%, FP = 1%, และ FN = 14% และในกรณีที่ 2 ของโมเดล YOLOV5-Tiny ที่ Data set 360 ภาพ ผลการทดลองของโมเดลมีประสิทธิภาพในการจำแนกชิ้นงานออกมาได้ไม่ดีเท่าในกรณีที่ 1 ซึ่งมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับจำนวน Data set โดยทำการวัดประสิทธิภาพจากกราฟ Normalized Confusion Matrix แสดงได้ดังกราฟนี้



ภาพที่ 4 ผลการทดลองโมเดล YOLOV5-Tiny ที่ Dataset 360 ภาพ ในกรณีที่ 2

จากการทดลองของ Normalized Confusion Matrix ซึ่งแสดงสัดส่วนของการทำนายถูกและผิดของแต่ละคลาสจากชิ้นงานทั้งในการทดลอง 150 ชิ้น ซึ่งผลของการทำนายคือ Bolt ทำนายถูก 96% (0.96) ทำนายผิดเป็น Washer 4% (0.04), Nut ทำนายถูก 100% (1.00) และ Washer ทำนายถูก 100% (1.00)

5.1.3 การทดลองโมเดล YOLOV8-S ในการทดลองจะกำหนดจำนวนภาพที่แตกต่างกันโดยจำนวนภาพมี ดังนี้ 1) 180 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 60 ภาพ Nut 60 ภาพและ Washer 60 ภาพ 2) 270 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 90 ภาพ Nut 90 ภาพและ Washer 90 ภาพ และ 3) 360 ภาพ จะมีภาพของ Bolt 120 ภาพ Nut 120 ภาพ และ Washer 120 ภาพ

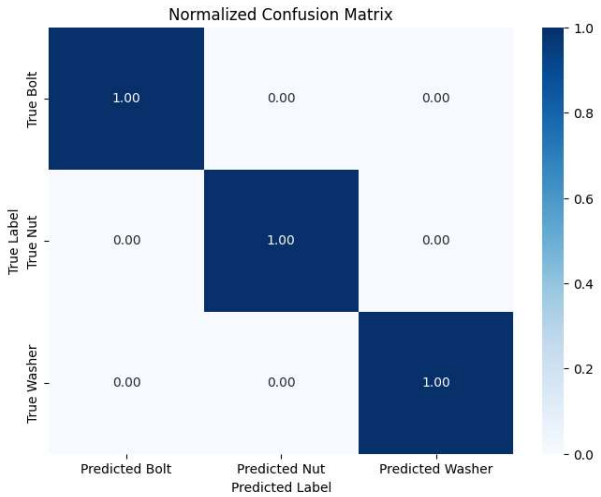
ตารางที่ 3 การทดลองโมเดล YOLOV8-S

Model	Datasets	Avg loss	Time	Iteration
YOLOV8-S	180 ภาพ	0.02 / 2%	2 ชม. 05 น.	11,717
YOLOV8-S	270 ภาพ	0.02 / 2%	3 ชม. 02 น.	15,638
YOLOV8-S	360 ภาพ	0.02 / 2%	4 ชม. 12 น.	23,394

จากการทดลองโมเดลจะเห็นว่าค่า Average loss มีค่าตั้งแต่ 0.02 ซึ่งสามารถนำโมเดลมาใช้งานได้จริงและในแต่ละ Data set จะเห็นว่าใช้เวลาในการฝึกสอน (Training) ที่แตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบในการฝึกสอน

ผลการทดลองประสิทธิภาพของโมเดล YOLOV5-Tiny และการแสดงผลการทำนายที่ถูกต้องและผิดพลาดสำหรับแต่ละ class โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) TP (True positives) พบชิ้นงาน มีชิ้นงานจริง 2) FP (False positives) พบชิ้นงาน แต่ไม่มีชิ้นงานจริง 3) TN (True negatives) ไม่พบชิ้นงานและไม่มีชิ้นงานจริง 4) FN (False negatives) ไม่พบชิ้นงาน แต่มีชิ้นงานจริง โดยการวัดประสิทธิภาพจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ชิ้นงานวางปกติ กรณีที่ 2 ชิ้นงานวางทับซ้อนกัน ผลจากการทดลองโมเดลจะ

เห็นว่าความแม่นยำของโมเดล YOLOV8-S ในกรณีที่ชิ้นงานวางปกติจะมีความยำ 100% แต่ในกรณีที่มีชิ้นงานวางทับซ้อนกันจากชิ้นงานทั้งหมด 150 ชิ้น พบชิ้นงานที่ถูกต้อง 132 ชิ้น และไม่พบชิ้นงาน 18 ชิ้น ซึ่งได้ค่า TP = 88% และ FN = 12% และในกรณีที่ 2 ของโมเดล YOLOV8-S ที่ Data set 360 ภาพ ผลการทดลองของโมเดลมีประสิทธิภาพในการจำแนกชิ้นงานออกมาได้ไม่ดีเท่าในกรณีที่ 1 ซึ่งมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับจำนวน Data set โดยทำการวัดประสิทธิภาพจากกราฟ Normalized Confusion Matrix แสดงได้ดังกราฟนี้

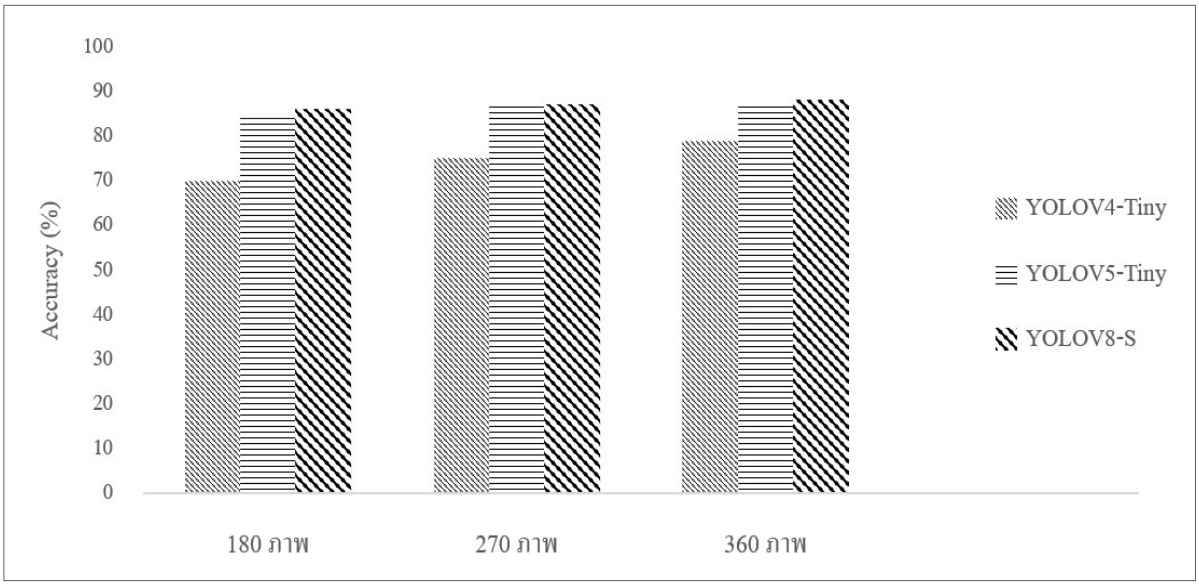


ภาพที่ 5 ผลการทดลองโมเดล YOLOV5-Tiny ที่ Dataset 360 ภาพ ในกรณีที่ 2

จากการทดลองของ Normalized Confusion Matrix ซึ่งแสดงสัดส่วนของการทำนายถูกและผิดของแต่ละคลาสจากชิ้นงานทั้งในการทดลอง 150 ชิ้น ซึ่งผลของการทำนายคือ Bolt ทำนายถูก 100% (1.00), Nut ทำนายถูก 100% (1.00) และ Washer ทำนายถูก 100% (1.00)

ดังนั้นจากการทดลองในกรณีที่ 1 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของโมเดล YOLOV4-Tiny, YOLOV5-Tiny, YOLOV8-S มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าในกรณีที่มีชิ้นงานวางปกติโมเดลทั้งหมดสามรถตรวจจับชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ

การทดลองในกรณีที่ 2 ที่ชิ้นงานวางทับซ้อนกันของโมเดล YOLOV4-Tiny, YOLOV5-Tiny, YOLOV8-S ไม่สามารถตรวจจับชิ้นได้ถูกต้อง 100% สามารถพิจารณาผลประสิทธิภาพของโมเดลดังกราฟตามภาพที่ 6 แสดงความแม่นยำของโมเดล YOLOV4-Tiny, YOLOV5-Tiny และ YOLOV8-S ที่ Data set 180 ภาพ 270 ภาพ และ360 ภาพ จะเห็นว่าความแม่นยำหรือประสิทธิภาพของโมเดลขึ้นอยู่กับจำนวน Data set ที่ใช้ในการ Train โมเดล และขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของโมเดลด้วย หากโมเดลมีเวอร์ชันที่ใหม่กว่าก็จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับชิ้นงานที่มากกว่า โมเดลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการทดลอง คือ YOLOV8-S ที่ Data set 360 ภาพ หลังจากนั้นจะนำโมเดลไปใช้ในการตรวจจับชิ้นงาน



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล

6. สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยหลักการปัญญาประดิษฐ์บนแพลตฟอร์ม CiRA CORE โดยใช้ programmable logic controller (PLC) ในการควบคุมการทำงานและใช้แพลตฟอร์ม CiRA CORE ในการออกแบบควบคุมเพื่อทำการทดลอง โดยใช้กล้อง Webcam ในการจับภาพประมวลผลส่งออกไปที่โปรแกรม เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการจำแนกของชิ้นงาน ในการทดลองเพื่อทดลองความแม่นยำของโมเดล YOLOV4-Tiny, YOLOV5-Tiny, YOLOV8-S ซึ่งแต่ละโมเดลจะมี Data set อยู่ 3 แบบคือ 180 ภาพ 270 ภาพและ 360 ภาพ โดยใช้ภาพในการทดลอง 50 ภาพ 100 ภาพและ 150 ภาพตามลำดับของ Data set โดยผลการทดลองในกรณีที่ 1 ที่ชิ้นงานวางตามปกติของทุกโมเดลและ Data set ผลคือโมเดลสามารถตรวจจับชิ้นงานได้แม่นยำ 100% แต่ในกรณีที่ 2 ที่มีชิ้นงานวางทับซ้อนกันของโมเดล YOLOV4-Tiny ผลการทดลองคือที่ Data set 180 ภาพมีความแม่นยำของโมเดลอยู่ที่ 70% ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดของทุกโมเดล ผลการทดลองของ Data set 270 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 75% และที่ Data set 360 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 79% ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดของโมเดล YOLOV4-Tiny ผลการทดลองในกรณีที่ 2 ของโมเดล YOLOV5-Tiny ที่ Data set 180 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 84% ผลการทดลองของ Data set 270 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 87% และที่ Data set 360 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 87% ซึ่งมีความแม่นยำเท่ากับ Data set 270 ภาพ จากการทดลองจะเห็นว่าโมเดล YOLOV5-Tiny มีความแม่นยำมากกว่าโมเดล YOLOV4-Tiny ทุก Data set และผลการทดลองในกรณีที่ 2 ของโมเดล YOLOV8-S ที่ Data set 180 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 86% ผลการทดลองของ Data set 270 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 87% และที่ Data set 360 ภาพมีความแม่นยำอยู่ที่ 88% ซึ่งเป็นค่าความแม่นยำที่มากที่สุดของทุกโมเดล

สรุปผลการทดลองโมเดลทั้งหมด แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของโมเดลซึ่งโมเดลที่มีความแม่นยำน้อยที่สุดคือ YOLOV4-Tiny และโมเดลที่มีความแม่นยำมากที่สุดคือ YOLOV8-S โดยความแม่นยำ ของโมเดลขึ้นอยู่กับจำนวน Data set หากมี Data set ที่มากจะทำให้โมเดลมีความแม่นยำที่มากขึ้นด้วยหลังจากที่ได้โมเดลที่ดีที่สุด นำโมเดลมาใช้ในการตรวจจับชุดชิ้นงายของระบบการทำงานที่ได้สร้างเงื่อนไขการทำงานไว้ที่แพลตฟอร์ม CiRA CORE

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ปัญหาที่พบในการทดลองและแนวทางในการแก้ปัญหา

7.1.1 เซนเซอร์ในการตรวจจับพาเลสใส่ชุดชิ้นงานมีความแม่นยำต่ำจึงทำให้สายพานไม่หยุดตามในจุดที่กำหนดส่งผลให้กล้อง Webcam ตรวจจับชิ้นงานยังไม่มีประสิทธิภาพ

7.1.2 โปรแกรม CiRA CORE มีการรับสัญญาณ Input จาก PLC ที่ดีเลย์ส่งผลให้การตรวจจับชิ้นงานมีความช้า

7.1.3 การส่งสัญญาณ Output ของโปรแกรม CiRA CORE มีการดีเลย์เช่นเดียวกับการรับสัญญาณ Input ทำให้การสั่งการทำงานช้าลง

7.2 การนำไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์หรือพัฒนาต่อยอด

7.2.1 เพิ่มแบบของชิ้นงานในการตรวจจับชิ้นงาน

7.2.2 เพิ่มโมเดลในการตรวจจับชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท ฟลูเทค จำกัด. (2557) PLC (Programmable Logic Controller). สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://flutech.co.th/what-is-a-plc

[2] ศรุดา ทิพย์แสง. (2563). AI กับเทคโนโลยีทางการแพทย์. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://www.scimath.org/article-technology/item/11230

[3] Anuwat Chamnan. (2563). ปัญญาประดิษฐ์(AI). สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://www.dia.co.th/articles/what-is-artificial-intelligence/

[4] ธัญญรักษ์ บุญตามหนุน. (2562). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยี AI (machine learning) ในการทำงานในอุตสาหกรรมลิสซิ่ง: กรณีศึกษาบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร. ปริญญานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:174127#

[5] รังสรรค์ ทองทา และปัญญา หันตุลา. (2559). การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อช่วยสนับสนุนการควบคุมสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/290608

[6] ศิริเดช บุญแสง. (2563). AI ตรวจสอบคุณภาพการผลิตหน้ากากอนามัยในโรงงาน CP. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. http://www.ttc.ops.go.th/?p=18804

[7] Techsauce Team. (2564). CiRA CORE. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://techsauce.co/tech-and-biz/cira-core-thai-ai-platform

[8] ABB Group. (2563). Deep Learning. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://new.abb.com/news/detail/58004/deep-learning

[9] Kittichai, V., Kaewthamasorn, M., Arnuphaprasert, A., Jomtarak, R., Naing, K. M., Tongloy, T., & Boonsang, S. (2025). A deep contrastive learning-based image retrieval system for automatic detection of infectious cattle diseases. Journal of Big Data, 12(1), 2. https://doi.org/10.1186/s40537-024-01057-7

[10] Kokkaw, J., Nakyai, K., Thamhinkong, S., Chansri, P., & Michel, P. C. (2025, January). Machine Learning-Based on Abnormality Electronic Circuit Boards Detection System. In 2025 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC) (pp. 1-6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICEIC64972.2025.10879748

[11] Chousangsuntorn, C., Tongloy, T., Chuwongin, S., & Boonsang, S. (2022, May). Classification model of optical character recognition failures in unrecovered slider serial numbers in hard disk drive manufacturing and image capture processes. In Thirteenth International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS 2021) (Vol. 12171, p. 1217102). https://doi.org/10.1117/12.2631362

[12] Loo, C. K., Boonsang, S., Sasisaowapak, T., Chuwongin, S., Tongloy, T., Nahavandi, S., & Wong, K. W. (2024, October). CiRA CORE: a low code platform that makes AI work for industry 4.0. In 2024 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 1187-1188). https://doi.org/10.1109/SMC54092.2024.10831625

[13] Tatiyaworanun, C. (2025). Workpiece inspection and sorting system using image processing on CiRA CORE integrated with PLC and IoT. Engineering Transactions, 28(2), 126–136.

[14] บริษัท เอวีแอล ดีไซน์ จำกัด. (2558). พื้นฐานเกี่ยวกับระบบภาพดิจิตอล. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://poohfilmshop.wordpress.com

[15] บริษัท แอดไวซ์ ไอที อินฟินิท จำกัด (มหาชน). (2557). กล้องเว็บแคม. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2567. [จากแหล่งข้อมูล]. https://www.advice.co.th/product/webcam