ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

บทความวิจัย

การสร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Development of an Experimental Set on Automated Work-piece Sorting and Storage System Using Industrial Robots Controlled by a Programmable Logic Controller

ชวนชม ลิ่มทอง
Chuanchom Limthong

สาขาวิชาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000
Mechatronic and Robotic Technology, Nakhon Si Thammarat Technical College, Nakhon Si Thammarat 80000
Corresponding Author: E-mail: chom6262@gmail.com
Received: 24 Sep. 2024; Revised: 14 Mar. 2025; Accepted: 19 May 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ 2) ประเมินคุณภาพชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ 3) หาประสิทธิภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีหุ่นยนต์และการประยุกต์ใช้งาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพ แบบบันทึกข้อมูล แบบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา พบว่า 1) สร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ได้ตามแบบร่าง 2) ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับมากที่สุด 3) ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.51/80.88 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 และ 4) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ชุดทดลองคัดแยกระบบอัตโนมัติ การประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research aimed to: 1) develop an experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller, 2) evaluate the quality of the experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller, 3) find the efficiency of the experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller, and 4) study the satisfaction of students towards the experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller. The population included 17 first-year undergraduate students in Mechatronics and Robotics Technology at Nakhon Si Thammarat Technical College who registered in the subject of Robotics Technology and Application in the first semester of the academic year 2024. The research instruments were an experimental set, a quality assessment form, a data recording form, an achievement test form, and a satisfaction questionnaire. Statistics included mean, percentage, and standard deviation.

The results of the study revealed that 1) the experimental set of automated work-piece sorting and storage system using industrial robots Controlled by a programmable logic controller could be developed according to the specified design. 2) The experts had the highest opinion towards the experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller. 3) The developed experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller had an efficiency (E_1/E_2) of 84.51/80.88, which is in accordance with the specified criteria of 80/80. Finally, 4) the learners reported the highest level of satisfaction with the experimental set of automatic work-piece sorting and storage with industrial robots controlled by programmable logic controller.

Keywords: Automatic Sorting System Test Kit, Quality Assessment, Efficiency, Programmable Logic Controller

1. บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ เซลล์การผลิตแบบหุ่นยนต์และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ถือเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูงสุดของสายการผลิตแบบอัตโนมัติ [1] หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นผลิตภัณฑ์ไฮเทคประเภทเมคคาทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาการผลิตต่าง ๆ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีข้อดีมากมาย เช่น ความทนทานยาวนาน ความแม่นยำสูง ช่วงการทำงานกว้าง ความแข็งแกร่ง ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ด้วยความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยี PLC การนำเทคโนโลยี PLC มาใช้กับระบบควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ทำให้การควบคุมมีความสะดวกและรวดเร็วกว่า และกระบวนการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ยืดหยุ่นสามารถปรับปรุงได้อย่างสมบูรณ์แบบผ่านระบบควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ใช้ PLC ซึ่งยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างมาก ดังนั้น การศึกษาระบบควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ใช้ PLC จึงได้รับการใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในอุตสาหกรรมในอนาคต [2]

และการทำให้ระบบอัตโนมัติเป็นที่นิยมในการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมในการผลิตและความต้องการทางสังคม สำหรับบุคลากรที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้งานใหม่ที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา วิทยาลัยและมหาวิทยาลัยทั่วโลกได้จัดตั้งสาขาเฉพาะด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเพื่อฝึกอบรมบุคลากรให้มีความสามารถด้านการประยุกต์ใช้

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้กับสังคม เนื่องจากมีแบรนด์ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจำนวนมาก ราคาอุปกรณ์สูง และปริมาณที่มีประสิทธิภาพ โหมดการสอนหุ่นยนต์จึงอยู่ในหนังสือและการสาธิตของครูเท่านั้น ทำให้นักศึกษาขาดกระบวนการปฏิบัติจริง ซึ่งนำไปสู่ปรากฏการณ์ที่ความรู้ทางด้านทฤษฎีและการปฏิบัติจริงถูกแยกออกจากกัน ดังนั้น วิธีการสร้างความสมดุลระหว่างความชัดแย้งระหว่างต้นทุนการสอนและผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาจึงกลายเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องแก้ไข ในการสอนรายวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในปัจจุบัน [3]

หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ของวิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช มีการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม เช่น รายวิชาปฏิบัติระบบอัตโนมัติในการผลิต ปฏิบัติการระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์อุตสาหกรรมและการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งในรายวิชาดังกล่าว เป็นรายวิชาที่นักศึกษาต้องเรียนรู้เกี่ยวกับระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม และการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ แต่ในการจัดการเรียนการสอน ทางสาขาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ยังขาดแคลนชุดทดลองที่สามารถให้นักศึกษาได้ปฏิบัติงานจริง ครบตามสมรรถนะและคำอธิบายรายวิชา จึงทำให้ไม่สามารถฝึกฝนนักศึกษาให้มีความรู้และทักษะตรงตามที่หลักสูตรกำหนด และตรงตามความต้องการของสถานประกอบการในภาคอุตสาหกรรม

จากสภาพและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ขึ้น เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ฝึกฝนพัฒนาความรู้และทักษะของนักศึกษาในการปฏิบัติงานจริง ให้สามารถเข้าใจรูปแบบการควบคุมตรงตามสมรรถนะของรายวิชาตามที่หลักสูตรกำหนด และตรงตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

2.2 เพื่อประเมินคุณภาพชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ

2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

3. สมมติฐานการวิจัย

3.1 ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น มีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ไม่ต่ำกว่าระดับมาก

3.2 ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 80/80

3.3 นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีความพึงพอใจไม่ต่ำกว่าระดับมาก

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

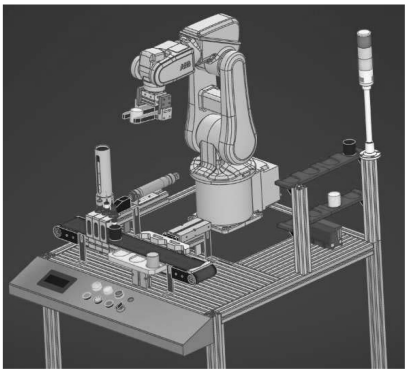
4.1 การสร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีขั้นตอนการสร้าง โดยมีแนวคิดโดยยึดขั้นตอนของไชยยศ [4] มาเป็นแนวทางสำหรับการสร้างชุดทดลองดังนี้

1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ศึกษาคำอธิบายรายวิชาตามรายวิชาที่สอดคล้องและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลอง รูปแบบและการใช้งานโดยสืบค้น

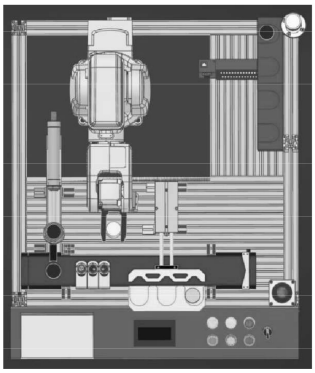
ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยการออกแบบชุดทดลองได้คำนึงถึงเรื่องการฝึกทักษะในการปฏิบัติงาน เรื่องการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ควบคุมชุดคัดแยกชิ้นงาน การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม การควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และความสะดวกในการใช้งานชุดทดลอง

2) ขั้นตอนการออกแบบ โดยได้ออกแบบโครงสร้างและตำแหน่งในการจัดวางอุปกรณ์ของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บ โดยการนำชุดกระบอกสูบดันชิ้นงาน ชุด Sensor ตรวจสอบชิ้นงาน ชุดสายพานลำเลียงชิ้นงาน ชุดกระบอกสูบคัดแยกชิ้นงาน รางจัดเก็บชิ้นงาน พาเรทเก็บชิ้นงาน ชุดหลอดไฟสัญญาณแบบทาวเวอร์ไลท์ ชุดจอแสดงผลแบบสัมผัส ชุดสวิตช์ควบคุมการทำงานและหลอดไฟแสดงผล มาวางบนชุดฝึกหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเดิมที่มีเฉพาะตัวหุ่นยนต์และออกแบบให้สามารถเรียนแบบแยกส่วนและเรียนแบบใช้งานร่วมกันทั้งการคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

รายละเอียดแบบร่างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์



ก. ภาพแบบร่างชุดทดลองมุมมองสามมิติ



ข. ภาพแบบร่างชุดทดลองมุมมองด้านบน

ภาพที่ 1 แบบร่างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

3) ขั้นตอนการสร้าง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1) สร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ตามแบบร่างที่กำหนด

3.2) สร้างแบบบันทึกข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยใบลำดับขั้นการปฏิบัติงาน ใบงานการทดลอง แบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับสมรรถนะราชวิชาและคำอธิบายรายวิชา และออกแบบใบงานโดยการออกแบบเน้นให้ครอบคลุมการใช้งานชุดทดลอง โดยสร้างใบงานการทดลองจำนวน 6 ใบงาน

4) ขั้นตอนการทดลองใช้งานชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยให้นักศึกษาศึกษาส่วนประกอบและลักษณะการทำงานของชุดทดลอง จากนั้นนำแบบบันทึกข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยใบลำดับขั้นการปฏิบัติงาน ใบงานการทดลอง แบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาให้นักศึกษาทดลอง จำนวน 6 ใบงาน

5) ขั้นตอนการประเมินคุณภาพ มีขั้นตอนดังนี้

5.1) การประเมินคุณภาพชุดทดลองและใบงาน โดย (1) เชิญผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มาประเมินคุณภาพของชุดทดลอง (2) ชี้แจงขั้นตอนรายละเอียดในการประเมิน

คุณภาพพร้อมแจกแบบประเมินคุณภาพ (3) สาธิตการทำงานของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ตามใบงานการทดลอง

5.2) การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดย (1) ขอความร่วมมือนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีหุ่นยนต์และการประยุกต์ใช้งาน มาร่วมทำวิจัย (2) อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงาน ตามใบงานการทดลอง (3) ให้นักศึกษาทดลองปฏิบัติงานตามขั้นตอนในใบงานการทดลองจนครบ 6 ใบงาน (4) เก็บข้อมูลการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามใบงานและประเมินผล (5) ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (6) นำคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติงานตามใบงานการทดลองและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนมาวิเคราะห์ผลตามหลักสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ตามเกณฑ์ 80/80

4.2 ประชากรที่ศึกษา คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีหุ่นยนต์และการประยุกต์ใช้งาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

1) ชุดทดลอง มีอุปกรณ์ประกอบชุดทดลองดังนี้ (1) ชุดสวิตซ์ควบคุมการทำงานและหลอดไฟแสดงผล (2) ชุดจอแสดงผลแบบสัมผัส (3) รางจัดเก็บชิ้นงาน (4) หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ABB IRB120 (5) ชุด Sensor ตรวจสอบชิ้นงาน (6) ชุดหลอดไฟสัญญาณแบบทาวเวอร์ไลท์ (7) พาเรทเก็บชิ้นงาน (8) ชุดกระบอกสูบดันชิ้นงาน (9) ชุดสายพานลำเลียงชิ้นงาน (10) ชุดกระบอกสูบคัดแยกชิ้นงาน

2) แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

3) แบบบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย ใบลำดับขั้นการปฏิบัติงาน ใบงานการทดลอง และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ จำนวน 6 ใบงาน ดังนี้

3.1) การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมแบบ Jogging

3.2) การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมโดยใช้คำสั่ง MOVJ, MOVL และ MOVC

3.3) การเขียนโปรแกรมควบคุมชุดคัดแยกชิ้นงานด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์แสดงผลด้วยจอแสดงผลแบบสัมผัส

3.4) การเขียนโปรแกรมควบคุมชุดคัดแยกชิ้นงานแสดงผลด้วยจอแสดงผลแบบสัมผัส

3.5) การเขียนโปรแกรมรับและส่งสัญญาณจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ไปยังหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

3.6) การเขียนโปรแกรมคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอ-จิกคอนโทรลเลอร์

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การเก็บรวบรวมเพื่อหาคุณภาพของชุดทดลอง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 5 ด้าน

2) การเก็บรวบรวมเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยการนำชุดทดลองให้นักศึกษาใช้งาน โดยการทำใบงาน เพื่อบันทึกผลระหว่างเรียนและทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อบันทึกผลหลังเรียน เพื่อนำค่าที่ได้ มาหาค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของชุดทดลอง

3) การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลอง โดยการให้นักศึกษาทำแบบประเมินความพึงพอใจหลังจากจบกระบวนการเรียนรู้

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

1) การวิเคราะห์หาคุณภาพชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยนำผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพแสดงความคิดเห็น

ของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติคือค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2) การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยใช้เกณฑ์ E_1/E_2 โดย E_1 คือประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้เป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียน และ E_2 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

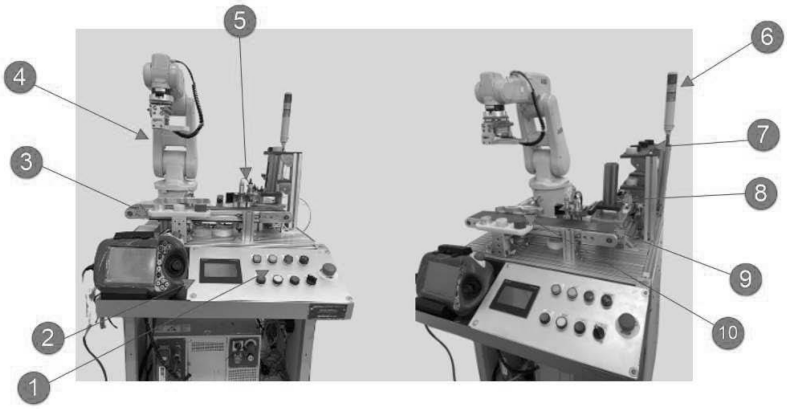
3) การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยใช้สถิติคือค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

โดยค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ที่ได้จากการประเมิน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-5.00 ซึ่งจะมีความหมายดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง มากที่สุด
3.50-4.49 หมายถึง มาก
2.50-3.49 หมายถึง ปานกลาง
1.50-2.49 หมายถึง น้อย
1.00-1.49 หมายถึง น้อยที่สุด

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการสร้างชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 2 ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย (1) ชุดสวิตช์ควบคุมการทำงานและหลอดไฟแสดงผล (2) ชุดจอแสดงผลแบบสัมผัส (3) รางจัดเก็บชิ้นงาน (4) หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ABB IRB120 (5) ชุด Sensor ตรวจสอบชิ้นงาน (6) ชุดหลอดไฟสัญญาณแบบทาวเวอร์ไลท์ (7) พาเรทเก็บชิ้นงาน (8) ชุดกระบอกสูบดันชิ้นงาน (9) ชุดสายพานลำเลียงชิ้นงาน (10) ชุดกระบอกสูบคัดแยกชิ้นงาน

โดยมีหลักการทำงานคือ กระบอกสูบดันชิ้นงานออกจากจุดเก็บชิ้นงาน มาบนชุดสายพานลำเลียง สายพานลำเลียงเคลื่อนที่นำชิ้นงานผ่านชุด Sensor ตรวจสอบชิ้นงาน จากนั้นชิ้นงานเคลื่อนที่มายังตำแหน่งหน้ากระบอกสูบคัดแยกชิ้นงาน ทำการคัดแยกชิ้นงานลงในรางจัดเก็บชิ้นงาน หุ่นยนต์ ABB เคลื่อนที่มาหยิบชิ้นงานจากรางจัดเก็บชิ้นงานไปยังพาเรทเก็บชิ้นงาน โดยแสดงสีของชิ้นงานและจำนวนชิ้นงานบนจอแสดงผลแบบสัมผัสและแสดงการทำงานของชุดทดลองที่ชุดหลอดไฟสัญญาณแบบทาวเวอร์ไลท์

5.2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองสอดคล้องกับการทำงานของภาคอุตสาหกรรม	4.80	.45	มากที่สุด
2. ชุดทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	4.40	.55	มาก
3. ชุดทดลองเสริมทักษะในการปฏิบัติงานจริง	4.60	.55	มากที่สุด
4. ชุดทดลองมีความเหมาะสมกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี	4.80	.45	มากที่สุด
5. ใบงานการทดลองเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน	4.40	.55	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.60	.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จากผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านชุดทดลองสอดคล้องกับการทำงานของภาคอุตสาหกรรม ชุดทดลองเสริมทักษะในการปฏิบัติงานจริงและชุดทดลองมีความเหมาะสมกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และรองลงมาคือชุดทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และใบงานการทดลองเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

5.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จากนักศึกษาจำนวน 17 คน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	เฉลี่ย	ร้อยละ
1. คะแนนจากการทำใบงาน 6 ใบงาน (E_1)	60	50.70	84.51
2. คะแนนจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (E_2)	20	16.17	80.88

จากตารางที่ 2 พบว่าชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.51/80.88 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ 80/80

5.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลอง

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์	4.41	.71	มาก
2. ขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ	4.41	.62	มาก
3. รูปทรงและลักษณะของชุดทดลองเหมาะสม สวยงาม	4.59	.71	มากที่สุด
4. วัสดุที่ใช้งานมีความแข็งแรง ทนทานต่อการฝึกปฏิบัติ	4.71	.47	มากที่สุด
5. ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.53	.51	มากที่สุด
รวม	4.53	.61	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับมากที่สุด เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านรูปทรงและลักษณะของชุดทดลองเหมาะสม สวยงาม วัสดุที่ใช้งานมีความแข็งแรง ทนทานต่อการฝึกปฏิบัติ และชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และรองลงมาคือชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์ และขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

6. สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

1) ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ สามารถสร้างได้ตามแบบที่กำหนด สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามกระบอกสูบดันชิ้นงานออกจากจุดเก็บชิ้นงาน มาบนชุดสายพานลำเลียง สายพานลำเลียงเคลื่อนที่นำชิ้นงานผ่านชุด Sensor ตรวจสอบชิ้นงาน จากนั้นชิ้นงานเคลื่อนที่มายังตำแหน่งหน้ากระบอกสูบคัดแยกชิ้นงาน ทำการคัดแยกชิ้นงานลงในรางจัดเก็บชิ้นงาน หุ่นยนต์ ABB เคลื่อนที่มาหยิบชิ้นงานจากรางจัดเก็บชิ้นงาน ไปยังพาเรทเก็บชิ้นงาน โดยแสดงสีของชิ้นงานและจำนวนชิ้นงานบนจอแสดงผลแบบสัมผัสและแสดงการทำงานของชุดทดลองที่ชุดหลอดไฟสัญญาณแบบทาวเวอร์ไลท์

2) ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์จากผู้เชี่ยวชาญ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านชุดทดลองสอดคล้องกับการทำงานของภาคอุตสาหกรรม ชุดทดลองเสริมทักษะในการปฏิบัติงานจริงและชุดทดลองมีความเหมาะสมกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และรองลงมาคือชุดทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และใบงานการทดลองเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

3) ผลการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีประสิทธิภาพ 84.51/80.88 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

4) ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านรูปทรงและลักษณะของชุดทดลองเหมาะสม สวยงาม วัสดุที่ใช้งาน มีความแข็งแรง ทนทานต่อการฝึกปฏิบัติ และชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และรองลงมาคือชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์ และขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

6.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานการศึกษาดังนี้

1) ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์จากผู้เชี่ยวชาญ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 สอดคล้องกับวันชัย [5] รายงานผลการวิจัยชุดทดลองหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติผ่านระบบการสื่อสาร IIOT ผลการวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย .37 มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เพราะใบงานที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ของเนื้อหาและสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการเรียน

2) ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย โดยประสิทธิภาพตัวแรกได้มา

จากคะแนนการปฏิบัติงาน คะแนนแบบฝึกหัดของแต่ละใบงาน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 84.51 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 และประสิทธิภาพตัวหลังได้มาจากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.88 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดและยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสนิท [6] ทำการวิจัยเรื่องชุดฝึกนิวแมติกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่าการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกมีประสิทธิภาพ 85.39/86.26 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และสอดคล้องกับอภิวัฒน์ และประเสริฐ [7] ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองโทรทัศน์วงจรปิด ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลอง มีประสิทธิภาพ 82.02/83.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ทั้งนี้เพราะการสอนโดยใช้ชุดทดลองคัดแยกชิ้นงานระบบอัตโนมัติและจัดเก็บด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เพราะว่าชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีใบปฏิบัติงานมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน เข้าใจง่ายและชุดทดลองมีความทันสมัยน่าสนใจ เป็นเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรม

3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองคัดแยกและประกอบชิ้นงานควบคุมด้วย Servo Motor ร่วมกับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ผ่านโปรโตคอล CC-link โดยภาพรวมพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 สอดคล้องกับสุนทร และณัฐวิชช์ [8] รายงานผลการวิจัยการสร้างชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยพีแอลซี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากชุดทดลองที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบเป็นขั้นเป็นตอน ตรงตามทฤษฎีและความต้องการในการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน

6.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1) การใช้งานชุดทดลองครูผู้สอนควรจะต้องศึกษาคู่มือการใช้งานและจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มการเรียนการสอน

2) การใช้งานชุดทดลอง ควรจัดผู้เรียนไม่เกิน 2 คนต่อการเข้าปฏิบัติงาน ผู้เรียนจะได้สามารถปฏิบัติงานอย่างทั่วถึง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรออกแบบชิ้นงานให้มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างเพื่อเพิ่มเงื่อนไขในการทำงานของระบบและเงื่อนไขการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้มากขึ้น

2) ควรจะมีการสร้างชุดทดลองที่มีลักษณะเป็นรูปแบบการควบคุมของเหลว เพื่อเพิ่มความเข้าใจในกระบวนการควบคุมให้กับผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Płaczek, M., & Piszczek, Ł. (2018). Testing of an Industrial Robot's Accuracy and Repeatability in off and Online Environment. Eksploatacja i Niezawodnosc (Maintenance and Reliability), 20(3), 455-464.

[2] Wu, B. (2022, October). Study of PLC-based Industrial Robot Control Systems. In 2022 IEEE 4th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT) (p. 1094-1097).

[3] Cai, B., & Shi, Q. (2019). Virtual Simulation Development of ABB Industrial Robot Technology. Academic Journal of Engineering and Technology Science, 2(4), 12-20.

[4] ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). การบริหารสื่อและเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: วัฒนาพานิช.

[5] วันชัย รัชตะสมบูรณ์. (2066). ชุดทดลองหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมผ่านระบบการสื่อสาร IIOT. วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง, 7(1), 1-17.

[6] สนิท ขวัญเมือง. (2564). ชุดฝึกนิวแมติกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้าและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 20(1), 53-63.

[7] อภิวัฒน์ พรหมดีราช, และประเสริฐ เคนพันค้อ. (2560). การพัฒนาชุดทดลองโทรทัศน์วงจรปิด. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 16(3), 59-65.

[8] สุนทร ก้องสินธุ, และณัฐวิชช์ สุขสง. (2566). การสร้างชุดการสอนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วย พีแอลซี. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมศึกษา, 14(2), 16-29.