Journal of Digital Education and Learning Engineering
ดำเนินการวารสารโดย สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้

การพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน
Development of a Factory Automated Manufacturing System Learning Kit

ปองพล การสมมิตร* และดิษฐ์กรณ์ วงศ์สวาสดิ์
Pongpol Kansommit* & Ditsakorn Wongsawasdi

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Received: December 9, 2025 Revised: December 13, 2025 Accepted: December 21, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอการพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบระบบลำเลียงสำหรับการบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรมสำหรับใช้ในการควบคุมการทำงานในระบบโรงงานอุตสาหกรรมอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพและตรวจจับฝาขวดที่ปิดสนิทร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งสำหรับการแสดงผลสถานะและคุณภาพการผลิตแบบเรียลไทม์ โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมแมคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ จำนวน 22 คน เข้าร่วมกิจกรรมเชิงปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่า ชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมต่อการเรียนรู้เทคโนโลยีระบบการผลิตอัตโนมัติในเชิงบวก ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเรื่องที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง การประมวลผลภาพ

Abstract

This research presents the development of an instructional module focused on automated factory manufacturing systems. The primary objective was to fabricate a prototype industrial packaging conveyor system utilized for controlling automated workflows via a Programmable Logic Controller (PLC). The system integrates Image Processing technology to verify quality and detect bottle cap sealing integrity, alongside Internet of Things (IoT) technology for real-time monitoring of production status and quality metrics. The study involved 22 second-year undergraduate students majoring in Mechatronics and Robotics Engineering who participated in a practical workshop. The findings indicate that the developed learning kit is both practical and efficient, successfully aligning with the research objectives. Additionally, the students demonstrated positive engagement in learning automated manufacturing technologies, suggesting that this apparatus is an effective tool for related pedagogical applications.

*Corresponding author. Tel.: 098 276 0902
Email address: bankditsakorn@gmail.com

Keywords: Programmable Logic Controller, Internet of things, Image processing

■ บทนำ

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมยังคงเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและเข้าถึงได้ยาก เนื่องจากระบบดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเชิงลึก รวมถึงความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในแต่ละแขนง ทั้งด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องกล ควบคุม และระบบนิวเมติกส์ อีกทั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานจริงยังมีราคาสูงและมีขั้นตอนการใช้งานที่ซับซ้อน ทำให้ผู้ที่เริ่มต้นศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่สามารถเข้าถึงได้โดยง่าย ส่งผลให้การเรียนรู้ระบบอัตโนมัติในเชิงปฏิบัติเป็นไปอย่างจำกัด

การจำลองระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงและทำความเข้าใจการทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น การจำลองดังกล่าวช่วยลดความซับซ้อนและข้อจำกัดจากการใช้อุปกรณ์จริง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ใกล้เคียงกับการทำงานจริง และสามารถศึกษาโครงสร้างการทำงานของอุปกรณ์ในสายการผลิตได้อย่างเป็นระบบ โดยโครงงานนี้ได้มุ่งเน้นการจำลองสายพานลำเลียงขวดน้ำ เริ่มจากการเติมน้ำด้วยระบบนิวเมติกส์ทำหน้าที่ล็อกตำแหน่งขวดให้ตรงกับหัวกรอกน้ำ จากนั้นสายพานทำการลำเลียงเข้าสู่สถานีการปิดฝาขวดน้ำ และเมื่อปิดฝาเสร็จต่อมีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการปิดฝา ระบบที่จำลองขึ้นนี้จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมจริง รวมทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการต่อยอดไปสู่งานวิจัยหรือการประยุกต์ใช้งานจริงในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาในการสอนในรายวิชา โรงงานอัตโนมัติ โดยสร้างชุดการเรียนรู้ ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงานเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนและใบงานเพื่อให้เข้าใจระบบควบคุมก่อนลงมือปฏิบัติจริง

■ จุดประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน
2) เพื่อประเมินทักษะของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดการพัฒนาชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น
3) เพื่อประเมินการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อชุดการเรียนรู้

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำชุดการเรียนรู้เรื่องระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน จำเป็นที่จะต้องศึกษาหลายด้าน เพื่อที่สามารถออกแบบและสร้างระบบให้ได้ประสิทธิภาพตอบโจทย์กับหลักการทำงานด้านเทคโนโลยีในระบบอุตสาหกรรม ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้โครงงานดังกล่าวสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

(1) กระบวนการควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว หรือแรงบิดของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนและควบคุมผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ Howimanporn et al, (2022) ได้นำเสนองานวิจัยการใช้พีแอลซีร่วมกับวงจรควบคุมพีไอดี เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ตามแบบที่กำหนด ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งในระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ หรือสายการผลิตในอุตสาหกรรม ประกอบด้วย ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด หรือเรียกอีกอย่างว่าเป็นระบบควบคุมที่มีการทำงานแบบสองสถานะ คือ เปิดหรือปิดเท่านั้น โดยการตัดสินใจว่าจะเปิดหรือปิดอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดระหว่างค่าที่ต้องการกับค่าที่วัดได้

จริง หากค่าที่วัดได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ตัวควบคุมสั่งเปิดเมื่อถึงหรือล้ำเกินค่าที่ตั้งไว้ก็สั่งปิด ตัวควบคุมแบบพีไอดี เป็นเครื่องมือที่รับข้อมูลอินพุตจากเซ็นเซอร์ คำนวณส่วนต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ตั้งไว้ และปรับเอาต์พุตเพื่อควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหล ความเร็ว ความดัน และแรงดันไฟฟ้า

(2) โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลหรือพีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถโปรแกรมคำสั่งให้ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้ ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม (Hudedmani et al, 2017) เช่น การเปิด–ปิดมอเตอร์ การนับจำนวน การควบคุมอุณหภูมิ ระบบสายพานลำเลียง พีแอลซีประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานด้านการทำงาน ได้แก่ หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยจ่ายไฟ ส่วนเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต อินเทอร์เฟซสำหรับการสื่อสาร และอุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม

(3) อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งหรือไอโอที เป็นการที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเตอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Dudhe et al., 2017) เช่น การเปิดและปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าการสั่งการเปิดไฟฟ้าภายในบ้านด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ต รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการเกษตร อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง เพื่อให้อุปกรณ์สามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้

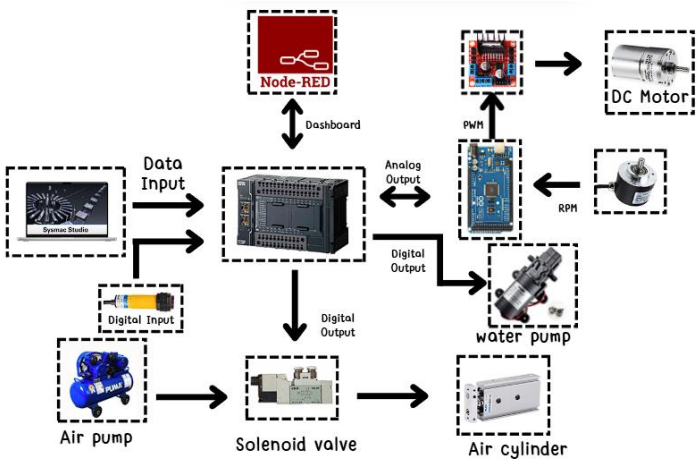
(4) การพัฒนาชุดการเรียนรู้ อรรถเวทย์ เอกปิยะกุล (2547) ได้ให้ความหมายของ “ชุดการเรียนรู้” ไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นสื่อหรือวัสดุการเรียนรู้ที่ถูกออกแบบขึ้นอย่างมีระบบ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง มีการกำหนดโครงสร้างของเนื้อหาการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียน และแบบประเมินผลที่ชัดเจนสอดคล้องกัน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ชุดการเรียนรู้ตามแนวคิดของท่านประกอบด้วยองค์ประกอบหลักสามประการ ได้แก่ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลแต่ละส่วนต้องสัมพันธ์กันในลักษณะเป็นระบบ เนื้อหาต้องถูกต้อง ครบถ้วนและเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ต้องออกแบบอย่างมีลำดับขั้นตอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาอย่างแท้จริง และสุดท้ายการประเมินผลต้องวัดความเข้าใจและความสามารถของผู้เรียนได้ตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้นั้น

สุวรรณี ไชยวรรณ (2552) ได้กล่าวถึงการพัฒนาชุดการเรียนรู้ว่า ควรยึดหลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นสำคัญ กล่าวคือ ผู้เรียนแต่ละคนมีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านความถนัด ความสนใจ สไตล์การเรียนรู้ และพื้นฐานทางความรู้ การออกแบบชุดการเรียนรู้ต้องมีลักษณะยืดหยุ่นและสามารถปรับใช้ให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนได้อย่างหลากหลาย แนวคิดของสุวรรณีสอดคล้องกับทฤษฎีพหุปัญญาของ ฮาวเวิร์ด การ์ดเนอร์ ที่เชื่อว่ามนุษย์มีสติปัญญาหลายด้าน เช่น ด้านภาษา ดนตรี มิติสัมพันธ์ การเคลื่อนไหวร่างกาย ฯลฯ สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับความถนัดของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถผนวกเข้ากับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสม์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ การสำรวจค้นคว้า และการแก้ปัญหาเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาชุดการเรียนรู้ในยุคปัจจุบัน

Abhijit และ Priya (2021) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของฝาขวดในสายการผลิตอุตสาหกรรม โดยพัฒนาโครงสร้างโมเดลที่มีการเชื่อมต่อแบบข้าม (skip connection) และใช้เทคนิค Global Average Pooling เพื่อลดจำนวนพารามิเตอร์ของโมเดล ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโมเดลดังกล่าวมีความแม่นยำสูงและเหมาะสมกับสายการผลิตที่มีความเร็วสูง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก ในขณะที่งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและความเข้าใจด้านการตรวจสอบคุณภาพด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการศึกษาทางวิศวกรรม

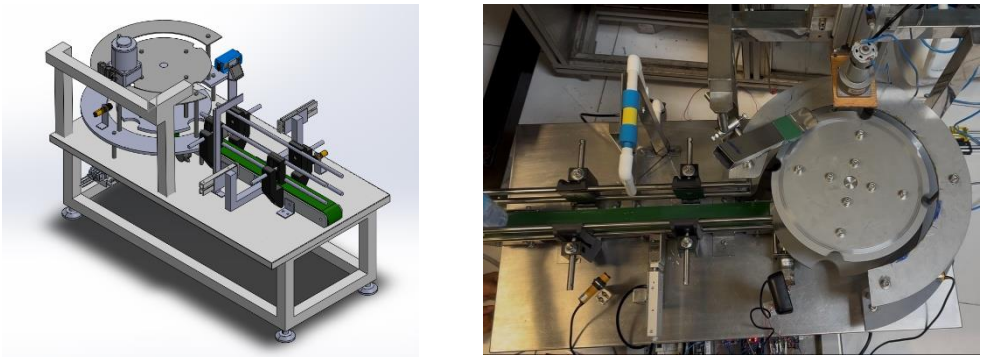
■ การออกแบบและพัฒนาระบบการทำงานของชุดการเรียนรู้

ระบบควบคุมอัตโนมัตินี้ใช้พีแอลซีเป็นส่วนประมวลผลหลักในการรับ ข้อมูลนำเข้า จากซอฟต์แวร์ ซิมแมค สตูดิโอ และ อินพุตดิจิทัลจากเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ภายนอกอย่างปั๊มลมเพื่อสั่งการผ่าน เอาต์พุตดิจิทัลไปควบคุมการทำงานของ ปั๊มน้ำและ โซลินอยด์วาล์วเพื่อขับเคลื่อนกระบอกสูบลม นอกจากนี้ พีแอลซี ยังสามารถสื่อสารกับอาร์ดูอิโน่ผ่านสัญญาณออกแบบแอนะล็อกและดิจิทัลเพื่อให้อาร์ดูอิโน่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยรับค่าอาพีเอ็มย้อนกลับมาจากมอเตอร์ และส่งสัญญาณอาพีเอ็มผ่านไดรเวอร์มอเตอร์เพื่อปรับความเร็ว ซึ่งผู้ใช้งานสามารถ เฝ้าติดตามและควบคุมพารามิเตอร์ทั้งหมดของระบบได้แบบเรียลไทม์ผ่านหน้าจอแสดงผลรวม บนโหนดเรดที่เชื่อมต่อกับพีแอลซีโดยตรง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1. โครงสร้างการทำงานของระบบการควบคุมอัตโนมัติ

ออกแบบโครงสร้างของชุดการพัฒนาชุดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงานด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ถูกต้องก่อนนำไปประกอบจริง หลังจากออกแบบเสร็จ จะนำชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นมาประกอบเป็นระบบสายพานลำเลียง ตรวจสอบความแข็งแรง ปรับตำแหน่งเซนเซอร์และมอเตอร์ให้เหมาะสม และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม เช่น พีแอลซี ภาพที่ 2 เป็นภาพถ่ายชุดการเรียนรู้หลังจากประกอบเสร็จสมบูรณ์ใช้ยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองที่ออกแบบกับของจริง



(ก) (ข)

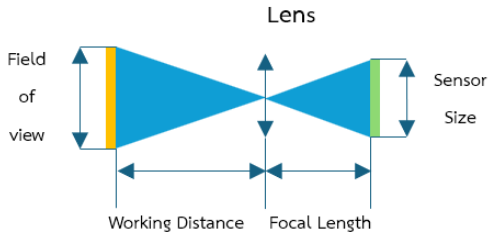
ภาพที่ 2. (ก) การออกแบบชุดการเรียนรู้ในโปรแกรมโซลิดเวิร์ค (ข) รูปรวมของชุดการเรียนรู้ที่ประกอบขึ้นจริง

การเลือกใช้อุปกรณ์และเซ็นเซอร์ในชุดการเรียนรู้ การคำนวณหาค่า ความละเอียด ของกล้องที่ใช้ในโดยคำนวณหาค่าความละเอียดได้จากสมการ

ภาพที่ 3. กล้องเว็ปแคม

คุณสมบัติของกล้องเว็ปแคม ดังภาพที่ 3 (โดยอ้างอิงจากผู้ผลิต)

1. ความละเอียดของรูป 2 ล้านพิกเซล
2. ขนาดความละเอียด 1980 x 1080 พิกเซล
3. ระยะทำงานที่เหมาะสม 10–15 เซนติเมตร
4. ขอบเขตการมองเห็น: 280 x 300 มิลลิเมตร
5. ขนาดวัตถุ: 2.5 x 4 เซนติเมตร
6. ระยะทำงาน: 15 เซนติเมตร



ภาพที่ 4. รูปพารามิเตอร์ในการคำนวณ (https://surl.lu/htykrs)

โดยทั่วไปเลนส์มีความยาวโฟกัสที่คงที่เป็นเรื่องปกติที่ระยะเลนส์สามารถยืดหยุ่นได้โดยรูปนี้เป็นพารามิเตอร์ในการคำนวณความยาวโฟกัสของกล้องที่เลือกใช้ เพื่อกำหนดระยะการ ทำงานที่ต้องการทำงานแบบจำกัดของกล้อง ดังแสดงในภาพที่ 4

การคำนวณหาชนิดของสายพานลำเลียงที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ ปริญญานิพนธ์นี้ใช้สายพานลำเลียงขนาดเล็กคำนวณหาจากแรงที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุ ดังสมการที่ 1:

$$F1 = \mu_t \times (M+M_B) \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ

F1	คือ	แรงดึงสุทธิของสายพาน (นิวตัน)
M	คือ	มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)
μ_t	คือ	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเมื่อมีการเคลื่อนที่บนแผ่นรองเท่ากับ 0.12

M_B คือ มวลของสายพาน (กิโลกรัม)

การหาขนาดแรงและเพลาของมอเตอร์ การหาแรงที่เกิดขึ้นที่เพลาของสายพานลำเลียงการหาแรงที่เกิดขึ้นที่เพลาของสายพานลำเลียงได้จากสมการที่ 2

$$F = M \times a \qquad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ

F คือ แรง (นิวตัน)

M คือ มวลของวัตถุ กิโลกรัม 0.36 ในที่นี้มีค่าเท่ากับ (กิโลกรัม)

A คือ ความเร่ง (เมตรต่อวินาทีกำลัง2) ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 9.81 (เมตรต่อวินาทีกำลัง2)

การหาแรงบิดที่จุดหมุนของเพลาลูกล้อ หาได้จากสมการที่ 3

$$Torque = Fr \qquad \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ

Torque คือ แรงบิดของ (นิวตันเมตร)

F คือ แรง (นิวตัน)

R คือ รัศมีของแกนเพลามอเตอร์ (เมตร) ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.0225 เมตร

การตรวจจับวัตถุด้วยกล้อง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้กล้องในการตรวจสอบฝาปิดสนิท ดังภาพที่ 5 โดยระบบการทำงานเริ่มจากการเก็บข้อมูลรูปเพื่อใช้เป็นชุดข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) จากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการฝึกสอนเพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้และจดจำคุณลักษณะของรูปได้อย่างถูกต้อง เมื่อการฝึกสอนเสร็จสิ้น ระบบแสดงผลลัพธ์การฝึกสอน เช่น ค่าความแม่นยำและค่าผิดพลาด เพื่อนำไปใช้ในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง สุดท้ายทำให้สิ้นสุดกระบวนการทำงานของระบบ

ภาพที่ 5. แปลงรูป RGB เป็น HSV และสร้างไบนารีมาสก์

ในการประมวลผลรูป ทำการแปลงรูปจากระบบสี RGB ไปเป็น HSV เพื่อให้แยกแยะสีได้ง่ายขึ้น จากนั้นกำหนดช่วงค่าสีน้ำเงินเพื่อสร้างไบนารีมาสก์ที่เก็บเฉพาะบริเวณสีน้ำเงิน และนำมาสก์ดังกล่าวมาใช้ลบพื้นหลังออก เหลือเพียงวัตถุสีน้ำเงินที่ต้องการตรวจสอบเท่านั้น

การตรวจสอบฝาขวดจำนวน 2 สภาวะ ได้แก่ สภาวะฝาปิด และสภาวะฝาเปิด โดยใช้ข้อมูลรูปฝาปิดจำนวน 2,136 รูป และรูปฝาเปิดจำนวน 4,514 รูป ในการทดลองครั้งนี้ ดังภาพที่ 6

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 6. ภาพฝาขวด (ก) ปิดสนิท (ข) ปิดไม่สนิท และ (ค) เปิด

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การกำหนดพารามิเตอร์ของระบบเพื่อให้สามารถควบคุมระบบได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์และโหลด โดยเริ่มจากการวัดหรือรวบรวมค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ดาต้าชีต ของมอเตอร์ และการคำนวณทางทฤษฎี โดยพารามิเตอร์หลักที่ใช้ ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

แสดงค่าพารามิเตอร์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตัวแปร	คำอธิบาย	หน่วย	ค่า
$I_{a(noload)}$	กระแสในวงจรอาร์เมเจอร์ขณะไม่มีโหลด	mA	0.093
$I_{a(load)}$	กระแสในวงจรอาร์เมเจอร์ขณะมีโหลด	mA	0.3
V_b	แรงดันไฟฟเกระแสตรง	V	12
T	แรงบิดที่มอเตอร์สร้าง	N·m	0.0294
W	ความเร็วเชิงมุม	rad/s	5.026
Ja	โมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์ (มอเตอร์)	kg·m²	2.16×10^{-6}
J_l	โมเมนต์ความเฉื่อยของโหลดรวม (โรลเลอร์ + มวล)	kg·m²	8.4915×10^{-3}
N	อัตราทดเกียร์	-	105
B_a	ค่าความหนืดของมอเตอร์	N·ms/rad	5.549×10^{-3}
b_L	ค่าความหนืดของโหลด	N·ms/rad	8.4915×10^{-3}
K_t	ค่าคงที่ของแรงบิด (Torque constant)	N·m/A	0.09806
K_b	ค่าคงที่ของแรงดัน BEMF	V·s/rad	1.16204
R	ความต้านทานของขดลวดมอเตอร์	**Ω**	20.532
L	ความเหนี่ยวนำของขดลวดมอเตอร์	H	3.5688×10^{-3}

จากตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์และโหลดที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น กระแส แรงดัน แรงบิด ความเร็วเชิงมุม และโมเมนต์ความเฉื่อยค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ช่วยให้สามารถคำนวณ วิเคราะห์ และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะหาได้จากมอเตอร์ที่ใช้และแสดงผลการเปรียบเทียบ

ประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบ On-Off, P, PI และ PID ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน โดยพิจารณาจากจำนวนครั้งการทำงานและค่าความแม่นยำของระบบในการควบคุมการเคลื่อนที่บนสายพานลำเลียง

■ วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาปีที่ 2 ผู้เรียนจำนวน 22 คนได้จัดทำใบงานในการวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะของผู้เรียน จำนวน 10 ใบ แต่ละใบงานถูกออกแบบให้สอดคล้องกับลำดับการเรียนรู้ โดยใบงานที่ 1–6 มุ่งเน้นทักษะพื้นฐานด้านการควบคุมระบบอัตโนมัติ และใบงานที่ 7–10 เป็นการประยุกต์ใช้งานระบบจริง เพื่อประเมินความสามารถเชิงปฏิบัติและการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามขั้นตอนการทดลองของแต่ละใบงาน โดยกำหนดเวลาในการจัดการเรียนการสอน 7 ชั่วโมง ดังปรากฏในภาพที่ 7

(ก)

(ข)

ภาพที่ 7. (ก) ผู้เรียนทดลองการควบคุมจริง (ข) การสาธิตการทำงานของชุดฝึก

จากภาพที่ 7 แสดงผู้เรียนได้เข้าร่วมการทดลองที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้นโดยผู้เรียนจะเข้ามาทดลองเป็นรายกลุ่ม โดยผู้เรียนจะต้องทดลองควบคู่กับการทำใบงาน 10 ใบงาน

■ ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จุดประสงค์ที่ 1 ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองของระบบควบคุมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ระบบควบคุมแบบ On-Off, P control, PI control และ PID control พบว่าในช่วงการทดลองครั้งที่ 1–4 ระบบควบคุมทุกประเภทยังไม่สามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่การทดลองครั้งที่ 5 เป็นต้นไป ระบบควบคุมทุกประเภทเริ่มมีค่าผลลัพธ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะระบบควบคุมแบบ PID control ซึ่งมีแนวโน้มการทำงานที่มีเสถียรภาพและให้ค่าผลลัพธ์สูงกว่าระบบควบคุมประเภทอื่นอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำของระบบควบคุม พบว่า ระบบควบคุมแบบ On-Off มีค่าความแม่นยำร้อยละ 79 ระบบควบคุมแบบ P control มีค่าความแม่นยำร้อยละ 93 ระบบควบคุมแบบ PI control มีค่าความแม่นยำร้อยละ 95 และระบบควบคุมแบบ PID control มีค่าความแม่นยำสูงที่สุดคือร้อยละ 98 แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาชุดการเรียนรู้ที่บูรณาการระบบควบคุมแบบ PID control สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของการควบคุมระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงานได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2

ผลการทดลองของระบบควบคุม

จำนวนครั้ง	On-Off	P control	PI control	PID control
ครั้งที่ 1	0	0	0	0
ครั้งที่ 2	0	0	0	0
ครั้งที่ 3	6	0	0	0
ครั้งที่ 4	9	0	0	0
ครั้งที่ 5	15	15	16	18
ครั้งที่ 6	18	16	20	26
ครั้งที่ 7	21	18	27	31
ครั้งที่ 8	36	20	31	36
ครั้งที่ 9	40	20	37	38
ครั้งที่ 10	50	30	45	45
ความแม่นยำ	79 %	93 %	95 %	98 %

จุดประสงค์ที่ 2 ผลการประเมินทักษะของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดการพัฒนาชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

โดยผู้จัดได้จัดทำใบงานในการวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะของผู้เรียน จำนวน 10 ใบ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามขั้นตอนการทดลองของแต่ละใบงาน ดังนี้

เกณฑ์การประเมินการแปลผลที่ได้จากผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะ

ผู้เรียนได้คะแนนรวมมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 แปรผล ดีมาก

ผู้เรียนได้คะแนนรวมมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 แปรผล ดี

ผู้เรียนได้คะแนนรวมมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 แปรผล พอใช้

ผู้เรียนได้คะแนนรวมมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 แปรผล ปรับปรุง

ผู้เรียนได้คะแนนรวมน้อยกว่าร้อยละ 50 แปรผล ควรปรับปรุงเป็นอย่างมาก

ผลการประเมินทักษะของผู้เรียนจากการทำใบงานจำนวน 10 ใบ โดยผู้เรียนจำนวนทั้งสิ้น 22 คน แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะอยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยมีคะแนนร้อยละอยู่ระหว่าง 70.00–80.00 เมื่อพิจารณาการแปลผลตามเกณฑ์ที่กำหนด พบว่า ผู้เรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 9.09) มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะอยู่ในระดับดีมาก และผู้เรียนจำนวน 20 คน (ร้อยละ 90.91) มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะอยู่ในระดับดี ไม่พบผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าระดับดี แสดงให้เห็นว่าชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงานที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมทักษะการปฏิบัติงานตามขั้นตอนการทดลอง และช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ตารางที่ 3

ตารางสรุปคะแนนของผู้เรียน จำนวน คน 22

ผู้เรียน	คะแนนที่ได้ใบงานที่										คะแนนที่ได้	ร้อยละ	แปรผล
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	5.0	4.5	5.0	5.0	5.0	4.0	20.0	10.0	10.0	10.0	78.5	78.5	ดี
2	5.0	5.0	4.0	4.5	4.0	5.0	20.0	10.0	9.5	9.5	76.5	76.5	ดี
3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	20.0	10.0	10.0	10.0	79.0	79.0	ดี
4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	20.0	10.0	10.0	10.0	80.0	80.0	ดีมาก
5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	20.0	10.0	10.0	10.0	79.0	79.0	ดี
6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	20.0	10.0	10.0	10.0	80.0	80.0	ดีมาก
7	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	14.0	10.0	9.5	10.0	72.5	72.5	ดี
8	5.0	4.5	5.0	5.0	5.0	4.0	18.5	10.0	9.5	9.5	76.0	76.0	ดี
9	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	20.0	9.0	9.0	9.0	74.0	74.0	ดี
10	5.0	4.5	5.0	4.5	4.0	4.0	18.0	9.0	9.0	9.0	72.0	72.0	ดี
11	5.0	4.5	4.0	4.5	4.0	4.5	20.0	9.0	9.0	9.0	73.5	73.5	ดี
12	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	19.0	10.0	10.0	10.0	78.0	78.0	ดี
13	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	19.0	10.0	10.0	10.0	79.0	79.0	ดี
14	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	19.0	9.0	9.0	8.0	73.0	73.0	ดี
15	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	20.0	9.0	10.0	10.0	78.0	78.0	ดี
16	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	20.0	9.0	9.0	10.0	77.0	77.0	ดี
17	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	18.0	10.0	10.0	10.0	76.0	76.0	ดี
18	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	16.0	9.0	9.0	9.0	70.0	70.0	ดี
19	5.0	5.0	5.0	4.5	4.0	5.0	20.0	10.0	10.0	10.0	78.5	78.5	ดี
20	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	20.0	9.0	9.0	9.0	73.0	73.0	ดี
21	5.0	5.0	5.0	4.5	4.0	4.0	20.0	9.0	9.0	9.0	74.5	74.5	ดี
22	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	19.0	9.0	10.0	10.0	73.0	73.0	ดี

จุดประสงค์ที่ ผลการประเมินการรับรู้ของผู้เรียนชุดการพัฒนาชุดการเรียนรู้ 3

กระบวนการประเมินที่นำมาเพื่อใช้วัดการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และยังนำแนวทางในการปรับปรุงทักษะการสอนของผู้จัดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการจัดอบรมครั้งต่อไปและเพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่มีต่อการพัฒนาชุดกาเรียนรู้ เรื่อง ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน

ผลการประเมินการรับรู้และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่มีต่อชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยการรับรู้ของผู้เรียนในทุกข้ออยู่ในระดับเห็นด้วยมากถึงเห็นด้วยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.25–4.63 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.50–0.78 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ การที่ผู้เรียนมักปรึกษาผู้สอนเมื่อไม่แน่ใจ (ค่าเฉลี่ย 4.63) การที่กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนากระบวนการคิดและการทำงานของตนเอง และการที่กิจกรรมการเรียนรู้เป็นความท้าทายของผู้เรียน (ค่าเฉลี่ย 4.56) สะท้อนให้เห็นว่าชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถกระตุ้นการมีส่วนร่วม การคิดวิเคราะห์ และการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

โดยสรุป ผลการประเมินการรับรู้ของผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อกิจกรรมการเรียนรู้ มีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในบริบทงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 4

ตารางสรุปผลการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

คำถามในการประเมิน	สรุปผล		
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	แปรผล
1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่มในแต่ละใบงาน	4.44	0.60	เห็นด้วยมาก
2. ผู้เรียนพยายามมีส่วนร่วมในการทำใบงาน	4.50	0.60	เห็นด้วยมากที่สุด
3. ผู้เรียนคิดว่าสรูปแวดล้อม (อุปกรณ์) ไม่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้	4.25	0.78	เห็นด้วยมาก
4. ผู้เรียนคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนากระบวนการคิดและการทำงานของตัวเองได้	4.56	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
5. เมื่อผู้เรียนไม่แน่ใจบางสิ่ง มักจะปรึกษาผู้สอน	4.63	0.59	เห็นด้วยมากที่สุด
6. เมื่อผู้เรียนมีปัญหาเกิดขึ้น จะพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง	4.38	0.73	เห็นด้วยมาก
7. ผู้เรียนมักจะมีการวางแผนการในการทำใบงาน	4.44	0.74	เห็นด้วยมาก
8. ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในงานอุตสาหกรรม	4.50	0.60	เห็นด้วยมากที่สุด
9. ผู้เรียนรู้สึกว่ากิจกรรมการเรียนรู้เป็นความท้าทายของตัวเอง	4.56	0.50	เห็นด้วยมากที่สุด
10. ผู้เรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้	4.50	0.60	เห็นด้วยมากที่สุด
11. ผู้เรียนคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงแต่ทำให้มีความรู้แต่ยังทำให้สนุกอีกด้วย	4.56	0.67	เห็นด้วยมากที่สุด

■ บทสรุปจากการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน โดยเน้นกระบวนการการบรรจุภัณฑ์น้ำขวด ซึ่งเป็นการจำลองเนื้อหาการเรียนการสอนเกี่ยวกับโรงงานอัตโนมัติ อันเป็นพื้นฐานที่สำคัญของงานสาขาแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ เนื่องจากเครื่องจักรและระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันต้องการความถูกต้องแม่นยำสูงและสามารถควบคุมได้ตามต้องการ เพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการฝึกฝนผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถในการใช้เครื่องมือทำงานของอุตสาหกรรมได้ถูกต้อง สามารถตรวจสอบวิเคราะห์ วัดค่า ให้มีข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำเหมาะสมกับความต้องการในงาน และสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้รับไปใช้ได้จริง อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถนำความรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้กับงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะความสามารถ และส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมได้อย่างแท้จริง

ผลลัพท์ในการพัฒนาชุดการเรียนรู้ แสดงถึงประสิทธิภาพในการควบคุมการเคลื่อนที่บนสายพานและการใช้หลักการประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบฝาปิดสนิทจากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน นอกจากนี้ผู้เรียน จำนวน 22 คน มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะปฏิบัติงานของผู้เรียนอยู่ในระดับดีค่าเฉลี่ยคะแนนรวมที่ 76.95 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 3.33 และผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอยู่ในระดับเห็นด้วยมากค่าเฉลี่ยที่ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.10 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนาชุดการเรียนรู้ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการ

นำไปประยุกต์ใช้จริง ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึก มีทักษะการใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการควบคุมการเคลื่อนที่บนสายพาน สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนด้านอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ของสายพานของการพัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่องระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงาน เกิดจากกระบวนการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม อาจทำให้ค่า ที่ได้มีความผิดพลาดหรือเกิดการสูญหายของข้อมูล ทั้งในส่วนของข้อมูลความเร็วรอบและข้อมูลสัญญาณแนะนำให้จัดการใช้อุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับตัวควบคุมพีแอลซีได้โดยตรง หรือการประยุกต์ใช้อีกวิธีการของสัญญาณการตั้งค่าด้วยค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำลงปัญหาตรงแพลนในส่วนทางกลส่วนประกอบบางส่วนที่ไม่ตรงทำให้การทดลองเกิดการคาดเคลื่อน เช่น สถานีการเติมน้ำ

นอกจากนี้ ในการศึกษาในอนาคตจึงมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการปรับปรุงและติดตั้งชิ้นส่วนทางกลที่เกี่ยวข้องกับสถานีการเติมน้ำให้ตรงตามแบบที่ออกแบบไว้ เพื่อให้การทดลองทำงานได้อย่างถูกต้องและลดความคลาดเคลื่อนและควรทำแพลนให้เล็กที่สุดและควรมีการเตรียมความพร้อมของสถานที่เรียนการสอน ทั้งด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ และสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนและการทดลองเป็นไปอย่างราบรื่นและปลอดภัย

■ References

กุลชาติ มีทรัพย์หลาก. (2566). โรงงานแห่งการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม 4.0. วารสารวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรม.

อรรถเวทย์ เอกปิยะกุล) .2547). *การพัฒนาชุดการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏ :

สุวรรณี ไชยวรรณ) .2552). *การพัฒนาชุดการเรียนรู้ตามแนวคิดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ.สำนักพิมพ์การศึกษาไทย :

Abhijit, M., & Priya, S. S. (2021, October). *Detecting faulty bottle caps using CNN model*. In 2021 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC) (pp. 1446-1452). IEEE.

Chen, B., Li, C., Yuan, P., Yan, Y., & Yin, Y. (2024). Research on defect detection of bottle cap interior based on low-angle and large divergence angle vision system. *Plos one, 19*(5), e0303744.

Dudhe, P. V., Kadam, N. V., Hushangabade, R. M., & Deshmukh, M. S. (2017, August). *Internet of Things (IOT): An overview and its applications*. In 2017 International conference on energy, communication, data analytics and soft computing (ICECDS) (pp. 2650-2653). IEEE.

Howimanporn, S., Chookaew, S. & Sootkaneung, W. (2018, September). *Implementation of PSO based gain-scheduled PID and LQR for DC motor control using PLC and SCADA*. In 2018 International Conference on Control and Robots (ICCR) (pp. 52-56). IEEE.

Hudedmani, M. G., Umayal, R. M., Kabberalli, S. K., & Hittalamani, R. (2017). Programmable logic controller (PLC) in automation. *Advanced Journal of Graduate Research, 2*(1), 37-45.