



การพัฒนาชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอา두โน้สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

สุรัชย์ นามพรมมา^{1*} ราชัญ อุดมคำ¹ และ ไตรทศ แก้วเหง้า²

¹ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอุตสาหกรรม, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

² สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

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

วันที่รับบทความ: 24 เมษายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 16 กรกฎาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 21 กรกฎาคม 2568

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 21 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโน้สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้ (1) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโน้สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า (2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โปรแกรมวิชาช่างกลโรงงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ชั้นปีที่ 2 จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) (3) การเก็บข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึก เริ่มต้นจากการสอนใช้ชุดฝึกเพื่อให้กับผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเรียนรู้การใช้งานชุดฝึกแล้วทำการทดสอบแบบทดสอบปฏิบัติของแต่ละหัวข้อและเมื่อครบทุกหัวข้อแล้วให้ทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบปฏิบัติซ้ำอีกครั้ง จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบระหว่างเรียนและการทดสอบหลังเรียนมาคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดฝึก ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโน้สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 93

คำสำคัญ: ชุดฝึก; นิวแมติกส์ไฟฟ้า; อาดูโน้; ระบบสมองกลฝังตัว

Development of the PLC Practical Set with the Arduino Embedded System for Electro-pneumatic Device Control

Surachai Nampromma^{1*}, Rachan Udomkham¹ and Thaitot Kaewngao²

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

² Department of Mechanical Technical Education, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus

* Corresponding author, E-mail: surachai.na@rmuti.ac.th

Received: 24 April 2025; Revised 16 July 2025; Accepted: 21 July 2025

Online Published: 21 August 2025

Abstract: This experimental research has the objective of developing and evaluating the effectiveness of the PLC practical set with the Arduino embedded system for electro-pneumatic device control. The steps for carrying out the research are as follows: (1) Creation of the tools used in the study, which is an Arduino embedded system practical set using a ladder for electro-pneumatic device control. (2) The sampling groups used in the research were students in the Higher Vocational Certificate program in Machine Tool Technology, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, 2nd year, 30 students, using the Purposive Sampling method. (3) Data collection to determine the effectiveness of the practical set. Start by teaching the use of the practical set so that the learners can understand and learn to use the practical set according to each practice test topic and then test with the practice test again. Then, the scores obtained from the in-class practice test and the post-test practice were used to calculate the effectiveness of the practice practical set. The results of the research found that an Arduino-embedded system practical set using a ladder for electro-pneumatic device control was effective, accounting for 93 percent.

Keywords: Practical set; Electro-pneumatic; Arduino; Embedded system



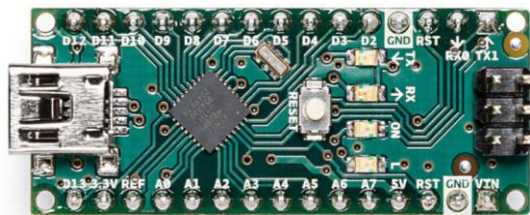
1. บทนำ

ระบบฝังตัวหรือสมองกลฝังตัว (Embedded System) คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์หรือระบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) หรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) ระบบสมองกลฝังตัวจะประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อประเมินและควบคุมอุปกรณ์ในระบบที่เฉพาะเจาะจง [1] ดังนั้นการพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว จึงมีความสำคัญมากในงานอุตสาหกรรม ระบบสมองกลฝังตัวเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้เราสามารถควบคุมอุปกรณ์ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในงานอุตสาหกรรมยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต ประหยัดพลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างของกระบวนการที่มีระบบสมองกลฝังตัวสำหรับการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการในงานอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติในสายผลิต ระบบควบคุมแสงสว่างหรือระบบควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลในการผลิต [2,3] ระบบสมองกลฝังตัวมักมีการพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรมที่เฉพาะเจาะจง เช่น C/C++ และมีเครื่องมือพัฒนา (Development tools) ที่เหมาะสมกับการสร้างและปรับแต่งระบบสมองกลฝังตัว รวมถึงระบบปฏิบัติการเฉพาะ (Real-Time Operating System, RTOS) ที่สามารถจัดการและจัดตารางงานในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยฐานความรู้เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัวและเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับ

ความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน โดยแนวคิดเรื่องการเชื่อมต่อสิ่งต่าง ๆ นี้ มีมาตั้งแต่ยุคต้นปี ค.ศ. 1980 แต่ยังไม่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่ายของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในขณะนั้นยังไม่เพียงพอ ต่างกับในปัจจุบันที่เราสามารถทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้โดยง่ายซึ่งเรียกอุปกรณ์เหล่านี้ว่า “อุปกรณ์ IoT” โดยองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งที่เรียกว่าอุปกรณ์ IoT จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ซึ่งนวัตกรรมทั่วไปนั้นอาจจะมีเพียงส่วนเดียว คือ ฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ก็ได้ แต่สำหรับนวัตกรรมที่สร้างด้วยระบบสมองกลฝังตัวจะต้องมีองค์ประกอบทั้งสองส่วน

อาดูโน้ (Arduino) เป็นระบบสมองกลฝังตัวที่มีการออกแบบมาเพื่อใช้งานในโปรเจกต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยอาดูโน้จะมีฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อควบคุมและประมวลผลอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นลักษณะของระบบสมองกลฝังตัว บอร์ดอาดูโน้ (รูปที่ 1) มีชิปเซ็ตของ Atmel AVR หรือ Microchip SAMD เป็นส่วนหนึ่งของฮาร์ดแวร์ในระบบสมองกลฝังตัว [4] มีการออกแบบเพื่อรองรับการทำงานในอุปกรณ์หรือโปรเจกต์ที่มีขนาดเล็กและมีความสามารถในการติดต่อควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ อาทิเช่น เซนเซอร์ มอเตอร์ หน้าจอ หลอดไฟ แอลอีดี (LED) และอื่น ๆ [5] นอกจากนี้ Arduino IDE (Integrated Development Environment) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนและอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดอาดูโน้นั้นก็เป็นส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์ในระบบสมองกลฝังตัวเช่นกัน



รูปที่ 1 ระบบฝังตัวแบบอาร์ดูโน-บอร์ด รุ่น NANO

พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) [6] คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการในระบบอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน การใช้งาน พีแอลซีช่วยให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ [7] นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการเก็บข้อมูล มีความยืดหยุ่นในการโปรแกรมและปรับแต่งตามความต้องการของระบบ รวมถึงการจัดเก็บประวัติเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อการวิเคราะห์และการปรับปรุงในอนาคต โดยภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมพีแอลซี แบ่งออกได้หลายภาษาขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้พัฒนาโปรแกรมและความต้องการของระบบควบคุม แต่โดยทั่วไป ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Logic: LD) จะเป็นภาษาโปรแกรมที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เนื่องจากความคล้ายคลึงกับวงจรไฟฟ้า (Circuit Diagrams) โดยใช้สัญลักษณ์และตัวอักษรต่าง ๆ [8] เพื่อกำหนดเงื่อนไขและกระบวนการที่ต้องการควบคุม ซึ่งมีความเป็นมาตรฐานและเป็นภาษาโปรแกรมที่พบได้มากในงานอุตสาหกรรม

ระบบนิวแมติกส์หรือระบบลม (Pneumatic System) เป็นระบบที่ใช้ลมอัดเป็นแหล่งพลังงานในการควบคุม

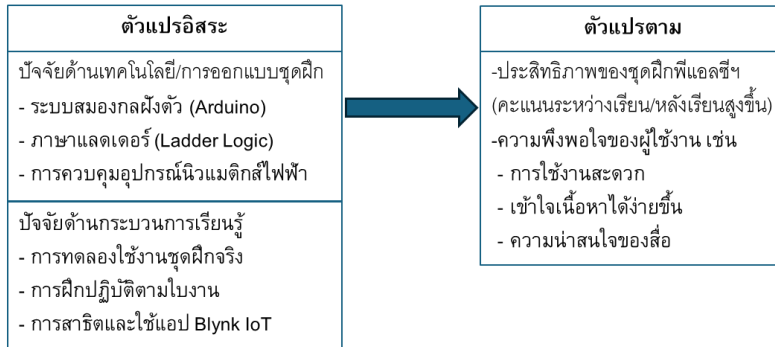
และขับเคลื่อนอุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรม ระบบนิวแมติกส์มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพสูงในการทำงานในสภาวะที่ต้องการความรวดเร็วและความแม่นยำ ระบบนิวแมติกส์มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมอื่น ๆ [9,10] ที่ต้องการขับเคลื่อนอุปกรณ์และการควบคุมเครื่องจักรกลหรือหุ่นยนต์ รวมทั้งการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาชุดฝึกโดยใช้บอร์ดอาร์ดูโน (รูปที่ 1) ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าแต่การเขียนด้วยภาษาโปรแกรมที่เฉพาะเจาะจง (C/C++) ผ่านซอฟต์แวร์ Arduino IDE แล้วอัปโหลดลงบอร์ดอาร์ดูโนนั้นมีความยากและซับซ้อนในขั้นตอนการเขียนโค้ด (Coding) สำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ในการเขียนโปรแกรม และจะเป็นการง่ายกว่าถ้าการควบคุมอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถเขียนเป็นภาษาแลดเดอร์แล้วอัปโหลดลงบอร์ดอาร์ดูโนได้ ทั้งนี้ วัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อนำเอาระบบสมองกลฝังตัวมาพัฒนาเป็นชุดฝึกพีแอลซีจากบอร์ดอาร์ดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าและยังเป็นการนำเอาเทคโนโลยีในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาและนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อพัฒนาชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาร์ดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าซึ่งมีกรอบแนวคิดการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโน้ สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

2.1 การเตรียมอุปกรณ์ในงานวิจัย

2.1.1 ศึกษาข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบสมองกลฝังตัวที่เกี่ยวกับอาดูโน้เพื่อเข้าใจความสามารถและข้อจำกัดของเทคโนโลยีและเรียนรู้วิธีการใช้งานอาดูโน้ โดยศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น เอกสาร คู่มือ หนังสือ ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการนำอาดูโน้มาใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

2.1.2 ออกแบบโครงสร้างและการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ซึ่งรายการอุปกรณ์สำหรับการทดลองมีดังนี้

2.1 บอร์ดอาดูโน้ นาโน	1 ตัว
2.2 บอร์ด ESP8266	1 ตัว
2.3 รีเลย์ 24 VDC	4 ตัว
2.4 รีเลย์ 5 VDC	4 ตัว
2.5 ตัวต้านทาน 1 kΩ	5 ตัว
2.6 สวิตช์แบบเลือกตำแหน่ง	1 ตัว
2.7 ไฟแสดงสถานะ 220 VAC	1 ตัว
2.8 อะแดปเตอร์แปลงไฟ 9 VDC	1 ตัว

2.1.3. ดำเนินการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโน้สำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) การกำหนดภาคอินพุตและเอาพุต (Input/Output Phase) ของบอร์ดอาดูโน้-นาโน ต้องสัมพันธ์กับ Address ในโปรแกรม Open PLC Editor ได้แก่ Digital In มีขาอินพุต 2, 3, 4, 5, 6 ตรงกับ Address %IX0.0 - %IX0.4 ส่วน Digital Out มีขาเอาพุต 7, 8, 12, 13 ตรงกับ Address %QX0.0 - %QX0.3 และ Analog In มีขาอินพุต A0, A1, A2, A3, A4, A5 ตรงกับ Address %IW0.0 - %IW0.5 Analog Out มีขาเอาพุต 9, 10, 11 ตรงกับ Address %QW0.0 - %QW0.2 และยังมีโมดูลคำสั่ง Timer, Counter สำหรับใช้ควบคุมงานแบบต่างๆ อีกด้วย

ทั้งนี้ หากต้องการจำนวนภาคอินพุตและเอาพุตที่มากกว่านี้ก็สามารถเลือกบอร์ดชนิดอื่นๆ ซึ่งมีข้อมูลในเว็บไซต์ของ Open PLC Editor โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้บอร์ดอาดูโน้-นาโนเพราะมีขนาดเล็กสามารถ



ประกอบใส่กล่องร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้สะดวกและจำนวนขาอินพุตและเอาพุตมีเพียงพอกับแบบทดสอบปฏิบัติการ

(2) การติดต่อระหว่างบอร์ดอาดูโน-นาโน กับอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า เช่น เซนเซอร์ ลิมิตสวิตช์ไฟฟ้าและโซลินอยด์ (Solenoid) จะใช้รีเลย์ (Relay) เป็นตัวรับ-ส่งสัญญาณ แต่อุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าใช้แรงดันไฟ 24 VDC ส่วนบอร์ดอาดูโน-นาโน ใช้แรงดันไฟ 5 VDC ดังนั้น ภาคอินพุตจึงใช้รีเลย์ 24 VDC เมื่ออุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าส่งสัญญาณ (Trigger)มายังรีเลย์ 24 VDC ขาคอนแทค (Contact) เปลี่ยนสถานะแล้วดึงไฟ 5 VDC ส่งสัญญาณไปยังขาอินพุตของบอร์ดอาดูโน-นาโน ตามข้อ 3.1 ส่วนภาคเอาพุตจะใช้รีเลย์ 5 VDC เมื่อบอร์ดอาดูโน-นาโน ส่งสัญญาณ (Trigger) จากขาเอาพุต มายังรีเลย์ 5 VDC ขาคอนแทค (Contact) จะเปลี่ยนสถานะแล้วดึงไฟ 24 VDC ส่งสัญญาณไปยังโซลินอยด์ (Solenoid) ของอุปกรณ์นิวแมติกส์ ทั้งนี้ภาคอินพุตของบอร์ดอาดูโน-นาโน ต้องกำหนดสถานะให้กับขาอินพุตของบอร์ด เช่น HIGH, LOW หรือ 1, 0 เป็นต้น เพราะขณะที่ขาอินพุตยังลอยอยู่หรือไม่มีลอจิก HIGH, LOW ส่งเข้ามาจะเกิดสัญญาณรบกวนซึ่งต้องแก้ไขด้วยการใช้ตัวต้านทาน (Resister) มาต่อคร่อมเพื่อทำวงจร Pull Down ตามรูปที่ 4 และรูปที่ 5

(3) บอร์ดอาดูโน-นาโน จะใช้อะแดปเตอร์ (Adapter) 9 VDC ในการแปลงไฟฟ้าสำหรับใช้ในการทำงานของบอร์ดและงานวิจัยนี้ได้สร้างปุ่มสวิตช์แบบออนไลน์จากบอร์ด ESP8266 หรือ NodeMCU ที่สามารถสั่งการทำงานของอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าผ่านคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือได้เพื่อช่วยดึงดูด

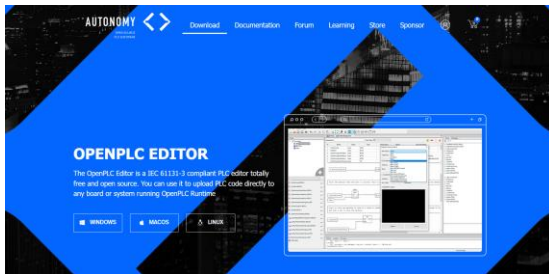
ความสนใจของผู้เรียนให้กับชุดฝึกมากยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

เริ่มต้นจากเขียนโค้ด (Coding) ด้วยโปรแกรม Arduino IDE แล้วอัปโหลดโค้ดลงในบอร์ด ESP8266 ซึ่งโค้ดที่เขียนจะควบคุมและสั่งการทำงานผ่านสัญญาณไวไฟ (Wi-Fi) ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk IoT สำหรับโทรศัพท์มือถือและเว็บไซต์ <https://blynk.io/> สำหรับคอมพิวเตอร์ จากนั้นต่อสาย(Wiring) จากขาเอาพุต D0 ของบอร์ด ESP8266 เข้ากับขาอินพุต 6 ของบอร์ดอาดูโน-นาโน สำหรับส่งสัญญาณ (Trigger) เพื่อเป็นปุ่มสตาร์ทแบบออนไลน์สั่งให้อุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าทำงาน ตามรูปที่ 6

ทั้งนี้การติดตั้งโปรแกรม Open PLC Editor สำหรับเขียนภาษาแลตเตอร์และอัปโหลดแลตเตอร์ลงในบอร์ดอาดูโน-นาโนเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าหรือการเลือกใช้บอร์ดชนิดต่างๆ สามารถติดตั้งผ่านเว็บไซต์ <https://autonomylogic.com/download> ตามรูปที่ 3

(4) สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ (1) ด้านลักษณะกายภาพ (2) ด้านลักษณะการใช้งาน (3) ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมและ (4) ด้านความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

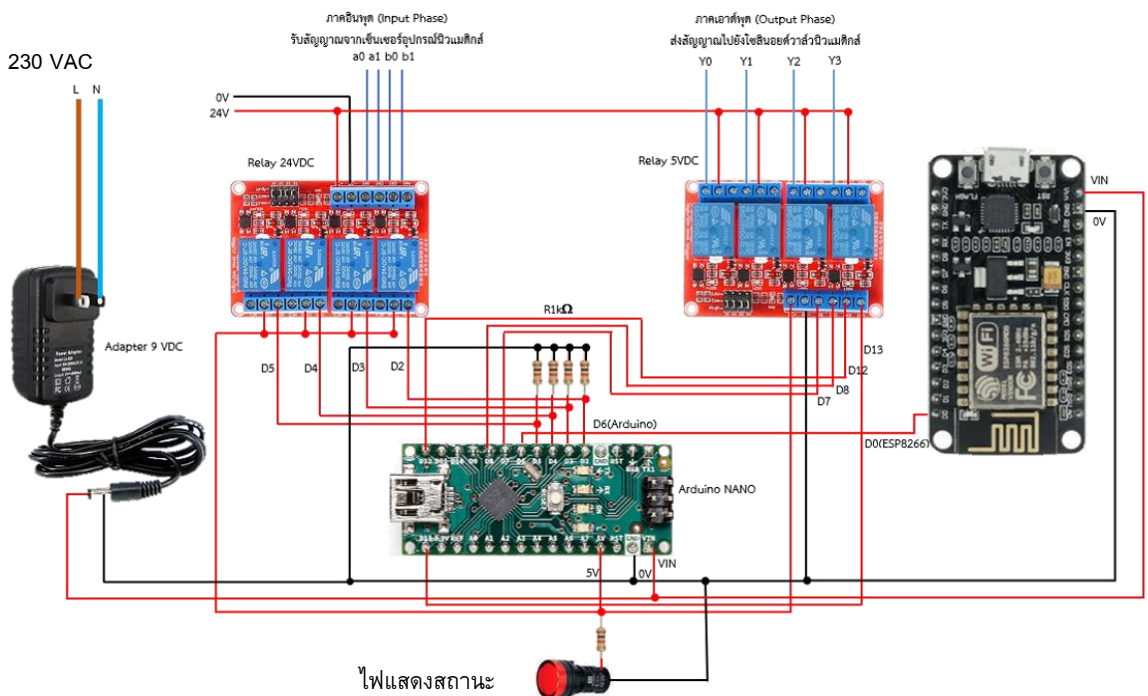
(5) ประเมินคุณภาพชุดฝึกที่แอลซีฯ โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนนิวแมติกส์ไฟฟ้า จำนวน 5 คน เพื่อประเมินคุณภาพของชุดฝึกพร้อมทั้งนำข้อมูลข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงชุดฝึกให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยเกณฑ์ให้คะแนนแสดงตามตารางที่ 1



รูปที่ 3 เว็บไซต์สำหรับการติดตั้งโปรแกรม Open PLC Editor และข้อมูลการเลือกใช้บอร์ดแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ระดับน้ำหนักการให้คะแนน

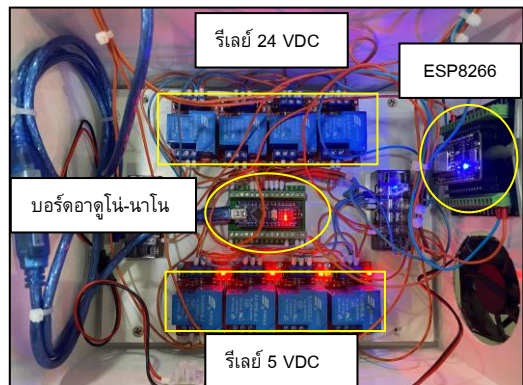
ค่าน้ำหนัก	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
5	4.51-5.00	มากที่สุด
4	3.51-4.50	มาก
3	2.51-3.50	ปานกลาง
2	1.51-2.50	น้อย
1	1.00-1.50	น้อยที่สุด



รูปที่ 4 วงจรชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาณูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า



(a) Panel สำหรับต่ออุปกรณ์ภาคอินพุตและเอาพุต



(b) การวางตำแหน่งอุปกรณ์และต่อวงจรชุดฝึกพีแอลซี

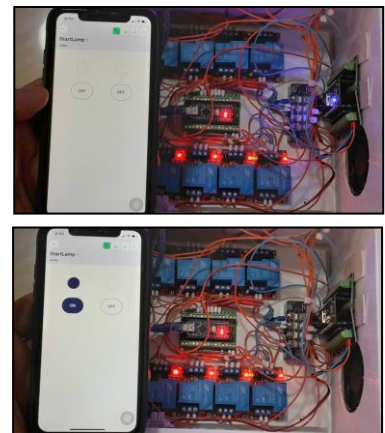
รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า



(a)
การเขียนโค้ดสำหรับ
อัปโหลดลงบอร์ดESP8266



(b)
การทดลองใช้ชุดฝึกต่อกับ
อุปกรณ์นิวแมติกส์



(c)
การสั่งอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าผ่าน
โทรศัพท์มือถือด้วยแอป Blynk IoT

รูปที่ 6 การเขียนโค้ด (Coding) และการอัปโหลดโค้ดลงในบอร์ด ESP8266 ที่ควบคุมและสั่งการทำงานผ่านสัญญาณไวไฟ (Wi-Fi) ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk IoT



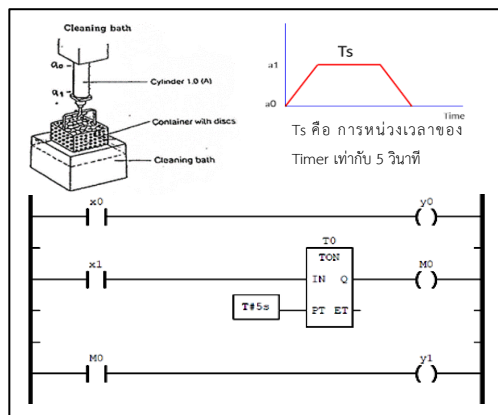
(6) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาตูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า โดยเป็นผู้มีประสบการณ์การทำงานหรือด้านการสอนเกี่ยวกับนิวแมติกส์ไฟฟ้าจำนวน 10 คน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาชุดฝึกให้มีความเหมาะสมต่อการเรียนการสอนในรายวิชาต่อไป

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

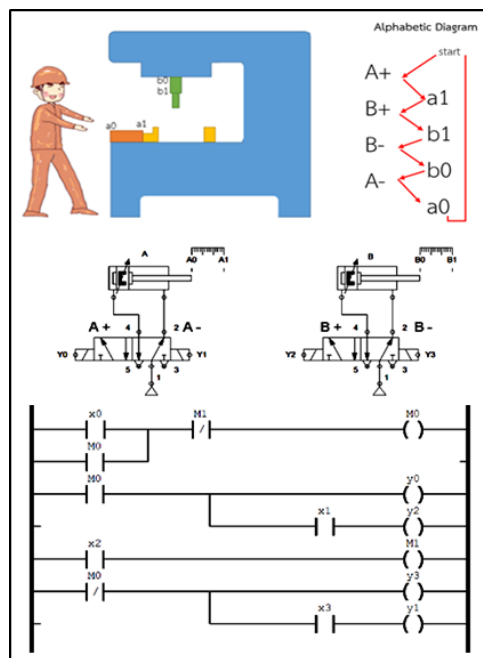
การทดสอบชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาตูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าจะเป็นการนำแบบทดสอบการควบคุมนิวแมติกส์ไฟฟ้าด้วยพีแอลซีในรายวิชานิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์มาทำการเขียนวงจรแลดเดอร์และทดสอบการทำงานของชุดฝึก จากนั้นประเมินการทำงานของอุปกรณ์นิวแมติกส์ว่าตรงตามวัตถุประสงค์ของใบงานทดสอบหรือไม่ โดยมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1. แนะนำเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาตูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจในการใช้งานชุดฝึกพีแอลซี

2. ดำเนินการสอนด้วยชุดฝึกที่ได้สร้างขึ้นและเมื่อจบในแต่ละหัวข้องานให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติการในแต่ใบงานการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ (1) การทดสอบการควบคุมกระบอกลม 1 ตัว ได้แก่ วงจร Self-Holding, วงจรInter-Lock, วงจรTimerและวงจร Counter (2) การทดสอบการควบคุมกระบอกลม 2 ตัว ได้แก่ วงจร Sequence-Control, วงจร Self-Holding, วงจรInter-Lock, วงจร Timer และวงจร Counter



รูปที่ 7 ตัวอย่างแบบทดสอบการควบคุมกระบอกลม 1 ตัว ด้วยวงจร Timer



รูปที่ 8 ตัวอย่างแบบทดสอบการควบคุมกระบอกลม 2 ตัว ด้วยวงจร Sequence-Control



3. ทดสอบหลังเรียน (Post-test) เมื่อผู้เรียนได้ผ่านการเรียนครบทุกหัวข้องานแล้ว ให้ทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบปฏิบัติการอีกครั้ง

4. นำผลคะแนนที่ได้จากการฝึกปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียน และการทดสอบปฏิบัติการหลังเรียนมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์ร้อยละเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกต่อไป

3. ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินคุณภาพของชุดฝึกตามตารางที่ 2 พบว่าชุดฝึกมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก 1 ด้านและระดับมากที่สุด 3 ด้าน เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเรียงตามลำดับเป็นรายด้าน ดังนี้ คือ ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม (ค่าเฉลี่ย 4.80, S.D.= 0.41) ด้านความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน (ค่าเฉลี่ย 4.65, S.D.= 0.49) ด้านลักษณะการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.60, S.D.= 0.50) และด้านลักษณะทางกายภาพ (ค่าเฉลี่ย 4.10, S.D.= 0.72) จากนั้นทำการวิเคราะห์ CRV (Content Validity Ratio)

โดยการใช้ความรู้และเหตุผลในการประเมินคุณภาพของชุดฝึกพีแอลซีจากผู้เชี่ยวชาญ (Panel of Experts) เป็นผู้พิจารณาซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน (Usability) ตามสูตรดังนี้ [11]

$$CVR = \frac{2N_e}{N} - 1 \quad (1)$$

เมื่อ

CVR แทน คุณภาพเชิงเหตุผล

N_e แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ยอมรับ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า จำนวน 5 คน และแต่ละคนคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ 4.59 4.59 4.65 4.29 และ 4.59 ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญที่จะยอมรับต้องอยู่ในระดับมากขึ้นไป (3.50-5.00) เท่านั้น และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน พบว่าได้ค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ทุกคน ดังนั้น N_e จึงมีค่าเท่ากับ 5 แทนค่าในสูตร

$$CVR = \frac{2(5)}{5} - 1$$

$$CVR = 1.00$$

จากการแทนค่าตามสมการที่ (1) พบว่า ชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้ามีคุณภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) จึงสามารถนำไปใช้งานได้ (โดยค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าการยอมรับขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือ 0.99)

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามตารางที่ 4 พบว่า คะแนนจากการทดสอบระหว่างเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.37 คะแนน (S.D.เท่ากับ 2.11) คิดเป็นร้อยละ 85 ส่วนคะแนนทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 92.83 คะแนน (S.D.เท่ากับ 2.43) คิดเป็นร้อยละ 93 และจากการทดสอบความแตกต่างของคะแนนสอบเฉลี่ยที่ใช้ชุดฝึกพีแอลซี ด้วยการทดสอบแบบที-เทส (t-test)



จากโปรแกรมเอ็กเซล (Excel Programing) พบว่าคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบเฉลี่ยระหว่างเรียนอย่างมีนัยสำคัญ [12]

ทั้งนี้ ได้ใช้วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) ซึ่งจะพิจารณาประสิทธิภาพจากเปอร์เซ็นต์คะแนนการทำแบบทดสอบด้วยเกณฑ์ ($E1/E2=80/80$) โดย 80 ตัวแรก ($E1$) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทดสอบระหว่างเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือประสิทธิภาพของกระบวนการส่วน 80 ตัวหลัง ($E2$) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ใช้สูตรดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{A} \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{B} \quad (3)$$

เมื่อ

$E1$ แทน ประสิทธิภาพกระบวนการ

$E2$ แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum x$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบ

N แทน จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

เมื่อนำคะแนนทดสอบระหว่างเรียนและหลังเรียนมาคำนวณตามสูตรที่ (2)-(3) และกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ที่ 80/80 พบว่าค่า $E1 = 85.37$ และ $E2 = 92.87$ ซึ่งค่า $(85.37/92.87)$ มากกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ (80/80) แสดงว่า ชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์สามารถนำไปใช้งานได้จริง

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3 พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.51 S.D. = 0.57) เมื่อพิจารณาเรียงตามลำดับเป็นรายข้อดังนี้ คือ การเรียนด้วยชุดทดลองในลักษณะนี้ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียน (ค่าเฉลี่ย 4.80, S.D. = 0.42) ชุดฝึกนี้สามารถใช้ฝึกเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้ (ค่าเฉลี่ย 4.70, S.D. = 0.48) ชุดฝึกมีรูปร่างและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน และขั้นตอนการต่อใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (ค่าเฉลี่ย 4.60, S.D. = 0.52) การใช้งานชุดทดลองและการปฏิบัติทำได้สะดวก (ค่าเฉลี่ย 4.50, S.D. = 0.53) การเรียนด้วยชุดฝึกนี้ มีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง และสามารถใช้ฝึกปฏิบัติได้ตามใบทดลองจริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (ค่าเฉลี่ย 4.40, S.D. = 0.52) และชุดฝึกมีการออกแบบได้เหมาะสมและกระตุ้นความสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.10, S.D. = 0.88)



ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านลักษณะทางกายภาพ			
1. การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ	3.60	0.55	มาก
2. การออกแบบสามารถประกอบได้ง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
3. รูปร่างและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ชิ้นส่วนมีความแข็งแรงทนทาน	3.60	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.10	0.72	มาก
ด้านลักษณะการใช้งาน			
1. มีความคล่องตัวในการใช้งานและการปฏิบัติทำได้สะดวก	4.60	0.55	มากที่สุด
2. สามารถใช้ฝึกปฏิบัติได้ตามใบงานทดลอง	5.00	0.00	มากที่สุด
3. มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
4. การใช้งานสะดวกและปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	4.60	0.55	มากที่สุด
5. การเตรียมอุปกรณ์และการปฏิบัติทำได้ง่าย	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.50	มากที่สุด
ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม			
1. การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	4.60	0.55	มากที่สุด
2. การจัดหาอุปกรณ์เพื่อการซ่อมแซมทำได้สะดวก	4.80	0.45	มากที่สุด
3. วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นชุดทดลองสามารถจัดหาได้สะดวก	5.00	0.00	มากที่สุด
4. การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นๆ เสียหาย	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.80	0.41	มากที่สุด
ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอน			
1. พัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และการฝึกปฏิบัติ	4.40	0.55	มาก
2. ลดเวลาในการปฏิบัติงานและเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
3. ผู้เรียนมีโอกาสนับปฏิบัติและมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุดทดลอง	4.60	0.55	มากที่สุด
4. สามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.65	0.49	มากที่สุด



ตารางที่ 3 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ชุดฝึกมีการออกแบบได้เหมาะสมและกระตุ้นความสนใจ	4.10	0.88	มาก
2	ชุดฝึกมีรูปร่างและขนาดมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.60	0.52	มากที่สุด
3	การใช้งานชุดฝึกและการปฏิบัติทำได้สะดวก	4.50	0.53	มาก
4	มีความปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	4.40	0.52	มาก
5	การเรียนรู้ด้วยชุดฝึกในลักษณะนี้ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียน	4.80	0.42	มากที่สุด
6	สามารถใช้ฝึกปฏิบัติได้ตามใบทดลองจริง	4.40	0.52	มาก
7	ขั้นตอนการต่อใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.60	0.52	มากที่สุด
8	ชุดฝึกนี้สามารถใช้ฝึกเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	4.70	0.48	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.51	0.57	มากที่สุด

ตารางที่ 4 ผลคะแนนทดสอบระหว่างเรียนและหลังเรียนการใช้ชุดฝึกพีแอลซี ด้วยโปรแกรมเอ็กเซล (Excel Programming)

การทดลอง	คะแนนทดสอบระหว่างเรียน	คะแนนทดสอบหลังเรียน
จำนวน (คน)	30	30
ค่าเฉลี่ย	85.37	92.83
S.D.	2.11	2.43
คะแนนเต็ม	100	100
ร้อยละ	85	93
t	-12.9569	
p-value	< 0.05	

4. อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า พบว่าอยู่ที่ระดับคุณภาพมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าชุดฝึกที่สร้างขึ้นนี้ ได้ทำการทดสอบการทำงานและผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ซึ่งได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

ของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำมาทดลองใช้จริง โดยมีเนื้อหาสาระครบถ้วน มีความกระชับและชัดเจน อีกทั้งผู้เรียนยังได้รับคำแนะนำวิธีการเรียนรู้จากผู้สอน ทำให้สามารถเรียนรู้ด้วยความเข้าใจถูกต้องตามขั้นตอน และนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า พบว่าคะแนนทดสอบระหว่างเรียนค่อนข้างสูง คิดเป็นร้อยละ 85 ของคะแนนเต็ม เพราะอาจารย์ผู้สอนได้อธิบายและสาธิตวิธีการใช้ชุดฝึกให้กับผู้เรียนจนเกิดความเข้าใจก่อนเข้าปฏิบัติการทดสอบจริง ทั้งนี้คะแนนทดสอบหลังเรียนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าคะแนนทดสอบระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ 93 ของคะแนนเต็ม โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.43 แสดงให้เห็นว่าคะแนนของผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย กล่าวคือมีความสม่ำเสมอในการเรียนรู้ที่ดี เพราะหลังจากการทดสอบระหว่างเรียนแล้ว อาจารย์ผู้สอนได้อธิบายถึงข้อผิดพลาดและคะแนนที่หักไปตัวอย่างเช่น การเลือกใช้สีของสายไฟในการต่อวงจรนิว



แมตริกส์ไฟฟ้าให้ถูกต้องหรือวิธีการถอดสายลมออกจากข้อต่อวาล์วที่ถูกต้องเพื่อไม่ทำให้วาล์วเกิดการชำรุดเสียหาย รวมถึงการต่อวงจรไฟฟ้าจะต้องปิดแหล่งจ่ายไฟหรือเพาเวอร์สวิตช์พลาญก่อนทุกครั้ง ซึ่งเป็นพื้นฐานความปลอดภัยในการทำงาน เป็นต้น ทำให้ผู้เรียนจดจำและเกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาดต่างๆ ส่งผลให้ผู้เรียนมีคะแนนทดสอบปฏิบัติหลังการเรียนเพิ่มขึ้น

3. ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดฝึกพีแอลซีด้วยระบบสมองกลฝังตัวอาดูโนสำหรับควบคุมอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด โดยผลการประเมินความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การเรียนด้วยชุดฝึกในลักษณะนี้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียน (ค่าเฉลี่ย 4.80 S.D. = 0.42) เนื่องจากโปรแกรม Open PLC Editor สามารถจำลองการทำงานวงจรแลดเดอร์ได้ ทำให้เห็นภาพการทำงานของภาคอินพุตและภาคเอาพุตของวงจรแลดเดอร์และการที่นักศึกษาสามารถส่งการทำงานของอุปกรณ์ นิวแมติกส์ไฟฟ้าด้วยโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ผ่านสวิตช์แบบออนไลน์ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk IoT ยังช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนการสอน อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถศึกษาเอกสารที่ใช้เป็นสื่อประกอบการสอนที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับหัวข้อและใบงานแบบทดสอบก่อนเข้าเรียนได้เป็นอย่างดี

4. แบบประเมินที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) เนื่องจากผู้วิจัยเพียงต้องการคำแนะนำและข้อเสนอแนะหรือความคิดเห็นบางส่วนเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดฝึกให้ดีขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้หากมีการพัฒนาชุดฝึกครั้งถัดไปและกำหนดตัวชี้วัด

สมรรถนะที่ชัดเจน จึงควรที่จะใช้ (IOC) มาวิเคราะห์แบบประเมินเพื่อความถูกต้องสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการวัดผลซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของแบบประเมินหรือแบบทดสอบต่อไป

5. ช่องว่างงานวิจัย (Research Gap) ในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า (1) กลุ่มตัวอย่างเป็นเพียงนักศึกษาระดับปวส. ช่างกลโรงงาน เท่านั้น ซึ่งควรทดสอบกับนักศึกษาระดับ ป.ตรี กลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อศึกษาประสิทธิภาพชุดฝึกฯ ตามสายวิชาชีพและขยายผลไปยังบุคลากรภาคอุตสาหกรรม (2) ระบบปัจจุบันใช้การควบคุมวงจรระบบอกลม 1-2 ตัว โดยใช้ Arduino Nano, ESP8266 และ Ladder อย่างง่าย ยังไม่ครอบคลุมเทคโนโลยีขนาดใหญ่ เช่น PLC หรือระบบสื่อสารอุตสาหกรรม IoT ขั้นสูง

6. ข้อเสนอแนะเชิงพัฒนาเพื่อการวิจัยในอนาคตมีดังนี้

6.1 พัฒนาคู่มือและสื่อการสอนแบบดิจิทัล เช่น วิดีโอสาริต, คู่มือออนไลน์, หรือแบบฝึกหัดอินเทอร์แอคทีฟ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองทั้งก่อนและหลังเรียนได้สะดวกยิ่งขึ้น ลดการพึ่งพาครูผู้สอนและส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Blended Learning

6.2 ขยายความสามารถของชุดทดลองให้รองรับระบบควบคุมที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น โดยพัฒนาให้ชุดฝึกรองรับการควบคุมอุปกรณ์หลายชนิดพร้อมกัน เช่น เซนเซอร์ตรวจจับ, มอเตอร์ไฟฟ้า, หรือแขนกลอุตสาหกรรม รวมถึงรองรับการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบลำดับเหตุการณ์ (Sequence Control) ที่ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อฝึกให้นักศึกษามีทักษะใกล้เคียงกับงานในโรงงานจริง



6.3 เชื่อมต่อระบบกับเทคโนโลยี IoT และระบบเฝ้าระวังระยะไกล โดยเพิ่มฟังก์ชันการควบคุมและติดตามผลแบบออนไลน์ (Remote Monitoring) ผ่านเว็บหรือแอปพลิเคชันเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถดูสถานะและสั่งการระบบระยะไกลได้จริง นำไปสู่การเรียนรู้แนวคิดของ Smart Factory และอุตสาหกรรม 4.0 ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ขอขอบคุณคณาจารย์โปรแกรมวิชาช่างกลโรงงานและสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ให้คำปรึกษาตลอดจนสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A.S. Ismailov and Z.B. Jo'Rayev, Study of arduino microcontroller board, Science and Education, 2022, 3(3), 172-179.
- [2] R. Escobar and C.A. Pérez Herrera, Low-cost USB interface for operant research using Arduino and Visual Basic, Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 2015, 103(2), 427-435.
- [3] H. Zheng, J. Duan, Y. Dong and Y. Liu, Real-time fire detection algorithms running on small embedded devices based on MobileNetV3 and YOLOv4, Fire Ecology, 2023, 19, 31.
- [4] <https://www.arduino.cc/en/hardware#nano-family>. (Accessed on 25 March 2025)
- [5] A. Al Fahim, M.M. Rahman, M.W. Hridoy and K.R. Uddin, Development of a PLC based automation cell for industry, Journal of Integrated and Advanced Engineering, 2023, 3(2), 87-100.
- [6] S. Niauronis, OPENPLC hardware speed performance comparison, Professional Studies: Theory and Practice, 2023, 27(1), 65-71.
- [7] P.C. Varma and G. Venkateswarlu, Automatic pneumatic power based object sorting system by using MITSUBISHI PLC, Journal of Science and Technology, 2015, 9, 91-97.
- [8] K. Meshram, R. Mekhe, Y. Meshram, A. Meshram and Y. Narule, Home automation using arduino, International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 2022, 10(12), 948-951.
- [9] J. Walker, T. Zidek, C. Harbel, S. Yoon, F.S. Strickland, S. Kumar and M. Shin, Soft robotics: A review of recent developments of pneumatic soft actuators, Actuators, 2020, 9(1), 3.
- [10] M.L. Dezaki, S. Hatami, A. Zolfagharian and M. Bodaghi, A pneumatic conveyor robot for color detection and sorting, Cognitive Robotics, 2022, 2, 60-72.

- [11] S. Sukamolson, Various Methods to Find Content Validity of a Quantitative Research Tool and How to Choose the Appropriate Ones, Pasaa Paritat Journal, 2024, 39(1), 75-102. (in Thai)
- [12] T. Chagpad and S.Duangbubpha, Development of Online Learning Material to Promote Decision-Making Ability in Morphine Administration in Clinical Simulation among the Third Year Nursing Students, Journal of Health and Nursing Education, 2023, 29(3), 1-18. (in Thai)