

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุม หุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ

The Development of Laboratory Exercises for The Fundamentals of Microcontroller Programming and Basic Robotics Control for Students in Academic Collaboration Programs

สิริพร อังโสภา¹, กิตติ จุ้ยกำจร^{1*}, ธงชาติ พิกุลทอง¹, และ วิภาส วิกรมสกุลวงศ์¹

Siriporn Angsopa¹, Kitti Juikumjorn^{1*}, Tongchart Pikoolthong¹, and Wipas Vigromsakulwong¹

(วันรับบทความ : 29 เมษายน 2567/วันแก้ไขบทความ : 1 มิถุนายน 2567/วันตอบรับบทความ : 11 มิถุนายน 2024)

(Received Date : April 29, 2024, Revised Date : June 1, 2024, Accepted Date : June 11, 2024)

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานช่างอุตสาหกรรมรายวิชาพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น เป็นรายวิชาที่มุ่งเน้นให้ความรู้ด้านกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรม การต่อวงจร และการต่อยอดสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ จำนวน 25 คน โดยวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น แบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกปฏิบัติการ แบบประเมินผลการทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติของผู้เรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที่ ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.52) ประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการเท่ากับ 86.70/88.40 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดมากกว่าหรือเท่ากับ 85/85 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นมีค่าทดสอบที่เท่ากับ 6.1047 เทียบกับค่าวิกฤตจากตารางเท่ากับ 1.7109 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แบบทางเดียว และระดับความพึงพอใจของผู้เรียนในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.45, S.D. = 0.58) สรุปได้ว่าชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

คำสำคัญ : ชุดฝึกปฏิบัติการ, ไมโครคอนโทรลเลอร์, พื้นฐานการเขียนโปรแกรม

¹ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

¹ Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110 Thailand

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล: kitti_j@rmutt.ac.th

* Corresponding author e-mail: kitti_j@rmutt.ac.th

Abstract

Management of supplementary industrial engineering basic course in basic microcontroller programming and basic robotics control, focusing on systematic thinking processes, programming skills development, circuit design, and advancing to robotics development. This research aims to: 1) develop supplementary programming fundamentals laboratory exercises for students in academic collaboration programs between Rajamangala University of Technology Thanyaburi and networked schools; 2) assess the effectiveness of the developed supplementary programming fundamentals laboratory exercises; and 3) examine the satisfaction level of students after studying with the developed supplementary programming fundamentals laboratory exercises. The research sample consisted of 25 sixth-grade high school students participating in the academic collaboration program, selected through purposive sampling. The research instruments included the developed laboratory exercises, an appropriateness evaluation form, a pretest and posttest evaluation form, and a student satisfaction questionnaire. Data analysis involved means, standard deviations, and hypothesis testing (t-test). The research findings indicate that the developed supplementary laboratory exercises are highly appropriate ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.52), with an effectiveness score of 86.70/88.40, exceeding the criterion of 85/85. Students' learning outcomes showed a statistically significant improvement (t-test = 6.1047, critical value = 1.7109, $p < 0.05$, one-tailed), and overall student satisfaction was high ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.58). In conclusion, the developed supplementary laboratory exercises are suitable, effective, enhance students' learning outcomes, and contribute to student satisfaction, making them applicable for educational management.

Keyword : Laboratory Exercises, Microcontroller, Basic Programming

บทนำ

การพัฒนาประเทศสู่การเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจและสังคม รัฐบาลกำหนดหมุดหมายด้านการพัฒนากำลังคนสมรรถนะสูง มุ่งเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ตอบโจทย์การพัฒนาแห่งอนาคต หลังจากเผชิญปัญหาการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสาม พ.ศ. 2566 – 2570 กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายการพัฒนาการพัฒนากำลังคนสำหรับโลกยุคใหม่ มุ่งพัฒนาให้คนไทยมีทักษะและคุณลักษณะที่เหมาะสมกับโลกยุคใหม่ ทั้งทักษะในด้านความรู้ ทักษะทางพฤติกรรม และคุณลักษณะตามบรรทัดฐานที่ดีของสังคม และเร่งรัดการเตรียมความพร้อมกำลังคนให้มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน (Office of the National Economic and Social Development Council, 2023) แต่ในช่วงที่ผ่านมาการผลิตแรงงานให้มีสมรรถนะสอดคล้องตามความต้องการของตลาดแรงงานพบว่าแรงงานไทยทั้งที่เป็นแรงงานฝีมือและแรงงานกึ่งฝีมือยังมีทักษะต่ำกว่าความคาดหวังของผู้ประกอบการทั้งทักษะความสามารถเฉพาะในวิชาชีพ และทักษะทางสังคม ดังนั้นการพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะสูงตามความต้องการของประเทศ ทุกภาคส่วนต้องร่วมกันพัฒนาในองคร่วม ทั้งภาครัฐทำหน้าที่กำหนดแผนและนโยบายการพัฒนากำลังคนระดับชาติ ภาคประกอบการกำหนดความต้องการสมรรถนะที่จำเป็นและให้การสนับสนุน ภาคการศึกษาวิเคราะห์ความต้องการและดำเนินการพัฒนากำลังคนให้สอดคล้องตามความต้องการของภาคประกอบการ สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 กำหนดเป้าหมายด้านผู้เรียน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs 8Cs) และเป้าหมายของการจัดการศึกษาที่ตอบสนองและก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เป็นพลวัตและบริบทที่เปลี่ยนแปลงให้มีระบบการศึกษาที่มีคุณภาพและมาตรฐานพัฒนาทักษะคุณลักษณะและสมรรถนะในการทำงานของกำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดงาน สังคมและประเทศ กำหนดแนวทางการพัฒนาส่งเสริมการผลิตและพัฒนากำลังคนที่มีความเชี่ยวชาญและเป็นเลิศเฉพาะด้าน ปรับระบบการศึกษาให้มีความเชื่อมโยงและยืดหยุ่น เพื่อให้ผู้เรียนทั้งสายสามัญและสายอาชีพสามารถเข้าเรียนได้พัฒนาประสิทธิภาพ

ของระบบบริหารจัดการศึกษา ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา พัฒนาระบบและกลไกการบริหารจัดการเครือข่าย เพื่อให้เกิดความร่วมมือและสร้างเครือข่ายทุกภาคส่วนอย่างมีประสิทธิภาพ (Office of the Education Concil, 2017) ภาพรวมของการพัฒนากำลังคนและการพัฒนาการศึกษาจึงสรุปได้ว่าต้องเกิดจากความร่วมมือของทุกภาคส่วน กำหนดทิศทางการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกัน และพัฒนาการทำงานเป็นเครือข่ายความร่วมมือสู่การดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะสูง จำเป็นต้องพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือ และพัฒนาร่วมกันอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับอาชีวศึกษา และระดับอุดมศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายและเข้าใจเส้นทางของการศึกษาเพื่อการประกอบอาชีพได้อย่างชัดเจน จากเอกสารแนวทางการจัดการศึกษา การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ กล่าวถึงบทบาทสถานศึกษาให้มีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับองค์กรในท้องถิ่น รวมทั้งการทาบ้นที่ความร่วมมือกับสถานประกอบการ ให้มีการเปิดโปรแกรมการเรียน และเป็นสถานที่ฝึกประสบการณ์สร้างสมรรถนะตามสาขาอาชีพ โดยความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาต่อทั้งอาชีวศึกษา และอุดมศึกษา กำหนดชื่อวิชา และสาระสำคัญรายวิชาในวิชาเพิ่มเติม และชื่อวิชาในกลุ่มสาระการงานและอาชีพที่เป็นพื้นฐานการเข้าศึกษาต่อแบบโควตา (Office of the Administration Upper high school., 2015) สอดคล้องกับการดำเนินการของบัณฑิตวิทยาลัยความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีกับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 และ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ปทุมธานี เขต 2 กำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อร่วมมือกันจัดการศึกษาในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามธรรมชาติอย่างเต็มศักยภาพ มีความรู้ และทักษะด้านวิชาการ ด้านวิชาชีพ และมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ตามจุดหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภายใต้ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ นวัตกรรมและเทคโนโลยีในระดับสากลบนพื้นฐานของความเป็นไทย การดำเนินการในโครงการจัดการเรียนรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานช่างอุตสาหกรรมให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในโครงการความร่วมมือ จำนวน 5 โรงเรียน เป็นรายวิชาที่พัฒนาขึ้นโดยบูรณาการระหว่างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กับรายวิชาของหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี การดำเนินโครงการตามบัณฑิตวิทยาลัยความร่วมมือทางวิชาการดังกล่าวเป็นการดำเนินงานตามนโยบายตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 เป็นการเตรียมความพร้อมการพัฒนากำลังคนสมรรถนะสูงสอดคล้องตามความต้องการของตลาดงาน

จากความเป็นมาดังกล่าวข้างต้นการจัดการเรียนรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานช่างอุตสาหกรรมแต่ละรายวิชาเกิดจากประชุมวิเคราะห์ความต้องการของโรงเรียนเครือข่ายในโครงการตามบัณฑิตวิทยาลัยความร่วมมือทางวิชาการ โดยจากการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่โลกดิจิทัล การใช้ชีวิตประจำวันมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่ทำงานเป็นระบบอัตโนมัติผ่านการควบคุมจากสมองกลอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ความรู้และทักษะด้านการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ด้วยระบบสมองกลจึงเป็นความต้องการในการศึกษาเพื่อพัฒนาต่อยอดสู่การศึกษาในระดับที่สูงขึ้นต่อไป สอดคล้องกับ (Chobyai, 2016) ดำเนินการวิเคราะห์ผลจากการใช้หลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรม ดังนั้นหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงออกแบบหลักสูตรรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานตามความต้องการของโรงเรียนเครือข่ายเป็นการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น เพื่อให้มีความรู้ด้านกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรม การต่อวงจร การต่อยอดสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ และเป็นพื้นฐานสู่การพัฒนาตนเองเข้าสู่สาขาวิชาชีพหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ ตามมาตรฐานอาชีพระดับชาติต่อไป ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ เพื่อหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาความพึงพอใจหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ และต่อยอดสู่การพัฒนาผู้เรียนตามนโยบายของชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น

สมมติฐานของการวิจัย

1. การหาประสิทธิภาพ

ชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นด้วยการประเมินผลการทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติของผู้เรียนระหว่างเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับผลการทดสอบหลังเรียนครบทุกสัปดาห์ โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 85/85 เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านทักษะที่ใช้เวลาการเปลี่ยนแปลงไม่นาน

2. การศึกษาผลสัมฤทธิ์

ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นด้วยการเปรียบเทียบผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ตามแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว สอบก่อน สอบหลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. การศึกษาความพึงพอใจ

ผู้เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- a. ประชากร

ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ในโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ ปีการศึกษา 2566 จำนวน 115 คน จาก 5 โรงเรียน

- b. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ในโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ ที่เรียนรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น ภาคการศึกษาที่ 1/2566 จำนวน 25 คน โดยวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยครูโรงเรียนเครือข่ายที่ดูแลนักเรียนเป็นผู้คัดเลือก โรงเรียนละ 5 คน จาก 5 โรงเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- a. ชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น

- b. แบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ
- c. แบบประเมินผลการทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติของผู้เรียน ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น
- d. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ

ได้แก่ 1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน 2) ศึกษาความต้องการเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือต้องการ และ 3) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ

2. พัฒนา

ชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น ประกอบด้วยอุปกรณ์การทดลอง เอกสารประกอบการเรียนรู้ แบบประเมินและแบบทดสอบ โดยวิเคราะห์และอ้างอิงจากรายวิชาการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ประชุมร่วมกับผู้บริหารสถานศึกษา และครูผู้สอนในโรงเรียนเครือข่าย พัฒนาปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

3. ประเมินความเหมาะสม

ชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

4. ทดลองใช้

ชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นกับกลุ่มตัวอย่าง

5. เก็บรวบรวมข้อมูล

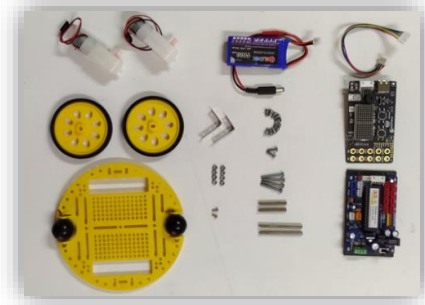
ประกอบด้วยผลการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน และผลการประเมินความพึงพอใจของการเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนการออกแบบ

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับโรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์สำหรับการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น

ประกอบด้วย แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์คิทไบร์ท (KidBright) และ อาร์ดูโน (Arduino) รวมทั้งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตต่างและอุปกรณ์ประกอบหุ่นยนต์ ต่าง ๆ ได้แก่ หลอดแอลอีดี ตัวต้านทานปรับค่าได้ สวิตช์ ลำโพง เซนเซอร์วัดแสง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์อินฟราเรด มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เซอร์โวมอเตอร์ วงจรขับมอเตอร์ สายต่อวงจร แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่ ฐานหุ่นยนต์ ล้อขับเคลื่อน น็อต สกรู และเครื่องมือสำหรับประกอบหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 1



2. เอกสารประกอบการเรียนรู้

[illegible][illegible]



ใบประเมินที่ 9 การประเมินโปรแกรมควบคุมคุณภาพระดับนานาชาติ
โดยคณะกรรมการวิชาชีพในฐานะภาคีในการประเมินภายใต้ระบบการประกัน
คุณภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษา

ชื่อหน่วยงาน
 สาขา

วันที่ประเมิน

จุดประเมิน	ประสิทธิผล	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1. มีหลักสูตรที่สอดคล้องกับสมรรถนะวิชาชีพ		
2. มีระบบนิเทศภายในในการจัดการสอน		
3. ผลการทำตามข้อกำหนดในการควบคุม		
4. การบันทึกผลผู้ติดตาม		
5. ประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยผู้ติดตาม		
6. เอกสารที่เป็นใบประเมินจากผู้ติดตาม		
7. ความปลอดภัยในการทำการงาน		

เกณฑ์การให้คะแนน

• ประสิทธิภาพที่ 7	5-6	3-4	1-2
• ประสิทธิภาพที่ 5-6	3-4	1-2	
• ประสิทธิภาพที่ 3-4	1-2		
• ประสิทธิภาพที่ 1-2			

ประเมินผลจากปฏิวิธิการ	คะแนน				หมายเหตุ
	10	7	3	1	
ผลการประเมิน ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน เพราะ					ให้คำ.....บาท

ลงชื่อ
 (.....)
 ผู้ประเมิน

รูปที่ 2 ตัวอย่างเอกสารประกอบการเรียนรู้

ตารางที่ 1 กำหนดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ

ลำดับที่	เนื้อหาสาระ	หมายเหตุ
1	ความรู้พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น	4 ชั่วโมง
2	การเขียนโปรแกรมควบคุมเอาต์พุตดิจิทัล	4 ชั่วโมง
3	การเขียนโปรแกรมควบคุมอินพุตดิจิทัล	4 ชั่วโมง
4	การเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์แอนะล็อก	4 ชั่วโมง
5	การเขียนโปรแกรมรับค่าจากเซนเซอร์ชนิดต่างๆ	4 ชั่วโมง
6	การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	4 ชั่วโมง
7	การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4 ชั่วโมง
8	การเขียนโปรแกรมควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์	4 ชั่วโมง
9	การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เดินตามเส้น	4 ชั่วโมง
10	การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Text Mode	4 ชั่วโมง
11	การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Text Mode	4 ชั่วโมง
12	การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์	4 ชั่วโมง

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินความเหมาะสม

ของชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้สอนในรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการจำนวน 6 คน มีผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น

รายการประเมิน	χ ²	S.D.	ระดับความเหมาะสม
วัตถุประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ที่ต้องการ	4.50	0.55	มากที่สุด
วัตถุประสงค์การเรียนรู้สามารถวัดและประเมินได้	4.50	0.55	มากที่สุด
เนื้อหามีความเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้ที่ต้องการ	4.33	0.52	มาก
เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.33	0.52	มาก
เนื้อหาเรียงลำดับจากง่ายไปยาก	4.50	0.55	มากที่สุด
กิจกรรมการฝึกปฏิบัติส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้	4.50	0.55	มากที่สุด
กิจกรรมการฝึกปฏิบัติสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่คาดหวัง	4.50	0.55	มากที่สุด
เอกสารประกอบการเรียนรู้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.67	0.52	มากที่สุด
เอกสารประกอบการเรียนรู้ใช้ภาษาอย่างเหมาะสม	4.17	0.41	มาก
เอกสารประกอบการเรียนรู้ครอบคลุมเนื้อหาอย่างเหมาะสม	4.67	0.52	มากที่สุด
แบบประเมินสอดคล้องตามวัตถุประสงค์	4.83	0.41	มากที่สุด
แบบประเมินสามารถสะท้อนผลการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน	4.50	0.55	มากที่สุด
อุปกรณ์การทดลองสอดคล้องตามวัตถุประสงค์	4.50	0.55	มากที่สุด
อุปกรณ์การทดลองเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.67	0.52	มากที่สุด
อุปกรณ์สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่คาดหวัง	4.67	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.52	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้สอนในรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น พบว่าภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.52) และเมื่อพิจารณารายหัวข้อพบว่าความเหมาะสมของแบบประเมินที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.83$, S.D. = 0.41) เอกสารประกอบการเรียนรู้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และเอกสารประกอบการเรียนรู้ครอบคลุมเนื้อหาอย่างเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.52) ตามลำดับ

2. ผลการทดลอง

ใช้ชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น มีดังนี้

a. ผลการหาประสิทธิภาพ

ของชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 85/85 โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของการประเมินผลระหว่างเรียนเปรียบเทียบกับคะแนนการทดสอบหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น

การประเมินผล	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
ระหว่างเรียน	25	120	104.04	86.70
หลังเรียน	25	30	26.52	88.40

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.70/88.40 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดมากกว่าหรือเท่ากับ 85/85

b. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ด้วยการนำผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันโดยใช้การทดสอบที (t-test) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ

แบบทดสอบ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ $\bar{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	t
ก่อนเรียน	25	30	22.32	74.40	3.20	6.1047*
หลังเรียน	25	30	26.52	88.40	2.12	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการทำแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน คะแนนเต็มก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 30 คะแนน คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 22.32 คิดเป็นร้อยละ 74.40 มีค่าเฉลี่ยสูงเนื่องจากนักเรียนมีพื้นฐานการเรียนรู้วิชาวิทยาการคำนวณจากโรงเรียน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 26.52 คิดเป็นร้อยละ 88.40 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทำแบบทดสอบหลังเรียนน้อยกว่าก่อนเรียน และมีค่าทดสอบทีเท่ากับ 6.1047

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ

ที่	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	เนื้อหา มีความเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน	4.52	0.59	มากที่สุด
2	เนื้อหา ตรงกับความสนใจของนักเรียน	4.48	0.51	มาก
3	เนื้อหา เรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก	4.44	0.51	มาก
4	การจัดเนื้อหา มีความเหมาะสมกับเวลา	4.40	0.58	มาก
5	อุปกรณ์ประกอบการฝึกปฏิบัติ มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.48	0.51	มาก
6	อุปกรณ์ สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย	4.28	0.61	มาก
7	อุปกรณ์ มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน	4.56	0.65	มากที่สุด
8	นักเรียนมีส่วนร่วมในการฝึกปฏิบัติร่วมกัน	4.24	0.66	มาก
9	นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างฝึกปฏิบัติ	4.56	0.58	มากที่สุด
10	กิจกรรมการฝึกปฏิบัติ มีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม	4.52	0.59	มากที่สุด
11	การประเมินผลการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับนักเรียน	4.56	0.58	มากที่สุด
12	การประเมินผลการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.32	0.56	มาก
13	นักเรียนพึงพอใจกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ	4.48	0.65	มาก
เฉลี่ยรวม		4.45	0.58	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.58) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ หัวข้อนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างฝึกปฏิบัติ และหัวข้อการประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.58) หัวข้ออุปกรณ์มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.65) หัวข้อเนื้อหา มีความเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน และหัวข้อกิจกรรมการฝึกปฏิบัติมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.59) ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ เพื่อพัฒนาความรู้ด้านกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรม การต่อวงจร และการต่อยอดสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต อุปกรณ์ประกอบหุ่นยนต์ ใบความรู้ ใบงานการทดลอง ใบงาน และแบบประเมินผลการเรียนรู้ วิเคราะห์เนื้อหาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและความต้องการจัดการเรียนรู้จากผู้บริหาร และครูโรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ พัฒนาขึ้นเป็นชุดฝึกปฏิบัติการ นำชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงว่าชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น

สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ (Wangworawong et al., 2024) กล่าวว่าชุดฝึกปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมพีแอลซี และเอกสารประกอบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ และทักษะการปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมระบบนิวเมติกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการอย่างเหมาะสมสามารถสร้างความน่าเชื่อถือการยอมรับของผู้เรียน และสร้างความน่าสนใจให้กับผู้เรียน สอดคล้องกับ (Sanan-aue, 2019) กล่าวว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบโครงสร้าง และมีแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานสนับสนุนที่เหมาะสม รวมทั้งมีผลการทดลองใช้มีคุณภาพในระดับที่ยอมรับได้ การที่ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้เนื่องมาจาก องค์ประกอบโครงสร้างรูปแบบที่มีความเหมาะสม น่าเชื่อถือและยอมรับได้

2. ประสิทธิภาพ

ของชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์ เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น จากการประเมินผลคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนจำนวน 12 ครั้ง ครั้งละ 10 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 120 คะแนน คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินเท่ากับ 104.04 คิดเป็นร้อยละ 86.70 เปรียบเทียบกับคะแนนการทดสอบหลังเรียน คะแนนเต็ม 30 คะแนน คะแนนเฉลี่ยจากผลการทดสอบเท่ากับ 26.52 คิดเป็นร้อยละ 88.40 สรุปว่าชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.70/88.40 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดมากกว่าหรือเท่ากับ 85/85 เนื่องจากการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการ ออกแบบบนพื้นฐานของการเลือกวัสดุที่ใช้งานได้ง่าย เหมาะสมกับวัยของนักเรียน การเรียงลำดับเนื้อหาของการฝึกจากเนื้อหาที่ง่ายสู่เนื้อหาที่ยาก รวมทั้งการพัฒนาเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติการ มีขั้นตอนการฝึกปฏิบัติอย่างละเอียดชัดเจน จึงสามารถนำชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ในโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ (Phumphongkhochasorn et al., 2022) กล่าวว่าประสิทธิภาพของการพัฒนารูปแบบการสอนเรื่องการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับธุรกิจโดยใช้เทคโนโลยีโปรแกรม Class start ผสมผสานกับรูปแบบการเรียนแบบปกติ ในรายวิชาระบบคอมพิวเตอร์สำหรับธุรกิจ สำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 3 สาขาบริหารธุรกิจ คณะการบริหารและจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 86.25/88.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับ (Tongpasit, 2018) กล่าวว่าชุดการสอนการอนุรักษ์พลังงาน เรื่องการเตรียมและการผลิตลมอัด ที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพตัวแรกเฉลี่ยร้อยละ 80.59 และค่าประสิทธิภาพตัวหลังเฉลี่ยร้อยละ 80.15 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 กล่าวได้ว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้สอนนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี และจากการทดลองใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นรวมทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการนำผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันโดยใช้การทดสอบที (t-test) พบว่าค่าที่เท่ากับ 6.1047 เทียบกับค่าวิกฤตจากตารางเท่ากับ 1.7109 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แบบหางเดียว ค่าองศาอิสระเท่ากับ 24 สามารถอภิปรายได้ว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สอดคล้องกับ (Kaikaew, 2023) กล่าวว่าความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยสัญญาณแอนะล็อกและดิจิทัล ก่อนเรียนมีคะแนนเท่ากับ 12.71 และหลังเรียนมีคะแนนเท่ากับ 24.71 แสดงว่าความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยชุดฝึกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาจเป็นเพราะชุดฝึกทักษะได้จัดทำอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

3. การศึกษาความพึงพอใจ

ของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างฝึกปฏิบัติ การประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน อุปกรณ์มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน เนื้อหามีความเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน และกิจกรรมการฝึกปฏิบัติมีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่าความพึงพอใจของผู้เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นภาพรวมอยู่ในระดับมาก เหมาะสมกับระดับและความสามารถของผู้เรียน สอดคล้องกับ (Chotipun et al., 2022) กล่าวว่าความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองสายพานลำเลียงควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์ร่วมกับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยเอกสารประกอบการสอนดังกล่าวอยู่ในระดับมาก และสามารถอธิบายได้ว่าการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการโดยผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญทำให้ชุดฝึกปฏิบัติการมีประสิทธิภาพทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ สอดคล้องกับ (Boontham, 2022) กล่าวว่า การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอน โดยภาพรวมมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ระดับมากที่สุด ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามความสามารถของตนเอง พัฒนาทักษะด้านดิจิทัล และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำแนวทางการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น ในการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการรายวิชาสอนเสริมพื้นฐานช่างอุตสาหกรรมอื่น ๆ สำหรับนักเรียนในโครงการความร่วมมือทางวิชาการ ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กับ โรงเรียนเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ
2. ควรศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อการต่อยอดสู่การประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาหรือในการประกอบอาชีพ

เอกสารอ้างอิง

- Boontham, T. (2022). A Development of Auto-Mechanic Precision Measurements Job Instructional Package Subject Code 20101-2009 by Prctical Teaching Technique for Certificate Level Curriculum, Be.2019 Of Vocational Education Commission. *Vocational Education Innovation and Research Journal*, 6(1), 104-114. [in Thai]
- Chobyai, N. (2016). *A Development of a Training Curriculum on The Topic, Robot Control Programming, for Lower Secondary School Students* [master's thesis, Thepsatri Rajabhat University]. ThaiLIS. https://tdc.thailis.or.th/tdc/search_result.php. [in Thai]
- Chotipun, K., Sureeyaphan, M., Chaisit, I., Chunden, J., & Pharathong, W. (2022). The Development and Efficiency Evaluation of an Experimental Set of Conveyor Belts Using an Inverter Combined with a Programmable Controller. *Institute of Vocational Southern Region 1 Journal*, 7(1), 125-130. [in Thai]
- Kaikaew, E. (2023). The Development of Training Package on Control Programming using Analog and to Digital Signals. *Journal of Technical and Engineering Education*, 14(2), 30-48. [in Thai]
- Office of the Administration Upper high school. (2015). *Approaches for organizing learning skills in the 21st century that emphasize professional competency*. [in Thai]
- Office of the Education Concil. (2017). *The National Education Plan B.E. 2560-2579 (2017-2036)*. [in Thai]

- Office of the National Economic and Social Development Council. (2023). *The Thirteenth National Economic and Social Development Plan (2023-2027)*. [in Thai]
- Phumphongkhochasorn, P., Rungruang, S., Sintae, S., Rujirakan, P., Oui-panich, T., Prakaikiat, A., Meecharoen, S., & Wang Ngoen, P. (2022). Development of a Computer-Based Teaching Model for Business Using Class StartTechnology Combibed with Regular Classroom Learning in Computer Systems for Facculty of Administration and Management, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. *Journal of Modern Learning Development*, 8(2), 282-293. [in Thai]
- Sanan-aue, S. (2019). The Development of Learning Activity Kit in Psychomotor Domains Related to Listening, Speaking, Reading, Writing Thai Language of the 4th Grade Primary Level Students of Wat Nuea Municipality School, Roi Et Province. *Journal of Educational Technology and Communications Facutyl of Education Mahasarakham University*, 2(6), 45-57. [in Thai]
- Tongpasit, C., Seingchin, S., Triwong, P., Sangsuriya, S., & Tongpasit, W. (2018). The Development and Efficiency Evaluation of the Instructional Module on Energy Conservation Focusing on Preparation and Production of Compressed Air Topic. *Journal of Technical Education Development*, 30(105), 130-136. [in Thai]
- Wangworawong, W., Suwannasri, W., Binawaekachaeh, A., Janthontapo, U., Jeenupong, N., & Deewanichsakul, S. (2024). The Development of Practical Set for PLC Programming to Control a Pneumatic System. *Journal of Technical and Engineering Education*, 15(1), 49-58. [in Thai]

การอ้างอิงบทความนี้

- APA Angsopa, S., Juikumjorn, K., Pikoolthong, T. & Vigromsakulwong, W. (2024). The Development of Laboratory Exercises for The Fundamentals of Microcontroller Programming and Basic Robotics Control for Students in Academic Collaboration Programs. *Journal of Technical and Engineering Education*, 15(3), 58-69. Thaijo. <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2024.012.06>
- MLA Angsopa, Siriporn, et al. "The Development of Laboratory Exercises for The Fundamentals of Microcontroller Programming and Basic Robotics Control for Students in Academic Collaboration Programs." *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 3, Apr. 2024, pp. 58-69, <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2024.12.06>. Thaijo.
- ISO690 S. Angsopa, K. Juikumjorn, T. Pikoolthong & W. Vigromsakulwong "The Development of Laboratory Exercises for The Fundamentals of Microcontroller Programming and Basic Robotics Control for Students in Academic Collaboration Programs," *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 3, pp. 58-69, Dec. 2024, doi: <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2024.12.06>.