



การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อ
ส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

นางสาวกรรณิกา ทองใส

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อ
ส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

The seal of Rajabhat Nakhon Phanom University is a circular emblem. It features a central five-tiered stupa (Phra Prang) flanked by two smaller stupa-like structures. Above the central stupa is a sunburst or flame-like motif. The entire design is enclosed within a circular border containing the university's name in Thai script: "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ" (Mahavithayalai Technonoiyai Phra Chomklao Phra Nakhon Nuea).

นางสาวกรรณิกา ทองใส

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาประติษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

โดย นางสาวกรรณิกา ทองใส

ได้รับอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

คณบดีคณะครุศาสตรบัณฑิต

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรถทิมากุล)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย หอวิมานพร)

ชื่อ : นางสาวกรรณิกา ทองใส
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียน
โปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การเขียนโปรแกรมมีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะในสาขาอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การพัฒนาระบบอัตโนมัติและไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามวิธีการสอน เช่น การใช้สไลด์ อาจทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ยาก บางครั้งนักเรียนไม่กล้าถามคำถามหรือการถามตอบอาจทำให้การสอนล่าช้า ส่งผลให้การเรียนรู้ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นสารนิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อศึกษาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการเรียนการสอนแบบร่วมมือในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และเพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อการสนับสนุนการเรียนรู้ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ วิธีการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) กลุ่มทดลอง คือ ผู้เรียน สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 คน กลุ่มควบคุม คือ ผู้เรียนสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 คน จากวิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียน ผู้เรียนที่เรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา กลุ่มทดลองมีคะแนน ความรู้หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ <0.05 และการเรียนการสอนแบบร่วมมือในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ <0.05 และผู้เรียนมีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อพัฒนาการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อยู่ในระดับมาก

(มีจำนวนทั้งสิ้น 138 หน้า)

คำสำคัญ : ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง, การเรียนรู้แบบร่วมมือ, ทักษะการเขียนโปรแกรม
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Miss Kannika Thongsai
Independent Study Title : Development of a Cooperative Generative AI
Learning Model to Enhance Vocational Students'
Programming Skill
Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Independent Study Advisor : Associate Professor Dr. Santi Hutamarn
Academic Year : 2024

ABSTRACT

Programming is crucial in today's world, especially in electronics, such as automation and microcontroller development, which are fundamental to industrial work. However, traditional methods like slide-based teaching can hinder student understanding. Some students hesitate to ask questions, and class discussions may delay the lesson, reducing learning effectiveness. This thesis aims to develop a learning model using constructivist AI combined with cooperative learning in a microcontroller course. It explores programming skill development and student acceptance of AI-supported learning. The study used a quasi-experimental design with 17 students in the experimental group and 20 in the control group from Prachinburi Technical College. Results showed that students in the experimental group had significantly higher post-test scores ($p < 0.05$), and cooperative learning enhanced programming skills more effectively. Students also showed a high level of acceptance toward the use of constructivist AI in learning.

(Total 138 Pages)

Keywords: Generative AI, Cooperative Learning, Programming Skills

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ หุตะมาน อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร ชูแก้ว ในการให้ ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำ สารนิพนธ์ด้วยความ เอาใจใส่ ตลอดระยะเวลาของการวิจัย ทั้งในเวลาราชการ ณ คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และนอกเวลาราชการ ณ สมาคมการศึกษา ดิจิทัลและ วิศวกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์เสียสละ เวลา ในการประเมินตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณนายเดชา ทองใส (บิดา) นางรุ่งนภา ทองใส (มารดา) ที่คอยสนับสนุนค่าลงทะเบียนเรียนตลอดหลักสูตร ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ค่าเดินทาง ค่าที่พัก และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษา รวมถึงให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษา และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการทำ สารนิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ทางผู้จัดทำหวังว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

กรรณิกา ทองใส

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	7
2.2 การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)	35
2.3 ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative Artificial Intelligence)	39
2.4 ทักษะการเขียนโปรแกรม (Programming Skills)	41
2.5 การยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance)	42
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง.....	46
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์	
3.2 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ขั้นตอนดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย.....	56
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย.....	60
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง.....	63
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียน อาชีวศึกษา	
4.2 ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียน.....	70
โปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา	
4.3 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง	84
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียน อาชีวศึกษา	
4.4 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	86
กับแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้ รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และแบบ ประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ	
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	93
5.2 อภิปรายผล.....	94
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	95
บรรณานุกรม.....	97
ภาคผนวก ก.....	103
หลักสูตรรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567.....	104
แผนวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้.....	105
ตารางกิจกรรมการจัดการเรียนรู้.....	106
ตารางวิเคราะห์กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้.....	107

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข.....	109
รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินประเมินความสอดคล้อง.....	110
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	111
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินความ.....	116
เข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม ผู้เรียนอาชีวศึกษา	
แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะ.....	124
การเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา	
แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง	129
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา	
แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะ.....	132
การเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา	
ภาคผนวก ค.....	135
ประวัติผู้เขียน.....	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์.....	22
2-2 ตัวกระทำเปรียบเทียบ.....	22
2-3 ตัวกระทำลอจิก.....	23
2-4 ตัวกระทำระดับบิต.....	23
2-5 ตารางตัวแปร.....	24
2-6 แสดงการควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขั้วแบบ H-Bridge แบบใช้สวิตช์.....	27
2-7 ความแตกต่างกันของโมดูล DHT11 และ DHT22.....	31
2-8 แสดงแหล่งดาวน์โหลดไลบรารีสำหรับ DHT11 DHT22.....	32
2-9 แสดงคุณสมบัติของอัลต้าโซนิคแต่ละรุ่น.....	35
2-10 แสดงแหล่งดาวน์โหลดไลบรารีสำหรับอัลต้าโซนิค.....	35
3-1 ตารางการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	48
3-2 ขั้นตอนการสอนการจัดกิจกรรม และรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาประติษฐ์แบบ รู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ	50
3-3 เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้อง.....	54
3-4 มาตรฐาน 5 ระดับ ที่ใช้ในการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียน.....	61
3-5 เกณฑ์การแปลค่าระดับการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียน.....	61
3-6 มาตรฐาน 5 ระดับ ที่ใช้ในการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม.....	61
3-7 เกณฑ์การแปลค่าระดับการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม.....	62
4-1 ผลการประเมินความรู้ก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	68
4-2 ผลการประเมินความรู้หลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	69
4-3 ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	70
4-4 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน.....	71
4-5 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน.....	73
4-6 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน.....	76
4-7 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม หลังเรียน.....	79
4-8 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญหาประติษฐ์แบบรู้สร้างของผู้เรียนกลุ่ม ทดลอง.....	84
4-9 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชา.....	87
ไม่โครคอนโทรลเลอร์	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-10 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน....	89
ก-1 แผนวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้.....	105
ก-2 ตารางกิจกรรมการจัดการเรียนรู้.....	106
ก-3 ตารางวิเคราะห์กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้.....	107



สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2-2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2-3 การติดต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2-4 โครงสร้างแบบ SOIC.....	11
2-5 โครงสร้างแบบ PDIP.....	11
2-6 โครงสร้างแบบ PLCC.....	12
2-7 โครงสร้างแบบ TQFP.....	12
2-8 สถาปัตยกรรมอนินวแมนน์.....	13
2-9 สถาปัตยกรรมฮาร์วาร์ด.....	13
2-10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Z-80.....	15
2-11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	15
2-12 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC.....	16
2-13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	16
2-14 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน.....	17
2-15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ราล์ฟเบอร์รี่ พาย.....	18
2-16 ส่วนประกอบบนบอร์ดอาดูโน ยูโน อาร์สาม.....	18
2-17 แสดงรูปคลื่นพีดับเบิลยูเอ็ม จากฟังก์ชัน analogWrite.....	25
2-18 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ.....	26
2-19 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ.....	26
2-20 แสดงวงจรขับแบบ H-Bridge.....	27
2-21 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge.....	27
2-22 แสดงวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์.....	28
2-23 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับแบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์.....	28
2-24 แสดงโครงสร้างไอซีขับมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กเบอร์.....	29
2-25 อุปกรณ์เซ็นเซอร์แต่ละชนิด.....	29

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-26 รูปร่างของโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT11.....	31
2-27 รูปร่างของโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22.....	32
2-28 การต่อใช้งานโมดูล DHT11 DHT22.....	32
2-29 อุปกรณ์ HC-SR04.....	33
2-30 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันกับระยะทาง.....	34
2-31 โครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบร่วมมือประเภท STAD.....	38
3-1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์	46
3-2 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ.....	49
3-3 ผังงานลำดับขั้นตอนในการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	52
3-4 แบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์.....	53
3-5 แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน.....	54
3-6 แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม.....	55
3-7 แบบประเมินการยอมรับปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง.....	56
3-8 ผังงานขั้นตอนในการเก็บข้อมูลการวิจัย.....	57
3-9 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	58
3-10 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการวิจัย.....	59
4-1 เก็บข้อมูลการวิจัยกับผู้เรียนกลุ่มทดลอง.....	64
4-2 ผู้เรียนจัดกลุ่ม.....	65
4-3 ผู้เรียนทำใบงานการเขียนโปรแกรม.....	66
4-4 ผู้เรียนทำแบบประเมิน.....	67
4-5 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินความรู้ก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	68
ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรม SPSS	
4-6 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินความรู้หลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	69
ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรม SPSS	
4-7 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของกลุ่มทดลอง.....	70
และกลุ่มควบคุมข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรม SPSS	

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-8 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง.....	76
4-9 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม.....	81
4-10 ผลการเปรียบเทียบการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม.....	82
ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน	
4-11 ผลการเปรียบเทียบการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม.....	83
ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง หลังเรียน	
ข-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ รองศาสตราจารย์ คมกฤตย์ ชมสุวรรณ เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	111
ข-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธณภณ อารังคุณานัน เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	112
ข-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาสพิชญ์ ชูใจ เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	113
ข-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ดร. วุฒิพร เสือเมือง เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	114
ข-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเสกสรร ศรีจันทร์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	115
ค-1 นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025.....	136
ค-2 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในการนำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการ.....	137
ระดับชาติ AEIT 2025	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากเทคโนโลยีและระบบอิเล็กทรอนิกส์ได้รับความสนใจและใช้งานแพร่หลาย ไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยให้ระบบต่างๆ ทำงานได้ดีขึ้นและเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษา การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative Artificial Intelligence : Gen AI) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการศึกษากำลังได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย โดยมีการวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอน (Shi, L et al., 2023) การเรียนการสอนในรูปแบบดั้งเดิมมักพบกับข้อจำกัดหลายประการ เช่น การขาดความมีส่วนร่วมของผู้เรียน การขาดการปรับปรุงการเรียนรู้ตามความต้องการเฉพาะบุคคล การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและการเพิ่มขึ้นของการใช้สื่อดิจิทัลในชีวิตประจำวันทำให้เกิดความจำเป็นในการปรับตัวของระบบการศึกษาให้ทันสมัยและตอบสนองความต้องการของผู้เรียนในยุคปัจจุบัน (A. Alam and A. Mohanty, 2023)

การใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการศึกษา มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในปี 2023 ซึ่งสะท้อนถึงผลกระทบและโอกาสที่เกิดขึ้นในการใช้เทคโนโลยีนี้ในด้านการศึกษา (Bahroun, Z., et al., 2023) การใช้เทคโนโลยีร่วมกับการเรียนรู้แบบโต้ตอบ โดยเฉพาะการนำเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในรูปแบบของ ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างมาใช้ในการศึกษา ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองผ่านการสนับสนุนของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ที่ปรับให้เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะบุคคล นอกจากนี้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างยังช่วยลดภาระของครู ทำให้ครูสามารถมีสมาธิในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และมุ่งเน้นไปที่การสร้างผลลัพธ์ทางการศึกษาที่มีคุณค่าอย่างแท้จริง (Zawacki-Richter, O., et al., 2019) ศึกษาเปรียบเทียบแพลตฟอร์ม ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ได้แก่ ChatGPT, Gemini, Blackbox, และ Microsoft Copilot โดยใช้ปัญหาทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ในสาขาต่างๆ เช่น การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) ความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ และการประมวลผลภาพ พบว่า ChatGPT และ Gemini มีความสามารถในการแก้ปัญหา

ที่ซับซ้อนได้ดีกว่า ขณะที่ Copilot และ Blackbox ประสบปัญหาในการคอมไพล์โค้ดในบางกรณี แต่ละแพลตฟอร์มมีจุดแข็งเฉพาะตัว เช่น Blackbox มีประสิทธิภาพในการจัดการกับขนาดของโค้ดที่เล็กลง ขณะที่ ChatGPT โดดเด่นในด้านความถูกต้องและความเร็วในการคอมไพล์ (Karacali et al., 2024) ChatGPT สามารถสร้างโค้ดที่มีคุณภาพสูงกว่า Gemini โดยเฉพาะในด้านการผ่านการทดสอบเชิงความหมาย ChatGPT สามารถสร้างโค้ดที่ถูกต้องและมีความสอดคล้องกับความต้องการของโปรแกรมเมอร์มากกว่า แม้ว่าจะยังมีข้อผิดพลาดบางประการที่ต้องได้รับการตรวจสอบจากมนุษย์ (Heitz et al., 2024) ยืนยันว่า ChatGPT เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการสร้างโค้ดอย่างรวดเร็วและถูกต้อง แม้ว่าจะมีข้อจำกัดบ้าง เช่น ความกระชับของโค้ดและความสามารถในการจัดการกับปัญหาที่ซับซ้อน แต่ ChatGPT ก็ยังคงเป็นตัวเลือกที่มีความน่าเชื่อถือสูงสำหรับนักพัฒนา (Scherb et al., 2024)

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง โดยเฉพาะ ChatGPT (Chat Generative Pre-trained : ChatGPT) ได้กลายเป็นเครื่องมือที่มีพลังในด้านการศึกษาเนื่องจากความสามารถในการสร้างข้อความที่คล้ายมนุษย์ ซึ่งเทคโนโลยีนี้ช่วยให้ผู้เรียนได้รับข้อเสนอแนะแบบทันทีและการชี้แจงในหัวข้อที่ซับซ้อน ซึ่งช่วยเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น ChatGPT สามารถช่วยผู้เรียนในการติบักโค้ด สร้างเอกสารโปรแกรม และให้คำอธิบายอย่างละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดการเขียนโปรแกรม (Hu et al., 2023) ChatGPT ในการเรียนการเขียนโปรแกรม มีการศึกษาเกี่ยวกับการสอนเขียนโปรแกรมให้กับผู้เรียน พบว่า ChatGPT สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในทักษะการเขียนโปรแกรมมากขึ้น และสามารถปรับปรุงทักษะการเขียนโค้ดได้ดีขึ้น (Tafferner, Z., et al., 2023). เน้นถึงโอกาสและความท้าทายของการใช้ ChatGPT ในการศึกษา โดยพบว่า ChatGPT สามารถให้ความช่วยเหลือและตอบคำถามผู้เรียนได้ตลอดเวลา และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ผ่านการสนับสนุนแบบเฉพาะบุคคล (R. Michel-Villareal et al., 2023) ChatGPT สามารถช่วยผู้เรียนในการปรับปรุงอัลกอริธึม PID สำหรับรถยนต์อัจฉริยะ โดยให้คำแนะนำในการปรับค่าพารามิเตอร์และการเขียนโค้ด ซึ่งเป็นการส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมและการคิดเชิงวิพากษ์ (Chen, Q., Chen, H.-C., & Lin, Y.-L., 2024)

การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นหนึ่งในวิธีการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการพัฒนาทักษะทางวิชาการและทักษะทางสังคมของผู้เรียน การศึกษาและการประยุกต์ใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือในด้านต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์และผลกระทบที่สำคัญต่อการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะของผู้เรียนการศึกษาอภิปผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมในผู้เรียนอาชีวศึกษา พบว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยให้ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความรู้และ

ประสบการณ์กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนดีขึ้นและมีความพร้อมในการทำงานในสายอาชีพ การเรียนรู้แบบร่วมมือยังช่วยเพิ่มความสนใจและความพึงพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน (Nguyen & Tran, 2020)

วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งต้องการความแม่นยำและความถูกต้อง ความสามารถในการเขียนโปรแกรมเป็นสิ่งสำคัญ ในบริบทของการเรียนรู้แบบร่วมมือ เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง สามารถอำนวยความสะดวกในการทำงานกลุ่มโดยการให้แพลตฟอร์มที่ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา ร่วมกัน แบ่งปันความรู้ และรับข้อเสนอแนะทันที ซึ่งสามารถนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในวิชา และส่งเสริมทักษะการคิดอย่างวิพากษ์และการวิเคราะห์ (Shabunina et al., 2023) ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ChatGPT จึงเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นวิชาที่มีเนื้อหาซับซ้อนและต้องการการประยุกต์ใช้ความรู้เชิงลึก

จากที่มาและความสำคัญข้างต้น ผู้เรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ 20127-2006 เนื่องจากผู้เรียนอาจไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาที่สอนได้อย่างเต็มที่ และสิ่งที่จะตั้งคำถามเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของตนเอง นอกจากนี้ การเรียนการสอนที่ต้องมีการถามตอบกับผู้เรียนอาจทำให้กระบวนการเรียนรู้ช้าลง ทำให้ครูให้ความสนใจกับผู้เรียนทุกคนได้อย่างทั่วถึงได้ยาก (Alam, A., & Mohanty, A., 2023) จึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของผู้เรียน ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ประโยชน์ของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง คือเทคโนโลยีที่สามารถสร้างเนื้อหาหรือข้อมูลใหม่ๆ ผ่านการเรียนรู้จากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ การบูรณาการปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง กับการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถช่วยสอนผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการเรียนการสอนแบบร่วมมือในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อการสนับสนุนการเรียนรู้ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผู้เรียนที่ผ่านการใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.2 ผู้เรียนมีระดับการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไปตามแบบมาตรวัดประเมินค่าของลิเคิร์ต 5 ระดับ)

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ของวิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ซึ่งลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20127-2006) ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 37 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.4.1.1 กลุ่มทดลอง คือ ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20127-2006) สำหรับภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน

1.4.1.2 กลุ่มควบคุม คือ ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20127-2006) สำหรับภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน

1.4.2 ด้านเนื้อหา ใช้เนื้อหาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20105-2105) จำนวน 4 หน่วยกิต หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1.4.2.1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.2.2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพีดีบีแอลเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 4 ชั่วโมง

1.4.2.3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

1.4.2.4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก

1.4.3 เครื่องมือวิจัย แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1.4.3.1 แบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 40 ข้อ

1.4.3.2 แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ใช้รูปแบบรูบริก (Rubric Score) ในการประเมินโดยแบ่งเป็น 5 ระดับในการประเมิน โดยมีรายละเอียดการประเมินจากวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมที่สอดคล้องกับการทำแบบปฏิบัติงานที่ผู้สอนกำหนดให้ และการตรวจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะการปฏิบัติงานของผู้เรียนในลักษณะแบบรายการตรวจสอบ (Checklist)

1.4.3.3 แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ประยุกต์ใช้แบบประเมินที่พัฒนาโดย (Reyes Juárez-Ramírez et al., 2018) จำนวน 16 ข้อ โดยออกแบบในลักษณะ Rubric-Based Assessment และใช้มาตราส่วน Likert Scale แบบ 6 ระดับ เพื่อประเมินทักษะของผู้เรียนอย่างละเอียด

1.4.3.4 แบบประเมินการยอมรับปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย (K. Ofosu-Ampong, B. Acheampong, M.-O. Kevor, และ F. Amankwah-Sarfo, 2023) จำนวน 15 ข้อ สำหรับแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) ด้านอิทธิพลทางสังคม (Social Influence) ด้านลักษณะนวัตกรรม (Innovation Characteristics) ด้านความต้องการทางจิตวิทยา (Psychological Needs) และด้านการยอมรับการใช้งาน AI (Acceptance of AI)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง หมายถึง การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่มีความสามารถช่วยให้ผู้เรียนในการเรียนการเขียนโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้มีเชื่อมั่นในทักษะการเขียนโปรแกรมมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ผ่านการสนับสนุนแบบเฉพาะบุคคลและคำแนะนำที่ชัดเจน

1.5.2 การเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ เพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยมีการแบ่งบทบาทและภารกิจให้กับสมาชิกในกลุ่มอย่างชัดเจน เพื่อให้แต่ละคนมีความรับผิดชอบในส่วนของตนเอง ขณะเดียวกันก็ต้องทำงานร่วมกันเพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จ

1.5.3 ทักษะการเขียนโปรแกรม หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการเขียนและพัฒนาโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ซึ่งทักษะการเขียนโปรแกรมเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยี

1.5.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รวมหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ และพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตไว้ในชิปเดียว เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

1.5.5 การยอมรับเทคโนโลยี หมายถึง ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมาย ที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาที่พัฒนาขึ้น

1.6.2 ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.6.3 ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีแนวโน้มที่ยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้ได้มากขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- 2.2 การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)
- 2.3 ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative Artificial Intelligence)
- 2.4 ทักษะการเขียนโปรแกรม (Programming Skills)
- 2.5 การยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance)
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

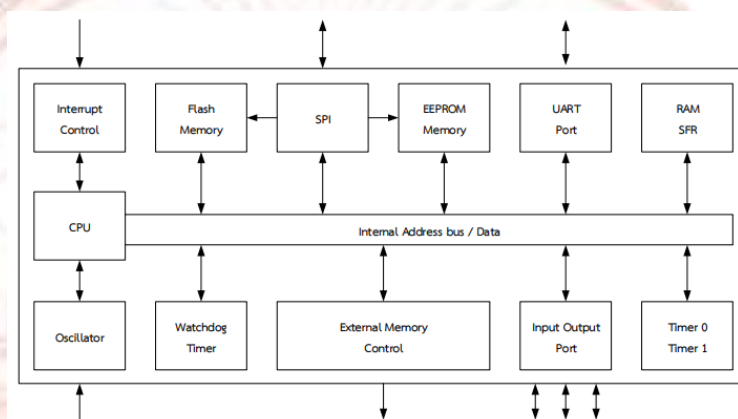
2.1.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์

วิโรจน์ กิตติวรปรีดา (2560) อธิบายว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่มีขนาดกะทัดรัด ออกแบบมาเพื่อจัดการและสั่งงานอุปกรณ์ภายนอกโดยอัตโนมัติ คำว่า "Micro" สื่อถึงขนาดเล็ก ส่วน "Controller" หมายถึงหน่วยควบคุมที่สามารถบริหารจัดการการทำงานของระบบต่าง ๆ

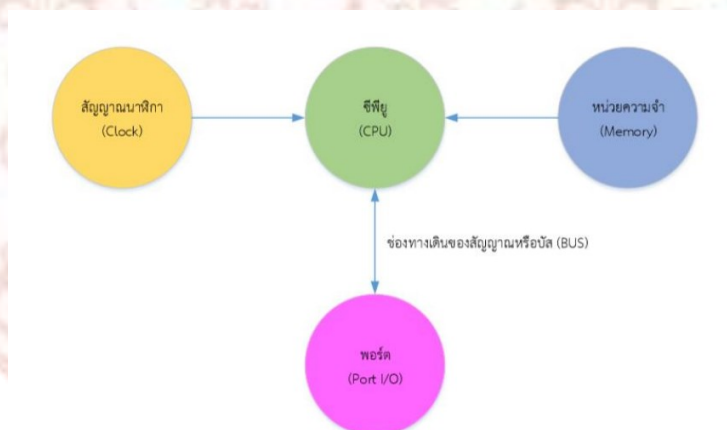
ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก เนื่องจากภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำ (Memory) อินพุต-เอาต์พุตพอร์ต (I/O Port) รีจิสเตอร์ (Register) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) และองค์ประกอบอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เช่น วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) และวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความกว้างปรับได้ (PWM) ซึ่งอาจมีเฉพาะบางรุ่น คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้ควบคุมและประยุกต์ใช้งานในระบบอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

วิโรจน์ กิตติวรปรีดา (2560) ได้อธิบายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์แต่ละตระกูลนั้นมีโครงสร้างภายในแตกต่างกันขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตและจุดประสงค์ของการสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้น ๆ พื้นฐานของโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) ทำหน้าที่

เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำงาน ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผลโดยการทำงานของซีพียูมี 2 จังหวะ

2.2.1.2.1 เฟตช์ (Fetch) คือ การอ่านคำสั่งโปรแกรมแล้วทำการถอดรหัสคำสั่งเป็นภาษาเครื่อง

2.2.1.2.2 เอ็กซีคิวต์ (Executed) คือ การทำตามคำสั่งโปรแกรมที่ถอดรหัสแล้ว

2.1.2.2 หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

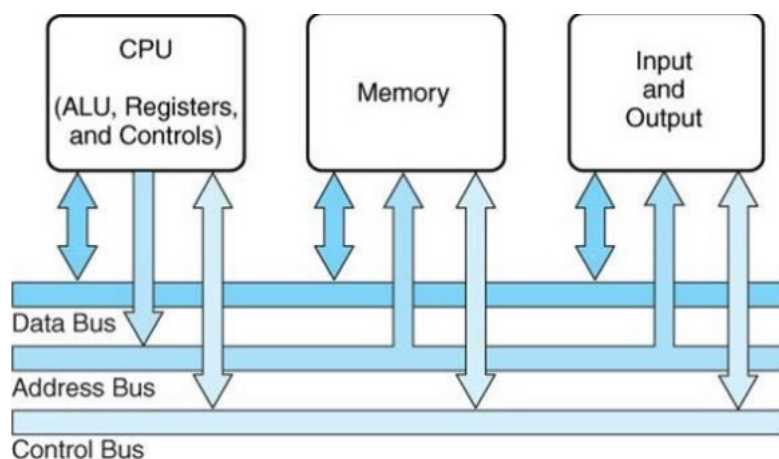
2.1.2.2.1 หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) ทำหน้าที่คล้ายกับฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โดยข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง

2.1.2.2.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ทำหน้าที่เป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวสำหรับการประมวลผลของซีพียู โดยสามารถเปรียบเทียบกับกระดานทดที่ใช้คำนวณระหว่างการทำงาน ข้อมูลในหน่วยความจำประเภทนี้จะถูกลบเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ แรม (Random Access Memory: RAM) ในคอมพิวเตอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ หน่วยความจำข้อมูลแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ ประเภทแรม ซึ่งข้อมูลจะถูกลบเมื่อไม่มีพลังงาน และ อีอีพรอม (Erasable Electrically Read-Only Memory : EEPROM) ซึ่งสามารถคงข้อมูลไว้ได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง ทำให้สามารถบันทึกค่าที่จำเป็นสำหรับการทำงานระยะยาวของอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นช่องทางหลักในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ 1) พอร์ตอินพุต (Input Port) ใช้รับสัญญาณจากภายนอก เช่น การกดสวิทช์หรือการตรวจจับเซ็นเซอร์ 2) พอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ใช้ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม เช่น การเปิดหรือปิดไฟแอลอีดี พอร์ตเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการทำงานร่วมกัน โดยพอร์ตอินพุตจะรับค่าจากอุปกรณ์ภายนอก แล้วส่งไปประมวลผลในระบบ จากนั้นพอร์ตเอาต์พุตจะแสดงผลตามคำสั่งที่ได้รับ เช่น ทำให้หลอดไฟติดหรือดับตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.1.2.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) เป็นโครงสร้างสำคัญภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเส้นทางหลักสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง หน่วยประมวลผลกลาง (CPU), หน่วยความจำ (Memory), และพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O Port) โดยมีลักษณะเป็นชุด

ของสายสัญญาณที่ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลและควบคุมการทำงานของระบบ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)



ภาพที่ 2-3 การติดต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.2.4.1 บัสตำแหน่ง (Address Bus) จะเป็นกลุ่มสายสัญญาณที่ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของข้อมูลในหน่วยความจำ หรือระบุตำแหน่งที่อยู่ของอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ โดยบัสตำแหน่งจะเป็นเส้นทางที่ใช้ส่งข้อมูลออกจากไมโครโพรเซสเซอร์เพียงทิศทางเดียว โดยใช้เพื่อระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องการจะติดต่อกับเท่านั้น

2.1.2.4.2 บัสข้อมูล (Data Bus) จะเป็นกลุ่มสายสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลหรือรหัสคำสั่งต่างๆ ระหว่างไมโครโพรเซสเซอร์กับหน่วยความจำโปรแกรมหน่วยความจำข้อมูล อุปกรณ์อินพุตและ อุปกรณ์เอาต์พุตทุกตัวที่ต่อพ่วงอยู่กับระบบ โดยบัสข้อมูลนี้จะเป็นแบบสองทิศทางสามารถรับและส่งข้อมูลทั้งไปและกลับได้ในสายสัญญาณเดียวกัน โดยบัสข้อมูลเปรียบเสมือนช่องทางเดิน รถถ้ามีมากจะทำให้การติดต่อทำได้รวดเร็วขึ้น เช่น บัสข้อมูลแบบ 8 บิตจะทำงานได้เร็วกว่า บัสข้อมูลแบบ 4 บิต

2.1.2.4.3 บัสควบคุม (Control Bus) จะเป็นกลุ่มสายสัญญาณที่ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานต่างๆ ของระบบ โดยไมโครโพรเซสเซอร์สามารถส่งสัญญาณไปควบคุมหน่วยความจำและอุปกรณ์ อินพุต/ เอาต์พุตภายนอกเพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลได้ และอุปกรณ์ภายนอกสามารถส่งสัญญาณมาควบคุมการทำงานของไมโครโพรเซสเซอร์ได้เช่น การรีเซ็ต

2.12.4.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยกำหนด

อัตราการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำหน้าที่สร้างสัญญาณจังหวะที่ใช้ในการประมวลผลของระบบ ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงาน หากความถี่สูงขึ้น รอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถประมวลผลคำสั่งต่าง ๆ ได้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น

2.1.3 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์

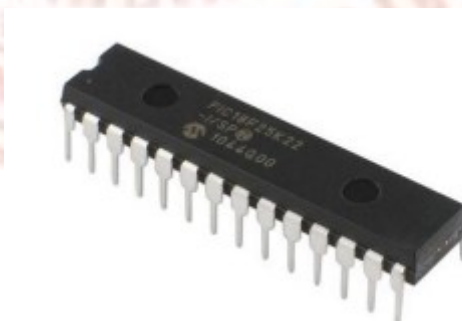
วิโรจน์ กิตติวรปรีดา (2560) ได้อธิบายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ว่า ในปัจจุบันผู้ผลิตไอซีได้ออกแบบลักษณะขาเชื่อมต่อที่หลากหลายเพื่อให้สอดคล้องกับการติดตั้งและการใช้งานในแต่ละประเภทของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งโครงสร้างที่นิยมใช้ เช่น โครงสร้างแบบ SOIC, PDIP, PLCC และ TQFP

2.1.3.1 โครงสร้างแบบ SOIC (Small Outline Integrated Circuit)



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างแบบ SOIC (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.3.2 โครงสร้างแบบ PDIP (Plastic Dual In-line Package)



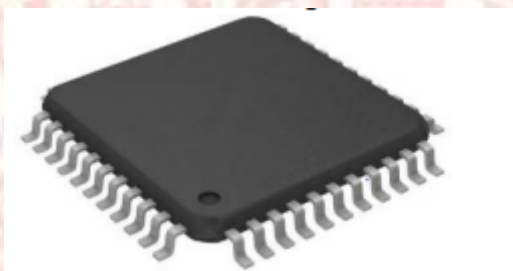
ภาพที่ 2-5 โครงสร้างแบบ PDIP (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.3.3 โครงสร้างแบบ PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)



ภาพที่ 2-6 โครงสร้างแบบ PLCC (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.3.4 โครงสร้างแบบ TQFP (Thin Quad Flat Packages)



ภาพที่ 2-7 โครงสร้างแบบ TQFP (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

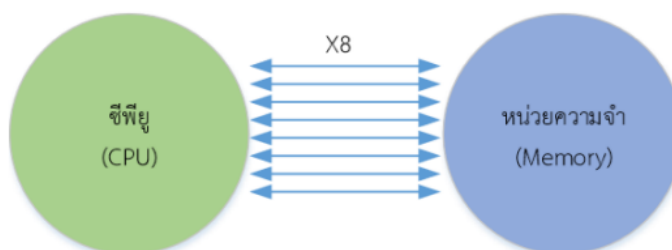
2.1.4 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

วิโรจน์ กิตติวรปรีดา (2560) ได้อธิบายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์มี 2 แบบ คือ

2.1.4.1 สถาปัตยกรรมวอนนิวแมนน์ (Von-Newman Architecture)

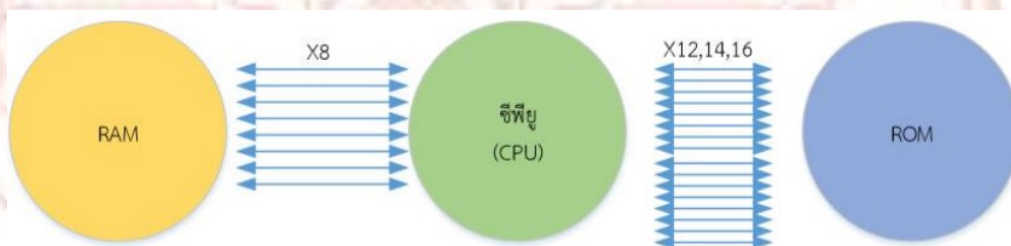
ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมนี้ ซีพียูจะติดต่อกับหน่วยความจำผ่านบัสข้อมูลเพียง 8 บิต ทำให้ซีพียูไม่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำได้ในเวลาเดียวกัน การทำงานจึงค่อนข้างช้า



ภาพที่ 2-8 สถาปัตยกรรมวอนนิวแมนน์ (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.4.2 สถาปัตยกรรมฮาร์วาร์ด (Harvard Architecture)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมนี้จะมีบัสข้อมูลสองทาง ส่วนแรกคือซีพียูจะติดต่อกับหน่วยความจำแรมผ่านบัสข้อมูล 8 บิต และส่วนที่สองคือซีพียูจะติดต่อกับหน่วยความจำรวมผ่านบัสข้อมูล 12, 14, 16 บิต ซีพียูจึงสามารถอ่านและเข้าถึงหน่วยความจำแรมและหน่วยความจำรวมได้ในเวลาเดียวกันทำให้กระบวนการทำคำสั่งลดขั้นตอนลงไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำงานได้เร็วขึ้น



ภาพที่ 2-9 สถาปัตยกรรมฮาร์วาร์ด (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.4.2.1 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อแบ่งสถาปัตยกรรมการประมวลผล

- 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต
- 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 12 บิต
- 3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 14 บิต
- 4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16 บิต
- 5) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต

2.1.4.2.2 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อแบ่งสถาบันผู้ผลิต

- 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)
- 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips)
- 3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
- 4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7, ARM9
- 5) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)
- 6) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต CYPRESS)
- 7) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต Texas Instruments)
- 8) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต MOTOROLA)
- 9) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต Renesas)
- 10) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT

2.1.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ

วิโรจน์ กิตติวรปรีดา (2560) ได้อธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ ที่ได้รับความนิยมและมีพัฒนาการมาจนถึงปัจจุบันมีดังนี้

2.1.5.1 Z-80

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้กัน เริ่มตั้งแต่ตัวแรกที่เป็นลักษณะของซีพียู (CPU) ไม่ถึงขั้นเรียกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็คือ ตระกูล Z80 เป็นลักษณะของซีพียูเล็ก ๆ ที่ต้องอาศัย อินพุต/เอาต์พุตต่างๆ เพิ่มเติมเข้ามามาก จึงทำให้บอร์ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จัดได้ว่าเป็นการเริ่มต้นการเรียนรู้ที่ดีของยุคสมัยนั้น ทำให้ได้เรียนรู้ชุดคำสั่งที่เป็นรหัสดำเนินการ (operation code : Op Code)



ภาพที่ 2-10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Z-80 (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.5.2 MCS-51

บริษัทที่สร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นบริษัทแรกคือบริษัท อินเทล ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ตระกูล MCS-51 เป็นตระกูลที่พัฒนาต่อจาก Z80 ทำให้การศึกษาเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ง่ายขึ้นกว่าเดิม ไม่ว่าจะเป็นการเขียนโปรแกรมในลักษณะของโค้ดแอสเซมบลี (Assembly Code) แล้วโหลดลงบอร์ดเพื่อใช้งาน ตลอดจนสถาปัตยกรรมในการออกแบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้จะช่วยลดอุปกรณ์รอบข้างลงไป ได้มาก เหมาะที่จะนำไปใช้งานจริง



ภาพที่ 2-11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.5.3 PIC

บริษัทไมโครชิพ เทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นผู้สร้างและผลิต PIC (Peripheral Interface Controller) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ยุค ต่อมาที่ ได้รับความนิยมสูงอีกตระกูลหนึ่ง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คำว่า PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นในทุกด้าน ทำให้ได้รับความนิยมกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ยุคเก่า เพราะในเรื่องของอุปกรณ์ต่อพ่วงที่มีน้อย ประกอบกับมีหน่วยความจำ อีอีพรอม ในตัว จึงทำให้ง่ายต่อการบันทึกและจัดเก็บข้อมูล และ พอร์ตต่างๆ ได้มีการ แลตซ์ในตัวไอซี อยู่แล้วจึงสามารถต่อออกมาใช้งานภายนอกได้โดยตรง มีกระแสและแรงดันที่เพียงพอ และอีกความสามารถหนึ่ง คือสามารถโปรแกรมตัวบูตโหลดเดอร์ (Boot Loader) เข้าไปในตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ จึงทำให้ง่ายในการโหลดโปรแกรมเข้าไปจากคอมพิวเตอร์โดย

ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) และกดปุ่มรีเซ็ต (Reset) เพียงอย่างเดียวไม่ต้องการเครื่องโปรแกรมไอซี เพิ่มเติมอย่างที่ต้องมีกับระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นเก่าอย่าง MCS-51



ภาพที่ 2-12 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.5.4 AVR

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นต่อมาที่มีการพัฒนาต่อมาจาก MCS-51 โดยบริษัท ATMEL อันเนื่องมาจาก MCS-51 ยุคหลังนี้ไม่ค่อยมีคนใช้งานจริง และมีใช้งานแต่เฉพาะ ในสถาบันการศึกษา เป็น เช่นนี้ก็เพราะว่าการออกแบบวงจรที่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้องอาศัยการ ต่ออุปกรณ์ร่วมเยอะนั่นเอง ดังนั้น AVR จึงเข้ามาเป็นที่นิยมในการท างานด้านนี้ โดยคุณสมบัติหลัก ที่น่าสนใจก็คือสามารถเชื่อมต่อผ่านยูเอสบีได้โดยตรง ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ยุคเก่าทำได้ โดยต่อผ่านพอร์ต RS-232 แต่เนื่องด้วย คอมพิวเตอร์ยุคใหม่ พอร์ต RS-232 เริ่มหายาก ดังนั้น AVR จึงได้รับความนิยม



ภาพที่ 2-13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.5.5 อาดูโน้

อาดูโน้ (Arduino) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดสำเร็จรูปที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ออกแบบโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของ ATMEL จุดเด่นของบอร์ดนี้คือการเป็น โอเพนซอร์ส (Open Source) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ที่หลากหลายได้อย่างอิสระหนึ่งในความสามารถที่สำคัญของอาดูโน้คือการรองรับ บูตโหลดเดอร์ (Boot Loader) ซึ่งช่วยให้สามารถอัปโหลดโค้ด (Upload Code) ลงในบอร์ดได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีซอฟต์แวร์เฉพาะที่ใช้ควบคุมการทำงานของบอร์ด ซึ่งออกแบบให้ใช้งานง่ายผ่าน ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ซึ่งเป็นภาษาที่โปรแกรมเมอร์คุ้นเคย อาดูโน้ยังสามารถขยายความสามารถได้โดยการเชื่อมต่อ โมดูลเสริม (Shield) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมที่ช่วยเพิ่มฟังก์ชันการทำงาน เช่น โมดูลรีเลย์สำหรับควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับสภาพแวดล้อม ทำให้บอร์ดนี้เหมาะสำหรับทั้งงานต้นแบบและ การใช้งานจริงในด้านต่าง ๆ



ภาพที่ 2-14 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน้ (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

2.1.5.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ราสพ์เบอร์รี่ พาย

ราสพ์เบอร์รี่ พาย (Raspberry Pi) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันเช่นเดียวกัน โดยใช้ คอนโทรลเลอร์ (Controller) ตระกูล ARM จุดเด่นที่น่าสนใจสำหรับบอร์ดราสพ์เบอร์รี่ พาย ก็คือการจำลองตัวมันเองให้เป็นระบบ คอมพิวเตอร์เครื่องเล็กๆ เครื่องหนึ่ง ที่สามารถ รัน ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ได้ในตัว ซึ่งหมายถึงการ ดึงระบบต่างๆ มาใช้งานบนบอร์ด ทำให้ สะดวกมากขึ้น เนื่องจากมี ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (OS Linux) ทำงานแทนให้อยู่แล้ว เช่นการ เชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย (Network) การติดต่อกับระบบจอภาพ การติดต่อบนระบบเสียง ตลอดจน

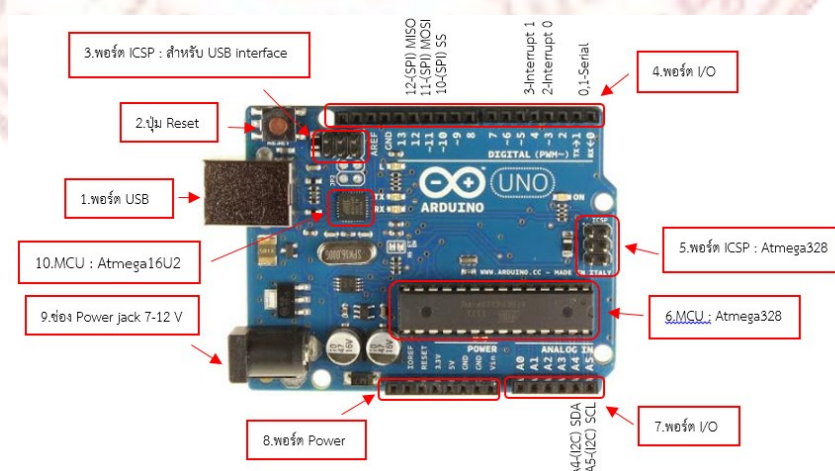
การเชื่อมต่อกับระบบจัดเก็บข้อมูลผ่านเอสดีการ์ด (SD Card) ซึ่งสามารถทำได้ครบและครอบคลุมด้วย ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux OS) ที่รันอยู่บนตัวบอร์ดราสพ์เบอร์รี่ พาย



ภาพที่ 2-15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ราสพ์เบอร์รี่ พาย (วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2560)

สำหรับงานวิจัยนี้ การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเฉพาะเนื้อหาในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20105-2105) จำนวน 3 หน่วยกิต หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ 1.พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 2. การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์เบิเลยูเอ็มสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3.การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก ผ่านการทดสอบและพัฒนาต้นแบบโดยใช้บอร์ดอาดูโน ยูโน อาร์สาม เป็นแพลตฟอร์มที่นิยมใช้ในงานด้านการเรียนการสอนเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.6 ส่วนประกอบบนบอร์ดอาดูโน ยูโน อาร์สาม



ภาพที่ 2-16 ส่วนประกอบบนบอร์ดอาดูโน ยูโน อาร์สาม (ชาติสิริ จันทรศรี, 2560)

2.1.6.1 พอร์ต USB (USB Port) : พอร์ต USB ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) รวมถึงทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับบอร์ด

2.1.6.2 ปุ่มรีเซ็ต (Reset Button) : ปุ่มรีเซ็ตใช้สำหรับเริ่มต้นการทำงานของ MCU ใหม่เมื่อกดใช้งาน

2.1.6.3 พอร์ต ICSP ของ Atmega16U2 : เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับการโปรแกรม Visual Com Port บนชิป Atmega16U2

2.1.6.4 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O Port - Digital I/O) รองรับสัญญาณดิจิทัล ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ ขาบางตำแหน่งยังมีหน้าที่พิเศษ เช่น

- Pin 0,1: ทำหน้าที่เป็นขาสำหรับรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Tx, Rx Serial)
- Pin 3,5,6,9,10 และ 11: รองรับการสร้างสัญญาณ พัลส์เบรดยูเอ็ม (Pulse Width Modulation)

2.1.6.5 พอร์ต ICSP ของ Atmega328 : เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับโปรแกรม Bootloader เพื่อกำหนดค่าการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.6.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก (MCU - Atmega328) : Atmega328 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้บนบอร์ด Arduino ซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลหลักของระบบ

2.1.6.7 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบอนาล็อก (I/O Port - Analog Input) : สามารถทำหน้าที่เป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกได้ที่ขา A0 ถึง A5

2.1.6.8 พอร์ตพาวเวอร์ (Power Port) : ใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาพลังงานดังนี้

- +3.3V และ +5V สำหรับจ่ายแรงดันไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ
- GND (Ground) ขั้วกราวด์ของระบบ
- Vin ใช้รับแรงดันไฟจากแหล่งพลังงานภายนอก

2.1.6.9 พาวเวอร์แจ็ก (Power Jack) : ช่องรับไฟจากอะแดปเตอร์ โดยแรงดันที่รองรับอยู่ระหว่าง 7V - 12V

2.1.6.10 หน่วยประมวลผล USB to Serial (MCU - Atmega16U2) : ชิป Atmega16U2 ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงสัญญาณ USB ให้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328 เพื่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ได้

2.1.7 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี โครงสร้างของภาษาซี ชนิดของตัวแปร ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์ ตัวกระทำเปรียบเทียบ ตัวกระทำลอจิก ตัวกระทำระดับบิต การวนรอบ การเปรียบเทียบ การสร้างฟังก์ชัน การส่งค่าผ่านฟังก์ชัน ตัวแปรแบบอาเรย์และพอยเตอร์ เพื่อใช้เป็นความรู้พื้นฐานในการพัฒนาระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ภาษาซี

ทันพงษ์ ภูริรักษ์ (2567) ได้อธิบายการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ดอาดูโน่ จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาของอาดูโน่ (Arduino Programming Language) ซึ่งตัวภาษาของอาดูโน่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) โครงสร้างภาษา (Structure) ตัวแปรและค่าคงที่ 2) ฟังก์ชัน (Function)

ภาษาของอาดูโน่ จะอ้างอิงตามภาษาซีและภาษาซีพลัสพลัส (C/C++) จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับอาดูโน่ ก็คือการเขียนโปรแกรมภาษาซี โดยเรียกใช้ฟังก์ชันแลไลบรารีที่ทาง อาดูโน่ได้เตรียมไว้ให้แล้ว ซึ่งสะดวกและทำให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างลึกซึ้งสามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ในบทนี้จะอธิบายถึงโครงสร้างโปรแกรมของอาดูโน่แบ่งได้เป็นสองส่วนคือ void setup() และ void loop() โดยฟังก์ชัน setup() เมื่อโปรแกรมทำงานจะทำคำสั่งของฟังก์ชันนี้เพียงครั้งเดียว ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นของการทำงานส่วนฟังก์ชัน loop() เป็นส่วนทำงานโปรแกรมจะทำคำสั่งในฟังก์ชันนั้นต่อเนื่องกันตลอดเวลา โดยปกติใช้กำหนดโหมดการทำงานของขาต่างๆ กำหนดการสื่อสารแบบอนุกรม ฯลฯ ส่วนของ loop() เป็นโค้ดโปรแกรมที่ทำงาน เช่น อ่านค่าอินพุต ประมวลผล สั่งงานเอาต์พุต ฯลฯ โดยส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น เช่นตัวแปรจะต้องเขียนที่ส่วนหัวของโปรแกรมก่อนถึงตัวฟังก์ชัน นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงตัวพิมพ์ เล็ก-ใหญ่ ของตัวแปรและชื่อฟังก์ชันนั้นให้ถูกต้อง

2.1.7.1 ส่วนของฟังก์ชัน setup()

ฟังก์ชันนี้จะเขียนที่ส่วนต้นของโปรแกรม ทำงานเมื่อโปรแกรมเริ่มต้นเพียงครั้งเดียว ใช้เพื่อกำหนดค่าของตัวแปรโหมดการทำงานของขาต่างๆ เริ่มต้นเรียกใช้ไลบรารี ฯลฯ

2.1.7.2 ส่วนของฟังก์ชัน loop()

หลังจากที่เขียนฟังก์ชัน setup() ที่กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรมแล้ว ส่วนถัดมาคือฟังก์ชัน loop() ซึ่งมีการทำงานตรงตามชื่อ คือจะทำงานตามฟังก์ชันวนต่อเนื่องตลอดเวลา ภายในฟังก์ชันจะมีโปรแกรมของผู้ใช้เพื่อรับค่าจากพอร์ต ประมวลผลแล้วส่งเอาต์พุตออกขาต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ด

โปรแกรมทำงานวนในฟังก์ชัน loop() ตลอดเวลา หลังจากทำงานในฟังก์ชัน setup() จึงสรุปได้ว่าฟังก์ชัน setup() คือส่วนต้นของโปรแกรมที่ใช้ในการประกาศ หรือตั้งค่าการทำงานในตอนเริ่มต้นทำงาน ในขณะที่ฟังก์ชัน loop() เป็นเสมือนส่วนของโปรแกรมหลักที่ต้องวนทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อย่างไรก็ตามในบางโปรแกรม อาจมีเฉพาะส่วนของฟังก์ชัน setup() และไม่มีฟังก์ชัน

loop() ก็ได้ นั่นแสดงว่าโปรแกรมนั้นๆต้องการตั้งค่าการทำงาน หรือกำหนดให้มีการทำงานเพียงครั้งหรือรอบเดียว แล้วจบการทำงานทันที

2.1.7.2.1 คำสั่ง if ใช้ทดสอบเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรม

2.1.7.2.2 คำสั่ง if...else ใช้ทดสอบเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมได้มากกว่าคำสั่ง if ธรรมดา โดยสามารถกำหนดได้ว่าถ้าเงื่อนไขเป็นจริงให้ทำอะไร ถ้าเป็นเท็จให้ทำอะไร

หลังคำสั่ง else สามารถตามด้วยคำสั่ง if สำหรับการทดสอบอื่นๆ ทำให้รูปแบบคำสั่งกลายเป็น if...else...if เป็นการทดสอบเงื่อนไขต่างๆ เมื่อเป็นจริงให้ทำตามที่ต้องการ

หลังคำสั่ง else สามารถตามด้วยคำสั่ง if ได้ไม่จำกัดจำนวน (สามารถใช้คำสั่ง switch case แทนคำสั่ง if...else...if สำหรับการทดสอบเงื่อนไขจำนวนมาก ๆ ได้) เมื่อใช้คำสั่ง if...else แล้วต้องกำหนดด้วยว่าถ้าทดสอบไม่ ตรงกับเงื่อนไขใดๆเลย ให้ทำอะไรโดยให้กำหนดที่คำสั่ง else ตัวสุดท้าย

2.1.7.2.3 คำสั่ง for() คำสั่งนี้ใช้เพื่อสั่งให้คำสั่งที่อยู่ภายในวงเล็บปีกกาหลัง for มีการทำงานซ้ำกันตามจำนวนรอบที่ต้องการ คำสั่งนี้มีประโยชน์มากสำหรับการทำงานใด ๆ ที่ต้องทำซ้ำกัน และทราบจำนวนรอบของการทำงานที่แน่นอน ใช้คู่ กับตัวแปรอะไรในการเก็บสะสมค่าที่อ่านค่าได้จากขาอินพุตและลิสต์หลายๆค่า ที่มีหมายเลขขาต่อเนื่องกัน

คำสั่ง for ของภาษาซียืดหยุ่นกว่าคำสั่ง for ของภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆ มันสามารถละเว้นบางส่วนหรือ ทั้งสามส่วนของคำสั่ง for ได้ อย่างไรก็ตามยังต้องมีเซมิโคลอน นอกจากนั้นยังนำคำสั่งภาษา C++ ที่มีตัวแปรที่ไม่ เกี่ยวข้องมาเขียนในส่วนของการ initialization condition และ increment ของคำสั่ง for ได้

2.1.7.2.4 คำสั่ง switch-case ใช้ทดสอบเงื่อนไขเพื่อกำหนดการทำงานของโปรแกรม ถ้าตัวแปรที่ทดสอบตรงกับเงื่อนไขใดก็ให้ทำงาน ตามที่กำหนดไว้พารามิเตอร์

2.1.7.2.5 คำสั่ง while

เป็นคำสั่งวนรอบโดยจะทำคำสั่งที่เขียนในวงเล็บปีกกาอย่างต่อเนื่อง จนกว่าเงื่อนไขที่เขียนในวงเล็บของคำสั่ง while() จะเป็นเท็จ คำสั่งที่ให้ทำซ้ำจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ใช้ทดสอบ โดยมีการเพิ่มค่าตัวแปร หรือมีเงื่อนไขภายนอก เช่นอ่านค่าจากตัวตรวจจับได้เรียบร้อยแล้วให้หยุดการอ่านค่า มิฉะนั้นเงื่อนไขในวงเล็บของ while() เป็นจริงตลอดเวลา ทำให้คำสั่ง while ทำงานวนรอบไปเรื่อย ๆ

2.1.7.4 ส่วนของตัวกระทำทางคณิตศาสตร์

ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์ บวก ลบ คูณ และหาร ใช้หาค่าผลรวม ผลต่าง ผลคูณ และผลหาร ค่าของตัวถูกกระทำสองตัวโดยให้

ตาราง 2-1 ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์	ความหมาย	
+	การบวก	Addition
-	การลบ	Subtraction
*	การคูณ	Multiplication
/	การหาร	Division
%	หารคิดเฉพาะเศษ	Modulo
++	เพิ่มค่าขึ้น 1	Increment
--	ลดค่าลง 1	Decrement

ที่มา : เศรษฐาพันธ์์ สุกใส (2562)

2.1.7.5 ส่วนของตัวกระทำเปรียบเทียบ

ใช้ประกอบกับคำสั่ง if() และ while() เพื่อทดสอบเงื่อนไขหรือเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ โดยจะเขียนเป็นนิพจน์อยู่ภายในเครื่องหมาย ()

ตารางที่ 2-2 ตัวกระทำเปรียบเทียบ

สัญลักษณ์	ความหมาย	
>	มากกว่า	Greater than
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ	Greater than or Equal
<	น้อยกว่า	Less than
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	Less than or Equal
==	เท่ากับ	Equal to
!=	ไม่เท่ากับ	Not equal to

ที่มา : เศรษฐาพันธ์์ สุกใส (2562)

ตัวกระทำลอจิก ใช้ในการเปรียบเทียบของคำสั่ง if() มี 3 ตัวคือ &&, || และ !

ตารางที่ 2-3 ตัวกระทำลอจิก

สัญลักษณ์	ความหมาย	
&&	และ	AND
	หรือ	OR
!	ไม่	NOT

ที่มา : เศรษฐาพันธ์ สุกใส (2562)

2.1.7.6 ส่วนของตัวกระทำระดับบิต

ตัวกระทำระดับบิตจะนำบิตของตัวแปรมาประมวลผล ใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาด้านการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายตัวกระทำ ระดับของภาษาซี

ตารางที่ 2-4 ตัวกระทำระดับบิต

สัญลักษณ์	ความหมาย	
~	กลับบิต	NOT
&	แอนด์	AND
	ออร์	OR
^	เอ็กคลูซีฟออร์	Excursive OR
<<	เลื่อนบิตไปทางซ้าย	Shift Left Bits
>>	เลื่อนบิตไปทางขวา	Shift Right Bits

ที่มา : เศรษฐาพันธ์ สุกใส (2562)

2.1.7.7 ส่วนของค่าคงที่ตัวแปรและชนิดข้อมูล และค่าเฉพาะ

ค่าคงที่ ตัวแปร และชนิดข้อมูล และค่าเฉพาะ เป็นเนื้อหาส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการศึกษาพื้นฐานการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (เศรษฐาพันธ์ สุกใส, 2562)

2.1.7.7.1 ค่าคงที่ (Constants)

ตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์พิเศษต่าง ๆ เมื่อมาประกอบรวมเข้าด้วยกัน จะเกิดคำขึ้นมาที่สามารถใช้แทนความหมายในรูปของค่าคงที่ ตัวแปรและชนิดข้อมูล และค่าคงที่พิเศษได้ สำหรับในการเขียนภาษาซี สามารถกำหนดค่าคงที่ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ค่าคงที่ที่ระบุค่าโดยตรง (Literal Constants) ไปเป็นค่าคงที่ที่มีการระบุข้อมูลแบบเจาะจงลงในตัวโปรแกรม ซึ่งไม่มีการกำหนดรูปแบบของค่าคงที่ลักษณะ ดังนั้นจึงถูกนำไปใช้เพื่อการอ้างอิงในครั้งต่อไป

2) ค่าคงที่ที่กำหนดด้วย #define จัดเป็นตัวประมวลผล (Preprocessor) ตัวหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้กำหนดค่าคงที่ให้กับตัวแปร โดยกำหนดไว้ตรงส่วนหัวของโปรแกรม คุณสมบัติของค่าคงที่ที่ถูก #define ค่าข้อมูลจะยังคงอยู่ตลอดการทำงานของโปรแกรม โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้

3) ค่าคงที่ที่เก็บไว้ในตัวแปร (Memory Constants) นอกจากการกำหนดค่าคงที่ด้วยตัวประมวลผล (Preprocessor) #define แล้ว ยังสามารถกำหนดค่าคงที่ไว้ในส่วนของโปรแกรมได้อีกวิธีหนึ่งด้วยคำสั่ง const

2.1.7.7.2 ตัวแปรและชนิดข้อมูล

ตัวแปรเป็นตัวอักษรหลายตัวๆ ที่กำหนดขึ้นในโปรแกรมเพื่อใช้ในการเก็บค่าข้อมูลต่างๆ เช่น ค่าที่อ่านได้ จากตัวตรวจจับ ที่ต่ออยู่กับขาพอร์ตแอนะล็อกของอาดูโน ตัวแปรมีหลายประเภทดังนี้

ตารางที่ 2-5 ตารางตัวแปร

ชนิดของตัวแปร	ขนาด	ช่วงของข้อมูล	การกำหนด ชนิด ตัวแปร
1. Character	8 บิต	-128ถึง+127	char
2. Unsigned character	8 บิต	0 ถึง 255	unsigned char
3. Integer	16 บิต	-32768 ถึง+32767	int
4. Unsigned integer	16 บิต	0 ถึง 65535	unsigned int
5. Long integer	32 บิต	-2147483648 ถึง 2147483647	long int
6. Floating point	32 บิต	3.4×10^{-38} ถึง $3.4 \times 10^{+38}$	float

ที่มา : เศรษฐาพันธ์ สุกใส (2562)

2.1.7.7.2 กฎการตั้งชื่อตัวแปร

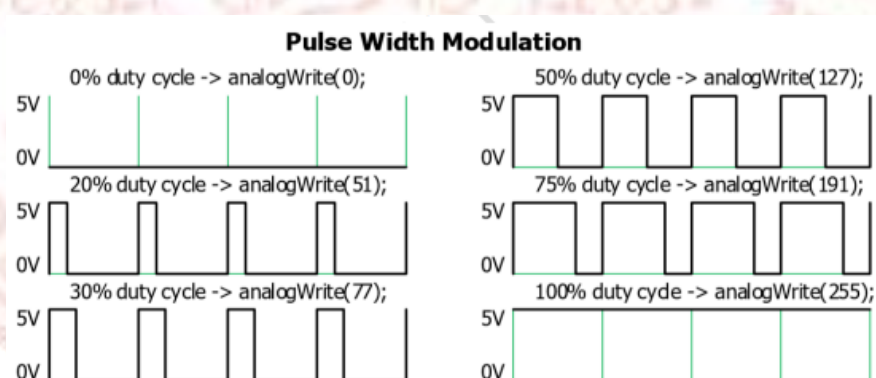
1) ชื่อตัวแปร สามารถตั้งชื่อได้ด้วยการนำตัวอักษร ตัวเลข รวมถึงการนำเครื่องหมาย _ (Underscore) มาใช้ แต่ต้องเริ่มต้นด้วยตัวอักษร ตัวแรกจะต้องเป็นตัวอักษรเท่านั้น อย่างไรก็ตามหากใช้เครื่องหมาย _ จะถือว่าเป็นตัวอักษรตัวหนึ่ง จึงสามารถนำมาตั้งชื่อตัวแปรตัวแรกได้

2) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวอักษรตัวพิมพ์เล็ก ในภาษาซีถือว่ามีความแตกต่างกัน

- 3) ชื่อตัวแปรต้องไม่ตรงกับคำสงวน (Reserved Keywords) ของภาษาซี
- 4) ชื่อตัวแปรสามารถมีความยาวได้ไม่จำกัด ด้วยอักษร ตามมาตรฐาน ANSI C
- 5) ชื่อตัวแปรไม่อนุญาตให้มีช่องว่าง แต่สามารถแยกคำได้โดยใช้เครื่องหมาย `_` เช่น `my_variable`
- 6) การตั้งชื่อตัวแปรให้สื่อความหมาย เพื่อคาดเดาได้ว่าตัวแปรดังกล่าวใช้เพื่อการใด

2.1.8 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อา두โนมีขาพอร์ตที่สามารถส่งสัญญาณออกแบบผสมสัญญาณทางความกว้างของพัลส์ได้หรือที่เรียกว่า พีดับเบิลยูเอ็ม โดยบอร์ดที่ใช้ชิพยูนีเตอร์ Atmega168, Atmega328 (บอร์ดรุ่น UNO, Mini, Nano) มีขาที่สามารถส่งสัญญาณออกได้ 6 ขาคือ D3, D5, D6, D9, D10, และ D11 ความถี่ของสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม จะมีค่า โดยประมาณที่ 490 Hz ส่วนค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถใส่ค่าได้ตั้งแต่ 0-255 ใช้สำหรับกำหนดค่าดิวตี้ไซเคิล ระหว่าง 0-100% (นายสง่า คุณคำ, 2567) ดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 แสดงรูปคลื่นพีดับเบิลยูเอ็ม จากฟังก์ชัน `analogWrite` (สง่า คุณคำ, 2562)

ฟังก์ชันที่ส่งสัญญาณออกยังขาเหล่านี้ใช้คำสั่ง `analogWrite(3, 100)`; หมายถึง ส่งสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มออกทางขา D3 โดยให้สัญญาณที่ส่งออกนั้นขนาดดิวตี้ไซเคิลที่ 100

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล เมื่อได้รับการป้อนพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้แกนของ

มอเตอร์หมุนแต่เนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องการกระแสไฟฟ้าในปริมาณสูงกว่าความสามารถที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายโดยตรงได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมียังวงจรขับมอเตอร์โดยเฉพาะเพื่อทำหน้าที่ขับมอเตอร์ให้ทำงานได้ตามต้องการ



ภาพที่ 2-18 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบปกติ

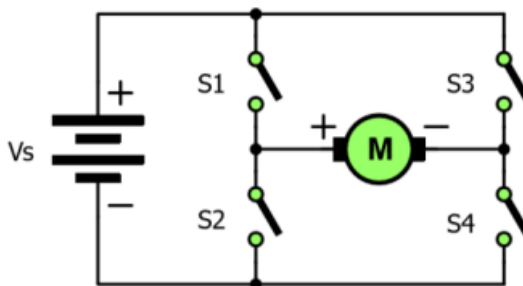
(สง่า คำคำ, 2562)



ภาพที่ 2-19 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กแบบที่มีชุดเฟืองทดรอบ

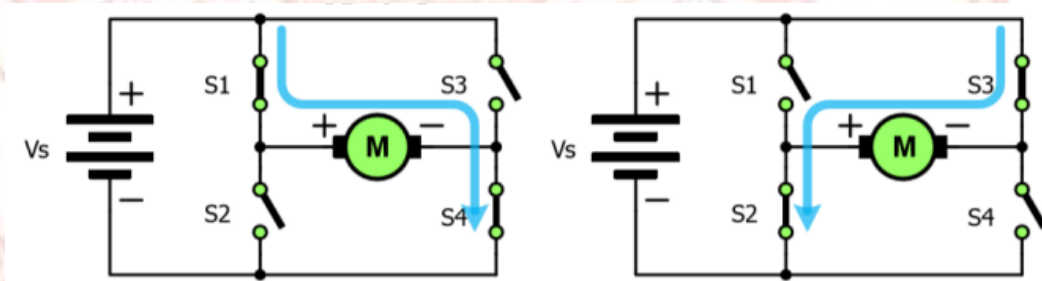
(สง่า คำคำ, 2562)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะถูกนำมาใช้ในโครงการที่มีกลไกการเคลื่อนไหวยามีค่าแรงดันไฟฟ้าในการทำงานในช่วง 1.5 โวลต์ถึง 24 โวลต์การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ง่ายเพียงป้อนไฟเข้าที่ขั้วมอเตอร์เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนและเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็เพียงหยุดการป้อนไฟฟ้าหรือถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็สามารถทำได้โดยการสลับขั้วไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพียงเท่านั้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็สามารถหมุนกลับทิศทางได้ในทันที สำหรับวงจรขับมอเตอร์ที่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนได้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ถูกจัดวางที่มีลักษณะคล้ายตัว H ในภาษาอังกฤษจึงเรียกววงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในลักษณะนี้ว่าวงจรขับแบบ H-Bridge ลักษณะของวงจรเป็นดังรูปที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 แสดงวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge (สง่า คำคำ, 2562)

จากรูปที่ 2-21 เป็นวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge ที่ใช้สวิตช์ ในสภาวะแรกเริ่มที่สวิตช์ทุกตัวยังไม่ทำงานมอเตอร์จะไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เมื่อทำการควบคุมให้สวิตช์ทำงานโดยให้ S1 และ S4 ทำงาน มอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW: Clock wise) หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางโดยให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW: Counter clock wise) ก็เพียงสลับการทำงานของสวิตช์โดยให้ S1, S4 ไม่ทำงานและให้สวิตช์ S2, S3 ทำงานแทน การควบคุมดังกล่าวจะมีลักษณะดังรูปที่ 2-21



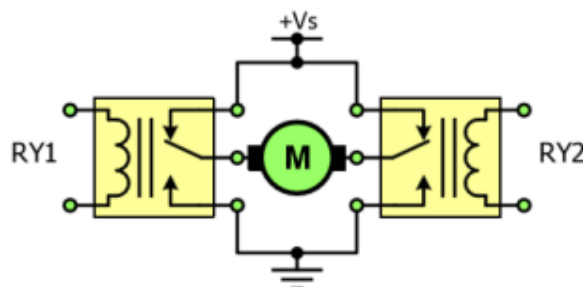
ภาพที่ 2-21 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge

(สง่า คำคำ, 2562)

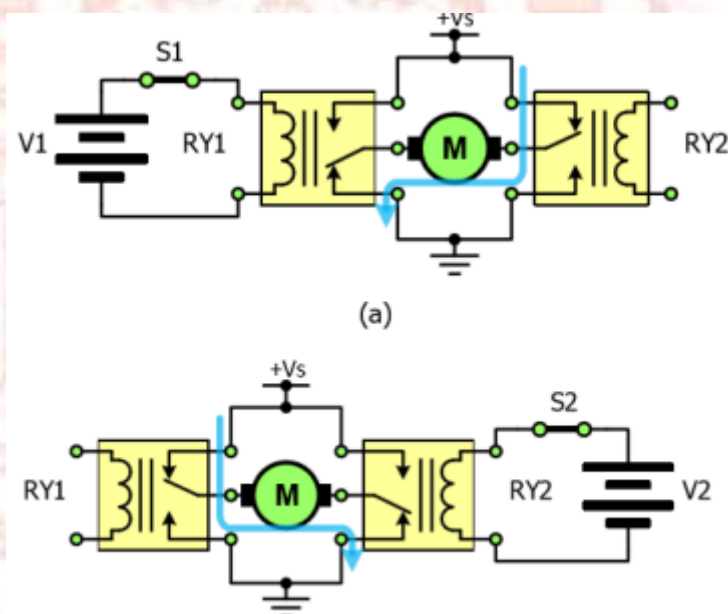
ตารางที่ 2-6 แสดงการควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge แบบใช้สวิตช์

สถานะของสวิตช์				สถานะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
S1	S2	S3	S4	
OFF	OFF	OFF	OFF	ไม่หมุน
ON	OFF	OFF	ON	หมุนตามเข็มนาฬิกา (CW)
OFF	ON	ON	OFF	หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW)

วงจรขับเคลื่อนที่เป็นลักษณะ H-Bridge สามารถเปลี่ยนจากการใช้สวิตช์มาเป็นรีเลย์โดยใช้รีเลย์ที่เป็นชนิด SPDT (Single pole double throw) ดังภาพที่ 2-22 และการควบคุมทิศทางการหมุนเป็นดังภาพ 2-23

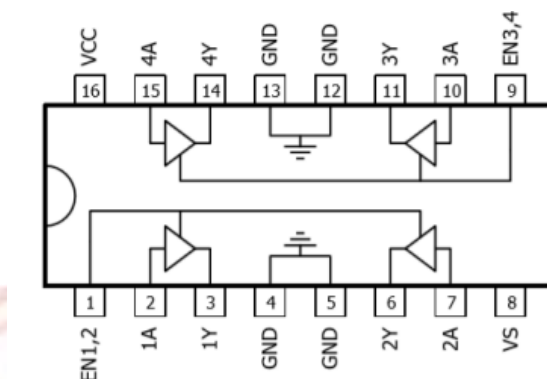


ภาพที่ 2-22 แสดงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์ (สง่า คำคำ, 2562)



ภาพที่ 2-23 แสดงการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรขับเคลื่อนแบบ H-Bridge ที่ใช้รีเลย์ (สง่า คำคำ, 2562)

การใช้งานจริงมีไอซีที่ถูกออกแบบมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะมีคุณสมบัติเป็นวงจรขับเคลื่อน H-Bridge ในกรณีที่ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กที่ใช้กระแสไม่เกิน 600 มิลลิแอมป์จะใช้ ไอซีเบอร์ L293D แต่หากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้กระแสสูงเกินค่าดังกล่าวแต่ไม่เกิน 4 แอมป์จะต้องใช้ไอซีเบอร์ L298 ในใบงานนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ L293D ในการทดลองโดยโครงสร้างของไอซีเป็นดังภาพที่ 2-24



ภาพที่ 2-24 แสดงโครงสร้างไอซีขับมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กเบอร์ L293D
(สง่า คำคำ, 2562)

2.1.9 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

2.1.9.1 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (นงเยาว์ สอนจะโปะ, 2564)



ภาพที่ 2-25 อุปกรณ์เซ็นเซอร์แต่ละชนิด (นงเยาว์ สอนจะโปะ, 2564)

2.1.9.1.1 DHT11 เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นได้ในตัว สามารถวัดอุณหภูมิ เป็นองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ ให้เอาต์พุตออกมาในรูปของดิจิทัล ใช้วัดอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ใช้กระแสไฟ 0.5-2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3-5.5 VDC วัดอุณหภูมิได้ช่วง 0-50 °C และวัดความชื้นในอากาศได้ระหว่าง 20-90%RH

2.1.9.1.2 DHT12 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น การสื่อสารเป็นแบบ I2C วัดอุณหภูมิระหว่าง -20-60 °C วัดความชื้นที่ 20-95% ใช้ไฟเลี้ยง 2.7-5.5VDC ใช้ได้ทั้งบอร์ดอา두โนและ NodeMCU

2.1.9.1.3 DHT21/AM2301 เป็นโมดูลเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิทัล ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง 3.3-5.2V วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40-80 °C และวัดความชื้นได้ในช่วง 0-100%

2.1.9.1.4 DHT22 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ใน ช่วง 3-3.6V วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40-80 °C และความชื้นได้ในช่วง 0-100%

2.1.9.1.5 DHT22/AM2302 เป็นโมดูลเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิทัล ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง 3-5V ใช้กระแสไฟสูงสุด 2.5mA วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40-80 °C และ วัดความชื้นได้ในช่วง 0-100%

2.1.9.1.6 DS3231 เป็นโมดูลนาฬิกาแบบเวลาจริง RTC (real time clock) ข้างในมีวงจรวัดอุณหภูมิ เพื่อนำอุณหภูมิมาคำนวณด้วยสมการชดเชยความถี่ที่ถูกรบกวน จากอุณหภูมิ มีแบตเตอรี่ในตัว ใช้งานได้โดยไม่ต้องมีไฟจากภายนอก สามารถคำนวณและเวลาได้ สามารถแสดงอุณหภูมิภายนอกได้ ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3-5.5V วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 0-70 °C

2.1.9.1.7 LM35 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ให้เอาต์พุตออกมาในรูปของแอนะล็อก (0-1023) รองรับแรงดันไฟฟ้าได้ 4-30V ใช้พลังงานต่ำเพียงแค่ 1mA มีขนาดเล็ก วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55-150 °C

2.1.9.1.8 MLX90614 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้การสัมผัส โดยใช้หลักการแปลงแสงอินฟราเรดที่ส่องออกจากตัววัตถุซึ่งจะมีสีแตกต่างกัน ใช้ไฟเลี้ยง 3.3V-5V เชื่อมต่อแบบ I2C สามารถวัดอุณหภูมิที่เป้าหมายแบบไร้การสัมผัสที่ -70-380 °C และสามารถวัดอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมได้ที่ -40-125 °C

2.1.9.2 หลักการทำงานของโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น (นายสง่า คำคำ, 2567)

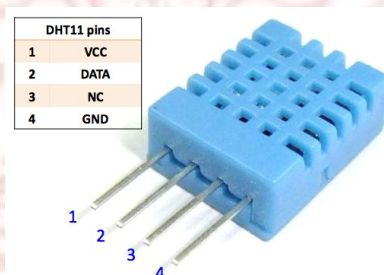
การวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ปัจจุบันมีเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ถูกรออกแบบมาทำงานนี้โดยเฉพาะเซ็นเซอร์ตัวนั้นคือ DHT11 และ DHT22 ซึ่งทั้งสองเป็นโมดูลที่ทำงานแบบเดียวกันทุกประการเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สื่อสารเพียงเส้นเดียวเป็นการสื่อสารสองทิศทางและเป็นการสื่อสารที่ให้ข้อมูลแบบดิจิทัล ความแตกต่างกันของโมดูลทั้งสองเป็นดังตาราง 2-7

ตารางที่ 2-7 ความแตกต่างกันของโมดูล DHT11 และ DHT22

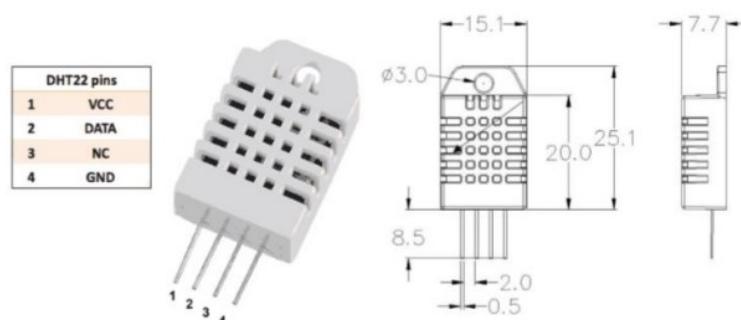
DHT11	DHT22
1. ต้นทุนต่ำมาก	1. ต้นทุนต่ำ
2. รองรับแรงดันไฟฟ้า 3 ถึง 5 โวลต์ สำหรับพลังงานและอินพุต/เอาต์พุต	2. รองรับแรงดันไฟฟ้า 3 ถึง 5 โวลต์ สำหรับพลังงานและอินพุต/เอาต์พุต
3. ใช้กระแสสูงสุด 2.5mA ระหว่างการแปลงข้อมูล	3. ใช้กระแสสูงสุด 2.5mA ระหว่างการแปลงข้อมูล
4. สามารถวัดค่าความชื้นในช่วง 20-80% ได้ด้วยความแม่นยำ $\pm 5\%$	4. สามารถวัดค่าความชื้นในช่วง 0-100% ได้ด้วยความแม่นยำ 2-5%
5. สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง $0-50^{\circ}\text{C}$ ได้ด้วยความแม่นยำ $\pm 2^{\circ}\text{C}$	5. สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -40 ถึง 125°C ได้ด้วยความแม่นยำ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
6. อัตราการสุ่มตัวอย่างไม่เกิน 1 Hz (1 ครั้งต่อวินาที)	6. อัตราการสุ่มตัวอย่างไม่เกิน 0.5 Hz (1 ครั้งทุก 2 วินาที)
7. ขนาดตัวเซ็นเซอร์ 15.5 มม. x 12 มม. x 5.5 มม.	7. ขนาดตัวเซ็นเซอร์ 15.1 มม. x 25 มม. x 7.7 มม.
8. มี 4 ขา โดยมีระยะห่างระหว่างขา 0.1 นิ้ว	8. มี 4 ขา โดยมีระยะห่างระหว่างขา 0.1 นิ้ว

ที่มา : สง่า คำคำ (2562)

จากตารางเปรียบเทียบจะเห็นความแตกต่างของโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งสองบอร์ดได้พอสมควร รูปร่างหน้าตา และขนาดของโมดูลตลอดจนหน้าที่ของแต่ละขาเป็นดังภาพ

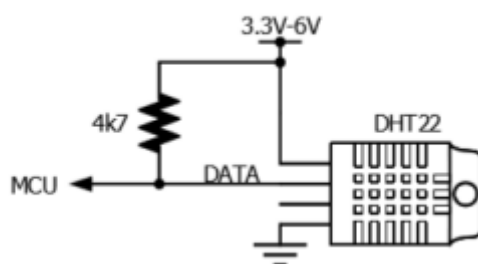


ภาพที่ 2-26 รูปร่างของโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT11 (สง่า คำคำ, 2562)



ภาพที่ 2-27 รูปร่างของโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 (สง่า คูคำ, 2562)

การต่อใช้งานโมดูล DHT11, DHT22 จะต้องใช้ตัวต้านทานพูลอัพที่ขาสัญญาณข้อมูลที่มีค่าเท่ากับ 4.7k ดังรูป



ภาพที่ 2-28 การต่อใช้งานโมดูล DHT11 DHT22 (สง่า คูคำ, 2562)

การเขียนโค้ดโปรแกรมเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง DHT11 และ DHT22 ปัจจุบันมีไลบรารีช่วยงานทำให้ผู้เขียนโค้ดสามารถเขียนโค้ดได้ง่ายขึ้น ซึ่งไลบรารีที่ต้องเอามาใช้งานเพื่ออ่านค่าจากโมดูลดังกล่าวจะต้องใช้ไลบรารี 2 ตัว โดยสามารถดาวน์โหลดได้ที่

ตารางที่ 2-8 แสดงแหล่งดาวน์โหลดไลบรารีสำหรับ DHT11 DHT22

ไลบรารี	แหล่งดาวน์โหลด
DHT.h	https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library
Adafruit_Sensor.h	https://github.com/adafruit/Adafruit_Sensor

ที่มา : สง่า คูคำ (2562)

2.1.10 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก

2.1.10.1 การใช้ไมโครตรวจสอบสัญญาณอินพุต HC-SR04 วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โมดูลสำหรับวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก มีให้เลือกใช้งานแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิต คุณภาพ และราคา มีราคาถูกไม่กี่ร้อยบาท ไปจนถึงราคาเป็นพันบาท สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้งานได้ เช่นการตรวจจับสิ่งกีดขวางสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (ทันพงษ์ ภูรักษา, 2562)

2.1.10.2 หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

โมดูล HC-SR04 เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ราคาถูก สำหรับวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (ใช้คลื่นเสียงความถี่ ประมาณ 40kHz) มีสองส่วนหลักคือ ตัวส่งคลื่นที่ทำหน้าที่สร้างคลื่นเสียงออกไปในการวัดระยะแต่ละครั้ง ("Ping") แล้วเมื่อไปกระทบวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง คลื่นเสียงถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับแล้วประมวลผลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในโมดูล ถ้าจับเวลาในการเดินทางของคลื่นเสียงในทิศทางไปและกลับ และถ้าทราบความเร็วเสียงในอากาศ ก็จะสามารถคำนวณระยะทางจากวัตถุที่ขวางได้

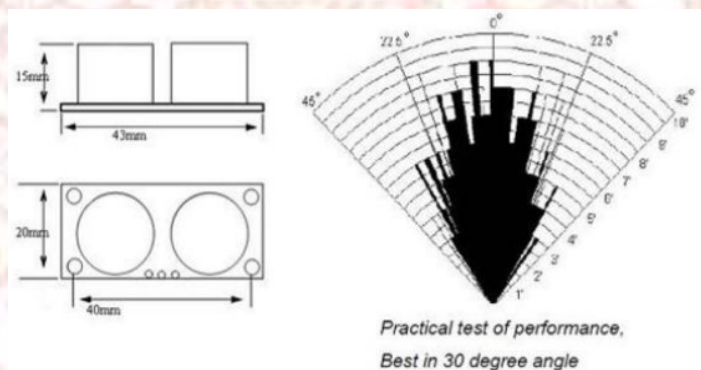


ภาพที่ 2-29 อุปกรณ์ HC-SR04 (ทันพงษ์ ภูรักษา, 2562)

โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V (4.5V ถึง +5.5V) โดยป้อนให้ขา VCC และ GND โมดูลนี้มีขาสัญญาณดิจิทัล TRIG (อินพุต) และ ECHO (เอาต์พุต) ที่นำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อย่างเช่น อาศัยในการวัดระยะทางแต่ละครั้ง จะต้องสร้างสัญญาณแบบพัลส์ ที่มีความกว้าง อย่างน้อย 10 ไมโครวินาที ไปยังขา TRIG หลังจากนั้นขา ECHO จะเปลี่ยนเป็นสถานะ HIGH ขณะที่รอรับสัญญาณสะท้อนกลับมา โดยความกว้างของพัลส์ที่ขา ECHO จะสัมพันธ์

กับระยะของวัตถุที่ตรวจจับได้ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความกว้างของพัลส์จะมีค่าต่ำ ถ้าวัตถุอยู่ไกล ความกว้างของพัลส์จะเพิ่มขึ้น ประเด็นที่ต้องพิจารณาเมื่อนำโมดูลนี้ไปใช้งาน ได้แก่ ช่วงระยะของการวัด, มุมกระจายของคลื่นเสียง (Beam Angle), และลักษณะของการสะท้อนจากวัตถุ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของการวัดได้ (ทันพงษ์ ภูรักษา, 2562)

สง่า คำคำ (2562) เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่สามารถเดินทางผ่านอากาศได้ดังนั้นถ้าใช้คุณสมบัตินี้มาสร้างเครื่องวัดระยะทางโดยอาศัยการเดินทางของเสียงผ่านอากาศก็สามารถทำได้เช่นกัน เนื่องจากความถี่เสียงจะมีช่วงของความถี่ช่วงหนึ่งที่มนุษย์สามารถได้ยินเสียงได้คืออยู่ในช่วง 20Hz-20kHz ดังนั้นหากใช้เสียงในช่วงนี้ ก็จะเป็นการรบกวนการได้ยินของมนุษย์ด้วย ดังนั้นจึงต้องใช้ความถี่ที่สูงกว่าความถี่เสียงปกติเพื่อ หลีกเลี่ยงการได้ยินของมนุษย์ในปัจจุบันได้มีการใช้ความถี่ 40kHz เพื่อใช้ในการวัดระยะทางความถี่นี้ เป็นความถี่ที่สูงกว่าเสียงที่มนุษย์ได้ยินจึงเรียกเสียงนี้ว่า “อัลตราโซนิก” โมดูลวัดระยะทางโดยใช้อัลตราโซนิกจะประกอบด้วยลำโพงที่ส่งคลื่นเสียงและไมโครโฟนที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับเสียง แต่เนื่องจากตัวลำโพงในโมดูลมีขนาดเล็กเสียงที่ส่งออกจึงมีเสียงเบาทำให้ระยะของการวัดไม่ไกลนักซึ่งจะมีระยะไม่ เกิน 5 เมตรและมีมุมที่ใช้งานแคบดังภาพ



ภาพที่ 2-30 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันกับระยะทาง (สง่า คำคำ, 2562)

โมดูลอัลตราโซนิกสำหรับวัดระยะทางถูกสร้างมาให้ให้เลือกใช้หลายรุ่นแต่แต่ละรุ่นมีข้อแตกต่างกัน อย่างเดียวคือความแม่นยำของการวัดดังตาราง การเลือกใช้งานหากระดับความแม่นยำไม่สำคัญมาก นักโมดูล HR-SC04 จึงเหมาะที่จะนำมาทดลองใช้ในใบงานเนื่องจากเป็นโมดูลวัดระยะที่มีราคาถูกกว่ารุ่นอื่นๆ

ตารางที่ 2-9 แสดงคุณสมบัติของอัลต้าโซนิกแต่ละรุ่น

	HR-SC04	HY-SRF05	US-100
1. มุมของเซ็นเซอร์	น้อยกว่า 15 องศา	น้อยกว่า 15 องศา	น้อยกว่า 15 องศา
2. ระยะตรวจจับ	2 ซม. - 450 ซม.	2 ซม. - 450 ซม.	2 ซม. - 450 ซม.
3. ความแม่นยำ	ประมาณ ± 3 มม.	ประมาณ ± 2 มม.	ประมาณ ± 1 มม.
4. แรงดันไฟในการทำงาน	5VDC	5VDC	5VDC
5. กระแสไฟฟ้าขณะอยู่ในสถานะคงที่	น้อยกว่า 2 มิลลิแอมป์	น้อยกว่า 2 มิลลิแอมป์	น้อยกว่า 2 มิลลิแอมป์

ที่มา : สง่า คำคำ (2562)

ตารางที่ 2-10 แสดงแหล่งดาวน์โหลดไลบรารีสำหรับอัลต้าโซนิก

ไลบรารี	แหล่งดาวน์โหลด
Ultrasonic.h	https://github.com/ErickSimoes/Ultrasonic

ที่มา : สง่า คำคำ (2562)

2.2 การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

2.2.1 แนวคิดและทฤษฎีของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นกลยุทธ์การสอนที่ให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ โดยแต่ละคนมีหน้าที่รับผิดชอบทั้งการเรียนรู้ของตนเองและการช่วยเหลือเพื่อนร่วมกลุ่ม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทางการเรียนรู้ (Li & Lam, 2013) แนวทางนี้เป็น การเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Learning) โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

การเรียนรู้แบบร่วมมือมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่

- 1) การพึ่งพากันในทางบวก (Positive Interdependence) สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มต้องพึ่งพากันและกันเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของกลุ่ม
- 2) ความรับผิดชอบรายบุคคล (Individual Accountability) ผู้เรียนต้องรับผิดชอบในส่วนที่ตนเองได้รับมอบหมายและช่วยเหลือกลุ่มให้ประสบความสำเร็จ
- 3) ปฏิสัมพันธ์แบบส่งเสริมกัน (Face-to-Face Promotive Interaction) มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สนับสนุน และให้คำแนะนำแก่กัน
- 4) การใช้ทักษะทางสังคมที่เหมาะสม (Appropriate Use of Social Skills) การ

ทำงานเป็นทีมต้องอาศัยทักษะทางสังคม เช่น การสื่อสาร การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาความขัดแย้ง

5) กระบวนการประเมินและพัฒนากลุ่ม (Group Processing) กลุ่มต้องประเมินการทำงานของตนเองเป็นระยะเพื่อปรับปรุงการทำงานในอนาคต

รูปแบบของการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีหลายวิธีที่สามารถนำไปใช้ได้ในห้องเรียน เช่น

- 1) Student Teams-Achievement Divisions (STAD) ให้ผู้เรียนทำงานกลุ่มเพื่อศึกษาบทเรียน และนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับคะแนนพื้นฐานของตนเอง
- 2) Teams-Games-Tournament (TGT) ใช้การแข่งขันเป็นเครื่องมือเสริมแรงการเรียนรู้
- 3) Cooperative Integrated Reading and Composition (CIRC) ใช้ในการพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียน
- 4) Jigsaw II ผู้เรียนแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนๆ ศึกษาเป็นผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำความรู้มาแบ่งปันกับกลุ่ม
- 5) Think-Pair-Share ให้ผู้เรียนคิดคนเดียว จับคู่พูดคุย แล้วนำเสนอความคิดเห็นต่อชั้นเรียน (Li & Lam, 2013)

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning: CL) เป็นแนวทางการเรียนการสอนที่นักเรียนทำงานร่วมกันในกลุ่มเพื่อบรรลุเป้าหมายทางการเรียนรู้ร่วมกัน โดยต้องมีโครงสร้างที่ชัดเจนเพื่อส่งเสริมการพึ่งพาอาศัยกันและความรับผิดชอบของแต่ละบุคคล (Felder & Brent, 2007)

โครงสร้างและแนวทางการใช้ Cooperative Learning

การเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถนำไปใช้กับกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น

- 1) การแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Problem Sets) ให้นักศึกษาทำงานร่วมกันและได้รับการประเมินเป็นทีม
- 2) การทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratories and Projects) ปรับเกรดตามผลงานรายบุคคล
- 3) Jigsaw – แบ่งนักศึกษาเป็นผู้เชี่ยวชาญในแต่ละหัวข้อและให้แลกเปลี่ยนความรู้กับทีม
- 4) การตรวจสอบโดยเพื่อนร่วมทีม (Peer Editing) ให้กลุ่มช่วยกันตรวจสอบและ

วิจารณ์งาน

5) Peer-Led Team Learning (PLTL) ใช้ผู้ช่วยสอนที่เป็นนักศึกษานำทีมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ (Felder & Brent, 2007)

จากการศึกษา แนวคิดและทฤษฎีของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบของการเรียนรู้แบบ Student Teams Achievement Division (STAD) ซึ่งพัฒนาโดย Slavin (2005) ในงานวิจัย เนื่องจากการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อช่วยกันเรียนรู้และพัฒนาทักษะทางสังคมของตนเอง Student Teams Achievement Division (STAD) ซึ่งพัฒนาโดย Slavin (2005) ถูกนำไปใช้ในหลากหลายบริบททางการศึกษา STAD เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เพื่อให้การเรียนการสอนเป็นระบบและส่งเสริมการพัฒนาทักษะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถอธิบายเป็น 6 ขั้นตอนหลักดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Motivating Students (กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ)

- ครูเริ่มต้นบทเรียนโดยการให้แรงจูงใจ กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ และอธิบายเป้าหมายของบทเรียนอย่างชัดเจน

- นักเรียนรับรู้วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และมีแรงจูงใจที่จะเข้าร่วมกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 2 Presenting Information (นำเสนอข้อมูล)

- ครูถ่ายทอดความรู้โดยการบรรยาย การสาธิต หรือใช้สื่อการเรียนรู้ เพื่อให้แนวทางเบื้องต้นแก่นักเรียนในการทำกิจกรรม

- เนื้อหาถูกนำเสนอในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเรียนรู้แบบกลุ่มได้

ขั้นตอนที่ 3 Organizing Groups (จัดกลุ่มนักเรียน)

- นักเรียนถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย (ประมาณ 4-5 คน) โดยมีความหลากหลายด้านความสามารถ เพศ และเชื้อชาติ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และช่วยเหลือกัน

ขั้นตอนที่ 4 Guiding the Groups (แนะแนวกลุ่ม)

- ครูมอบหมายงานให้กลุ่ม และนักเรียนที่เข้าใจเนื้อหาก่อนช่วยอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มเข้าใจ

- สมาชิกแต่ละคนมีบทบาทและหน้าที่ชัดเจนในการช่วยกันทำความเข้าใจเนื้อหา

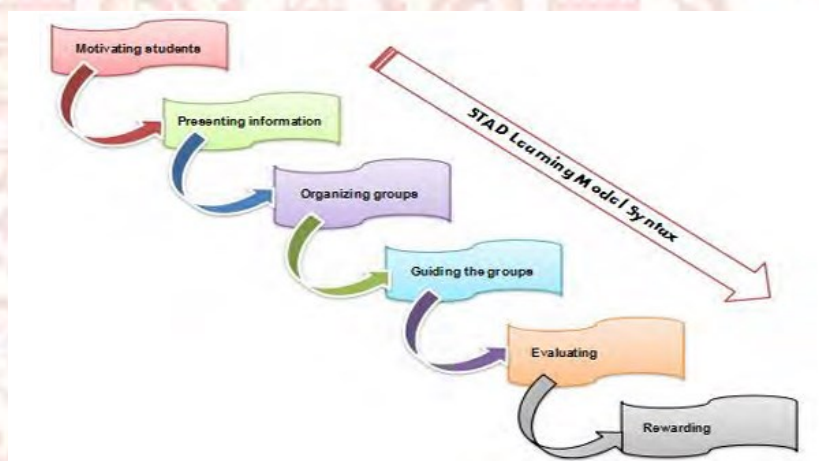
- ครูคอยให้คำแนะนำและสนับสนุนการทำงานของกลุ่มเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 5 Evaluating (ประเมินผลการเรียนรู้)

- ครูจัดให้มีการทำแบบทดสอบหรือกิจกรรมประเมินผล เพื่อวัดระดับความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน
- นักเรียนต้องทำแบบทดสอบด้วยตนเอง โดยไม่สามารถขอความช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมกลุ่ม เพื่อให้สามารถวัดผลความก้าวหน้าของแต่ละบุคคลได้อย่างแท้จริง

ขั้นตอนที่ 6 Rewarding (ให้รางวัล)

- ครูให้รางวัลแก่บุคคลและกลุ่มตามผลการเรียนรู้ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนพยายามพัฒนาตนเองและช่วยเหลือเพื่อนร่วมกลุ่ม
- การให้รางวัลสามารถอยู่ในรูปแบบของคะแนนพิเศษ คำชื่นชม หรือสิทธิพิเศษในชั้นเรียน



ภาพที่ 2-31 โครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบร่วมมือประเภท STAD

(Suastika, I. N., Suartama, I. K., Sanjaya, D. B., & Arta, K. S., 2021)

จากการศึกษาของ Suastika, Suartama, Sanjaya และ Arta (2021) พบว่า STAD เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความรู้ ทักษะ และทัศนคติ และทักษะของนักเรียน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเรียนรู้แบบพหุวัฒนธรรม พบว่านักเรียนที่เรียนด้วย STAD มีพัฒนาการที่ดีในด้านการทำงานเป็นทีมและการแบ่งปันความรู้ในกลุ่ม การเรียนรู้แบบพหุวัฒนธรรมสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องความหลากหลายของวัฒนธรรมได้ดียิ่งขึ้น

2.2.2 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือในกระบวนการเรียนการสอนเขียนโปรแกรม

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เป็นแนวทางการสอนที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะในกระบวนการเรียนการสอนเขียนโปรแกรม ซึ่งต้องการการพัฒนาทักษะการคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีม

Gillies (2023) พบว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ สามารถเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนและส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการทำงานเป็นทีม นักเรียนที่ทำงานร่วมกันในกลุ่มสามารถช่วยกันแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนแนวคิด และพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้น การสอนแบบ Inquiry-Based Learning (IBL) ที่ใช้กลุ่มร่วมมือ ทำให้นักเรียนสามารถตั้งคำถาม ทดสอบสมมติฐาน และเรียนรู้จากกันและกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนเขียนโปรแกรมได้อย่างดี

Zhou และ Colomer (2024) ยังกล่าวว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรับผิดชอบของนักเรียน และส่งเสริมการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายทางวัฒนธรรม เทคนิคการเรียนรู้ที่ใช้ เช่น Jigsaw และ Learning Teams สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการเขียนโปรแกรม

การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเรียนการสอนเขียนโปรแกรม โดยช่วยเพิ่มความเข้าใจ ลดความกดดัน และพัฒนาทักษะการคิดเชิงตรรกะ นักเรียนสามารถเรียนรู้จากกันและกันผ่านกิจกรรมกลุ่ม เช่น Jigsaw หรือ Learning Teams ซึ่งทำให้พวกเขาพร้อมรับมือกับการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น

2.3 ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative Artificial Intelligence)

2.3.1 ความหมายและประเภทของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative Artificial Intelligence - Generative AI) เป็นสาขาย่อยของปัญญาประดิษฐ์ที่มีความสามารถในการสร้างเนื้อหาใหม่โดยอัตโนมัติ ไม่ว่าจะเป็นข้อความ รูปภาพ วิดีโอ เสียง โค้ดโปรแกรม และเนื้อหาอื่น ๆ โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ผ่านการฝึกฝนจากข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่มีโครงสร้างและสอดคล้องกับข้อมูลที่ใช้ฝึก (จุติมา, 2567) ตัวอย่างที่เด่นชัดของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ได้แก่ แชทจีพีที (ChatGPT) ซึ่งพัฒนาโดย OpenAI ใช้โมเดล GPT (Generative Pre-trained Transformer) ในการสร้างข้อความที่มีความคล้ายคลึงกับภาษามนุษย์ และ Gemini ซึ่งพัฒนาโดย Google DeepMind ใช้เทคนิค GANs และ GPT รวมกันเพื่อสร้างเนื้อหาหลากหลายรูปแบบ เช่น ข้อความ ภาพ และเสียง

2.3.2 การใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถสร้างเนื้อหาใหม่ตามรูปแบบที่ได้รับการฝึกฝนไว้ โดยเฉพาะในด้านการเขียนโปรแกรม เทคโนโลยีนี้มีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือนักเรียนและนักพัฒนาในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะเขียนโค้ด ผ่านการให้คำแนะนำ แก้ไขข้อผิดพลาด และสร้างโค้ดตัวอย่าง (Silva et al., 2024)

โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Models - LLMs) เช่น แชทจีพีที ได้ถูกนำมาใช้ในบริบทของการเรียนการสอนด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยสามารถช่วยนักเรียนตรวจสอบโค้ด แก้ไขข้อผิดพลาด และให้คำแนะนำเกี่ยวกับโครงสร้างของโปรแกรม (Anagnostopoulos, 2023)

2.3.3 บทบาทของ แชทจีพีที ในการเรียนรู้ทักษะการเขียนโปรแกรม

แชทจีพีที ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้านการเขียนโปรแกรมผ่านการให้คำแนะนำ และสร้างโค้ดที่สามารถปรับใช้ได้จริงในบริบทต่าง ๆ (Bucaioni et al., 2024) การศึกษาพบว่า แชทจีพีทีสามารถช่วยนักเรียนได้ในหลายด้าน เช่น การแนะนำโครงสร้างโค้ดที่ถูกต้อง การช่วยทำความเข้าใจหลักการเชิงตรรกะของโปรแกรม และการเสนอแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาด (debugging)

ผลการศึกษาพบว่า แชทจีพีที ทำงานได้ดีในระดับปัญหาที่ง่ายถึงปานกลาง แต่ยังขาดความแม่นยำเมื่อเผชิญกับปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น โดยเฉพาะด้านประสิทธิภาพของรันไทม์และการใช้หน่วยความจำ (Coello et al., 2024)

2.3.4 ข้อดีและข้อจำกัดของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการสนับสนุนการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรม

ข้อดี คือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดของการเขียนโปรแกรมผ่านการอธิบายที่เป็นธรรมชาติและโต้ตอบได้ (Silva et al., 2024) ช่วยลดข้อผิดพลาดในโค้ด ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อผิดพลาดของโค้ดแบบเรียลไทม์ (Bringula, 2024) สร้างโค้ดต้นแบบได้อย่างรวดเร็ว ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง สามารถช่วยสร้างโค้ดที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว (Coello et al., 2024)

ข้อจำกัด คือ ความแม่นยำของโค้ดที่สร้างขึ้น แม้ว่า แชทจีพีที จะสามารถสร้างโค้ดได้ แต่ยังพบข้อผิดพลาดด้านความถูกต้องของโค้ด (Bucaioni et al., 2024) ความสามารถในการเข้าใจตรรกะ

เชิงลึก ปัญหาประดิษฐ์แบบรู้สร้างอาจขาดความสามารถในการเข้าใจตรรกะที่ซับซ้อนและสร้างโค้ดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Anagnostopoulos, 2023) ผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักศึกษา การใช้ปัญหาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง อย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้นักเรียนพึ่งพาปัญหาประดิษฐ์แบบรู้สร้างมากเกินไปจนไม่พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยตนเอง (Jin et al., 2024)

2.4 ทักษะการเขียนโปรแกรม (Programming Skills)

2.4.1 ความสำคัญของทักษะการเขียนโปรแกรม

ทักษะการเขียนโปรแกรมถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาความคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในยุคดิจิทัลและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการศึกษาระดับอุดมศึกษาและอุตสาหกรรม (Topalli & Cagiltay, 2018)

ทักษะการเขียนโปรแกรมไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์และเทคโนโลยีได้ แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำงานในสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Juárez-Ramírez et al., 2018)

การพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมในระดับการศึกษาเริ่มต้น เช่น การสอนผ่านแพลตฟอร์ม Code.org หรือการใช้ Scratch ช่วยสร้างความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้แก่เด็กและเยาวชน อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และการสร้างนวัตกรรมในระยะยาว (Kalelioglu, 2015; Tocháček et al., 2016)

การเขียนโปรแกรมยังได้รับการสนับสนุนในระดับประเทศ โดยหลายประเทศได้บรรจุทักษะนี้ลงในหลักสูตรการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมประชาชนสู่ยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (Tuomi et al., 2018)

จากการศึกษาวิจัยชี้ให้เห็นว่าการเรียนการเขียนโปรแกรมช่วยเสริมสร้างความสามารถในด้านการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน การออกแบบอัลกอริทึม และการจัดการความซับซ้อนในโปรแกรม ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างมีประสิทธิภาพ (Juárez-Ramírez et al., 2018) ดังนั้น การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสรู้และพัฒนาทักษะดังกล่าวตั้งแต่ในระดับต้นจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการสร้างความพร้อมทั้งในด้านการศึกษาและอาชีพในอนาคต

2.4.2 องค์ประกอบของทักษะการเขียนโปรแกรม

ทักษะการเขียนโปรแกรมประกอบด้วยองค์ประกอบหลักหลายด้าน ซึ่งครอบคลุมความสามารถสำคัญ เช่น การแก้ปัญหา (Problem Solving) การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm Design) การเขียนโค้ด (Coding Skills) การทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด (Debugging and

Testing) ความเข้าใจโครงสร้างของโปรแกรม (Understanding Program Structures) การใช้งานเครื่องมือพัฒนา (Use of Development Tools) และการจัดการความซับซ้อน (Managing แต่ละองค์ประกอบยังรวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้อง เช่น การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบขั้นตอนวิธี และการใช้งาน Integrated Development Environments (IDEs) เพื่อช่วยจัดการโค้ดและลดข้อผิดพลาดในกระบวนการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งช่วยพัฒนาความคิดเชิงตรรกะและเพิ่มประสิทธิภาพในการเขียนโปรแกรม (Juárez-Ramírez et al., 2018)

2.4.3 แนวทางการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมในผู้เรียน

ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Topalli และ Cagiltay (2018) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมในกลุ่มนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ โดยเพิ่มกิจกรรมพัฒนาเกมผ่านโปรแกรม Scratch ซึ่งช่วยให้นักศึกษาเชื่อมโยงแนวคิดการเขียนโปรแกรมกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง การศึกษานี้เน้นการพัฒนาทักษะอัลกอริทึมและการเขียนโปรแกรมในลักษณะที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างมีโครงสร้างและลดข้อจำกัดทางไวยากรณ์ของภาษาโปรแกรมทั่วไป

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักศึกษาที่ผ่านหลักสูตร enriched course ซึ่งมีการบูรณาการกิจกรรมการพัฒนาเกม สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในโครงการ Senior Project ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คะแนนเฉลี่ยในโครงการ Senior Project ของนักศึกษากลุ่มนี้สูงกว่านักศึกษาที่เรียนหลักสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าเฉลี่ย 3.16 เทียบกับ 2.56) สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาเกมช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ และส่งเสริมความสามารถในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาทางเทคนิคที่ซับซ้อน (Topalli & Cagiltay, 2018)

2.5 การยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance)

2.5.1 ความหมายของการยอมรับเทคโนโลยี

Davis (1989) ได้นำเสนอแบบจำลอง Technology Acceptance Model (TAM) ซึ่งเป็นหนึ่งในแบบจำลองแรกที่ใช้ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยี โดยระบุว่าการนำเทคโนโลยีมาใช้งานขึ้นอยู่กับสองปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) หมายถึงระดับที่ผู้ใช้เชื่อว่าเทคโนโลยีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน 2) การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) หมายถึง ระดับที่ผู้ใช้เชื่อว่าเทคโนโลยีสามารถใช้งานได้สะดวก ยิ่งผู้ใช่มองว่าเทคโนโลยีมีประโยชน์และใช้งานง่าย ก็จะมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้มากขึ้น

Venkatesh et al. (2003, 2012) ได้พัฒนา Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจาก TAM โดยเพิ่มปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการนำเทคโนโลยีมาใช้ เช่น อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) ความคาดหวังด้านความพยายาม (Effort Expectancy) และเงื่อนไขที่อำนวยความสะดวก (Facilitating Conditions) ซึ่งแบบจำลอง UTAUT ได้รับความนิยมในการศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กรและการศึกษา

Rogers (2003) ได้เสนอแนวคิด Diffusion of Innovations Theory ซึ่งอธิบายว่าการยอมรับเทคโนโลยีเป็นกระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรม โดยบุคคลจะแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ Innovators (ผู้ริเริ่ม), Early Adopters (ผู้ใช้กลุ่มแรก), Early Majority (กลุ่มที่ใช้ก่อน), Late Majority (กลุ่มที่ใช้ภายหลัง), และ Laggards (กลุ่มที่ใช้ท้ายสุด) ซึ่งการแบ่งกลุ่มนี้ช่วยให้เข้าใจว่าเหตุใดบางคนจึงยอมรับเทคโนโลยีเร็วกว่า หรือช้ากว่าคนอื่น

Ofosu-Ampong et al. (2023) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ แชนเจีฟิที และ AI ในการศึกษา โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ ได้แก่ Perceived Usefulness (การรับรู้ถึงประโยชน์), Social Influence (อิทธิพลทางสังคม), Innovation Characteristics (ลักษณะนวัตกรรม), และ Psychological Needs (ความต้องการทางจิตวิทยา) ซึ่งหมายความว่า หากนักเรียนมองว่า AI สามารถช่วยพัฒนาทักษะและส่งเสริมการเรียนรู้ของพวกเขา พวกเขาก็จะมีแนวโน้มที่จะนำ AI ไปใช้มากขึ้น

Abdaljaleel et al. (2024) ได้พัฒนา TAME-ChatGPT Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ แชนเจีฟิที โดยเฉพาะ ปัจจัยสำคัญที่ถูกนำมาพิจารณา ได้แก่ Ease of Use (ความง่ายในการใช้งาน), Perceived Benefit (การรับรู้ถึงประโยชน์), Attitude toward AI (ทัศนคติที่มีต่อ AI), และ Perceived Risk (ความเสี่ยงที่รับรู้ได้) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

จากการศึกษาทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า การยอมรับเทคโนโลยีเป็นกระบวนการที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความสามารถของเทคโนโลยี, อิทธิพลของสังคม, ทัศนคติของผู้ใช้, และปัจจัยทางจิตวิทยา ซึ่งแต่ละปัจจัยมีบทบาทสำคัญในการกำหนดว่าผู้ใช้จะยอมรับและนำเทคโนโลยีนั้นไปใช้หรือไม่ นอกจากนี้ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี เช่น AI, แชนเจีฟิที และแพลตฟอร์มดิจิทัล ทำให้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีต้องถูกพัฒนาให้ครอบคลุมและทันสมัยมากขึ้น เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของผู้ใช้ในยุคดิจิทัลได้อย่างแม่นยำ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Bucaioni et al. (2024) พบว่า แม้ว่า แชนเจจีพีที จะสามารถสร้างโค้ดได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับพื้นฐานถึงปานกลาง แต่เมื่อปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การจัดการหน่วยความจำและการเพิ่มประสิทธิภาพโค้ด แชนเจจีพีที ยังคงมีข้อจำกัดเมื่อเทียบกับโปรแกรมเมอร์มนุษย์ การศึกษายังระบุว่า AI สามารถช่วยนักเรียนทำความเข้าใจโครงสร้างของโค้ดได้ แต่ไม่สามารถทดแทนการพัฒนาทักษะเชิงลึกได้

Coello, Alimam และ Kouatly (2024) ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ แชนเจจีพีที (GPT-3.5 และ GPT-4) ในการสร้างโค้ดผ่านชุดข้อมูล Mostly Basic Python Problems (MBPP) และเปรียบเทียบกับโมเดลภาษาอื่น ๆ เช่น Google's Bard และ Anthropic's Claude ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แชนเจจีพีที มีศักยภาพในการช่วยเหลือการเขียนโปรแกรมและการพัฒนาโค้ด โดยเฉพาะในงานที่ต้องการความรวดเร็วและความแม่นยำระดับพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม นักพัฒนาจำเป็นต้องตรวจสอบโค้ดที่ AI สร้างขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

Tafferner et al. (2023) ได้ศึกษาความสามารถของ แชนเจจีพีที ในการช่วยออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า AI สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลือกเซนเซอร์และการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ แชนเจจีพีที สร้างขึ้นยังจำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากบางครั้งอาจมีข้อผิดพลาดในข้อมูลที่ให้มา

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning - CL) ได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียน พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และกระตุ้นให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น งานวิจัยของ Jin et al. (2024) นำเสนอแนวคิด Teachable AI Agents ซึ่งเป็นแนวทางที่ให้นักเรียนสอน AI เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ผ่านการโต้ตอบและตั้งคำถาม การศึกษาพบว่าการใช้ AI เป็น "นักเรียนเสมือน" ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะด้านการคิดวิเคราะห์และกระตุ้นให้พวกเขาเรียนรู้ผ่านการสอน ซึ่งถือเป็นแนวทางที่ช่วยให้เกิดการสร้างความรู้ใหม่

Chen et al. (2024) ได้นำเสนอแนวทาง Inquiry-Based Learning (IBL) ที่ขับเคลื่อนด้วย แชนเจจีพีที เพื่อใช้ในโปรแกรมฝึกอบรมสำหรับการแข่งขันรถอัจฉริยะ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า แชนเจจีพีที สามารถช่วยนักเรียนพัฒนาแนวคิดเชิงตรรกะผ่านการตั้งคำถามและให้คำแนะนำในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้และส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น

Silva et al. (2024) ศึกษาความท้าทายและประโยชน์ของ แชนเจีพีที ในการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมในระดับอุดมศึกษา พบว่าแม้ แชนเจีพีที จะช่วยให้การเรียนรู้เป็นไปได้อย่างรวดเร็วขึ้น แต่ก็มีความเสี่ยงที่นักเรียนจะพึ่งพา AI มากเกินไปจนทำให้ทักษะการคิดวิเคราะห์ลดลง (Silva et al., 2024)



บทที่ 3

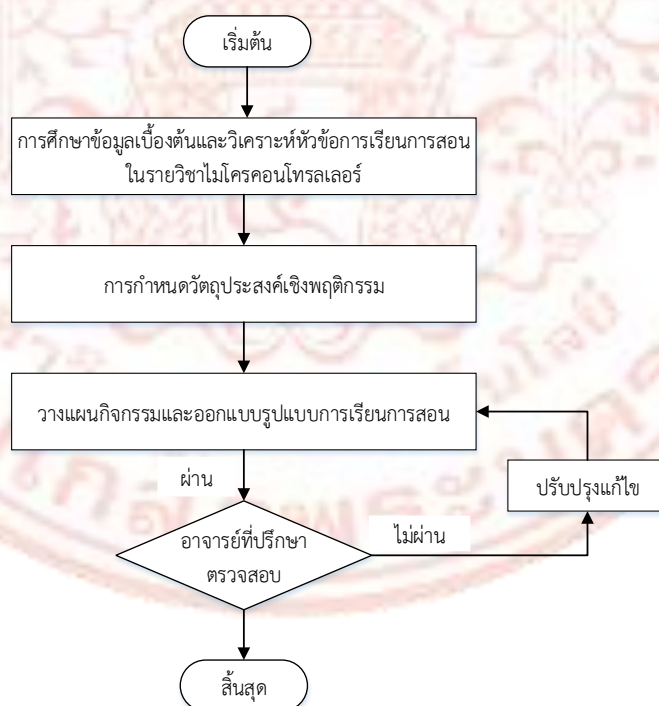
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้น การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาประติษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกระบวนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาประติษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยได้กำหนดลำดับขั้นตอนในการศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาประติษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

ดังภาพที่ 3-1 มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3-1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาประติษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและวิเคราะห์หัวข้อการเรียนการสอน ในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์

การศึกษาเกี่ยวกับรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20105-2005 ได้ทำการวิเคราะห์ รายวิชาจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ โดยวิเคราะห์จากคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร หนังสือตำรา งานวิจัย ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง และประสบการณ์ผู้สอน พบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นรายวิชาที่เกี่ยวข้องอย่างมากกับการเรียนรู้และพัฒนาทักษะในด้านการควบคุมและการประยุกต์ใช้งานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมปัจจุบัน โดยเฉพาะในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรายวิชานี้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่ออยู่ ไม่ว่าจะเป็นเซ็นเซอร์ อุปกรณ์แสดงผล หรืออุปกรณ์ขับเคลื่อน รายวิชานี้เน้นการฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ตลอดจนการออกแบบระบบที่สามารถเชื่อมต่อกับ เซ็นเซอร์เพื่อเก็บข้อมูลและสั่งการในระบบอัตโนมัติ รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นพื้นฐาน สำคัญที่เชื่อมโยงกับแนวคิดของการพัฒนาระบบอัตโนมัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคการผลิตที่ต้อง พึ่งพาระบบควบคุมที่มีความแม่นยำสูง จากนั้นได้ทำการกำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

หน่วยการเรียนรู้ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยการเรียนรู้ 2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์เบิกลูเอม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยการเรียนรู้ 3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

หน่วยการเรียนรู้ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

3.1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยสร้างจากการวิเคราะห์องค์ความรู้ และทักษะที่ ผู้เรียนจะต้องได้รับ และต้องคำนึงถึงกระบวนการการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับทั้งทางด้านความรู้ ความ เข้าใจในเนื้อหา และการนำทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ เพื่อนำไปทดสอบสำหรับการประเมินความรู้ของ ผู้เรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนในทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ตามเงื่อนไขตั้งแต่ หน่วยการเรียนรู้ทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้ และสามารถปฏิบัติได้จริงหลังจากผู้เรียน เรียนครบตาม กระบวนการที่ได้วางแผน และดำเนินการจนเสร็จสิ้นบทเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรมดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตารางการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หน่วยที่	หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
1	พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	1.1 อธิบายโครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกต้อง 1.2 บอกชนิดของตัวแปรของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกต้อง 1.3 บอกตัวแปรของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เหมาะสมกับงานได้ 1.4 อธิบายการใช้คำสั่งการควบคุมทิศทางทำงานแบบมีเงื่อนไขได้ถูกต้อง 1.5 อธิบายการใช้คำสั่งการควบคุมทิศทางการทำงานวนลูปได้ถูกต้อง 1.6 อธิบายการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ของตัวกระทำทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง 1.7 อธิบายการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ของตัวกระทำตรรกะได้ถูกต้อง 1.8 อธิบายการเขียนไวยากรณ์ของภาษาซีได้ถูกต้อง 1.9 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ภาษาซีได้ถูกต้อง
2	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์เบิรยูเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	2.1 อธิบายการใช้สัญญาณพัลส์เบิรยูเอ็ม ของบอร์ดอาดูโน้ได้ 2.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซีสำหรับสัญญาณพัลส์เบิรยูเอ็ม ได้ 2.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งานอาดูโน้ เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบิรยูเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าได้ 2.4 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน้ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
3	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	3.1 อธิบายหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น 3.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

ตารางที่ 3-1 ตารางการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (ต่อ)

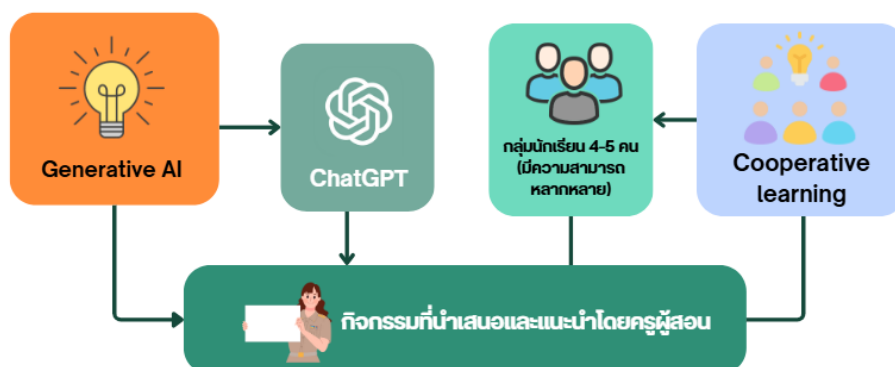
หน่วยที่	หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
3	การใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจจับอุณหภูมิและ ความชื้น (ต่อ)	3.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับเซ็นเซอร์ตรวจจับ อุณหภูมิและความชื้น 3.4 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับ เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิได้
4	การใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ วัดระยะทางด้วย เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	4.1 อธิบายหลักการทำงานของเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก 4.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์แบบอัลตรา โซนิก 4.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับเซ็นเซอร์ แบบอัลตราโซนิก 4.4 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้

3.1.3 การวางแผนกิจกรรมและรูปแบบการเรียนการสอน

ในการศึกษานี้ ใช้โครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบร่วมมือประเภท STAD (Suastika, I. N., Suartama, I. K., Sanjaya, D. B., & Arta, K. S., 2021) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้
ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม
สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ดั้งขั้นตอนตอนการเรียนรู้ที่แสดงดังในภาพที่ 3-2 และตารางที่ 3-2

โมเดลการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ

ในการศึกษานี้ ใช้โครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบร่วมมือประเภท STAD (Suastika, I. N., Suartama, I. K., Sanjaya, D. B., & Arta, K. S., 2021) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา



ภาพที่ 3-2 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ



ภาพที่ 3-2 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ (ต่อ)

ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนการสอนการจัดกิจกรรม และรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ

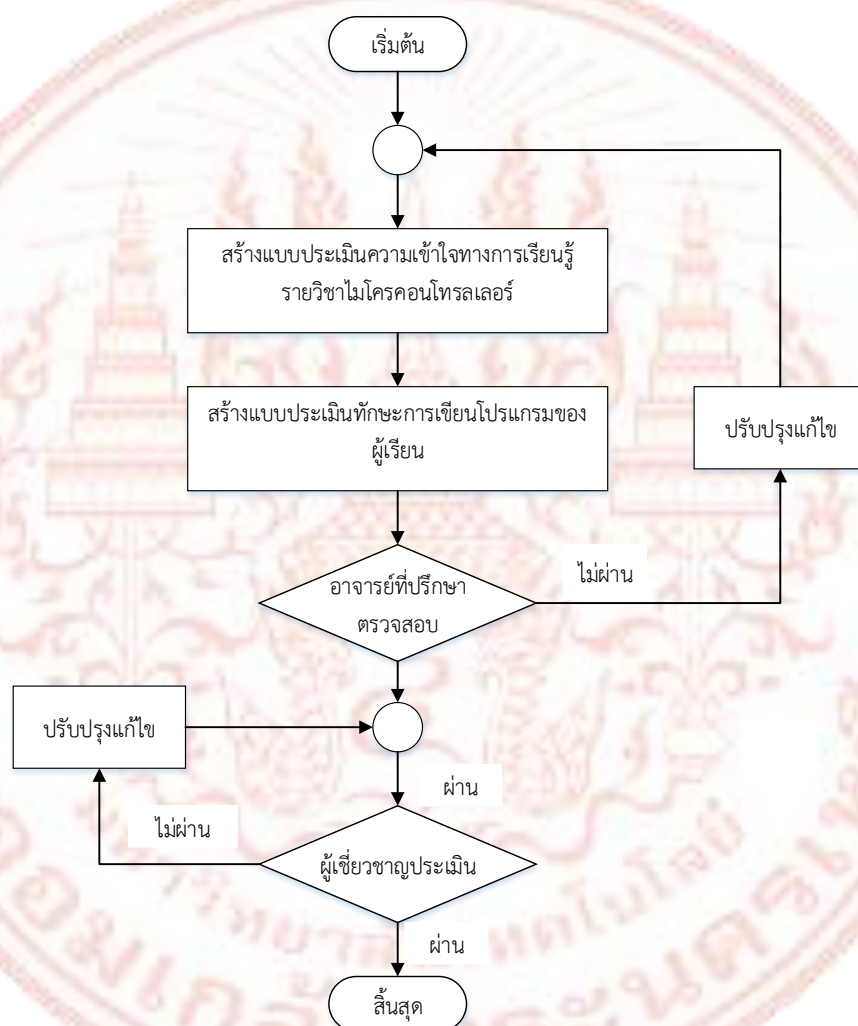
ขั้นการสอน	การจัดกิจกรรม
1. ขั้นตอนการสร้างแรงจูงใจ	ครู : กระตุ้นความสนใจด้วยสถานการณ์จริง ใช้ ChatGPT จำลองสถานการณ์ เพื่อดึงดูดและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น นักเรียน : รับฟังสถานการณ์ จำลองปัญหาจริงผ่าน ChatGPT และตั้งคำถามหรือข้อสงสัยร่วมกันในชั้นเรียน

ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนการสอนการจัดกิจกรรม และรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้
สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ (ต่อ)

ขั้นการสอน	การจัดกิจกรรม
2. ขั้นตอนการนำเสนอ	ครู : แนะนำแนวคิดการเขียนโปรแกรมในวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้เครื่องมือ Generative AI อย่าง ChatGPT เพื่อช่วยในการนำเสนอข้อมูล นักเรียน : เรียนรู้แนวคิดใหม่ที่นำเสนอผ่าน ChatGPT และทำ แบบประเมินความรู้ก่อนเรียนเพื่อวัดความรู้พื้นฐาน
3. ขั้นตอนการจัดกลุ่ม	ครู : จัดกลุ่มนักเรียนตามทักษะและความสนใจที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะกับการทำงานร่วมกัน นักเรียน : ร่วมจัดกลุ่มกับเพื่อนตามความสามารถเพื่อทำกิจกรรม กลุ่ม
4. ขั้นตอนการแนะนำกลุ่ม	ครู : เป็นผู้แนะนำ ให้การสนับสนุนการใช้ Generative AI เพื่อ เสริมการเรียนรู้และการทำงานร่วมกันในกลุ่ม นักเรียน : นักเรียนในแต่ละกลุ่มใช้เครื่องมือ Generative AI เช่น ChatGPT เพื่อช่วยในการค้นคว้าข้อมูลหรือจำลองการเขียนโค้ด จากนั้นพวกเขาจะนำเสนอแนวคิดการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง ภายในกลุ่ม
5. ขั้นตอนการประเมินผล	ครู : ประเมินงานเขียนโปรแกรม ความสามารถในการใช้ AI และ วิเคราะห์การทำงานร่วมกันในกลุ่ม พร้อมจัดแบบประเมินตนเอง และการยอมรับเทคโนโลยี นักเรียน : ส่งผลงาน ทำแบบประเมินตนเอง และตอบแบบ ประเมินการยอมรับเทคโนโลยี
6. ขั้นตอนการให้รางวัล	ครู : ให้รางวัล ชมเชย หรือคะแนนแก่กลุ่มที่ทำงานดี เพื่อสร้าง แรงจูงใจและส่งเสริมการเรียนรู้ระยะยาว นักเรียน : รับคำชม คะแนน หรือรางวัลจากผลงานของกลุ่ม และ สะท้อนผลการเรียนรู้

3.2 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ขั้นตอนต่อมาเป็นการการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้วิจัยได้มีการกำหนดลำดับขั้นตอนในการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ผังงานลำดับขั้นตอนในการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จากภาพที่ 3-3 สามารถอธิบายรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

3.2.1 แบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จำนวน 40 ข้อ ที่ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่กำหนดไว้ เมื่อสร้างแบบประเมินความเข้าใจเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ ในการประเมินเพื่อหาค่าความ

สอดคล้อง (IOC : Index of item objective congruence) ของแบบประเมินความเข้าใจ ด้วยวิธีการของ Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976) ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณา ดังตารางที่ 3-2 และหาค่าความสอดคล้องได้ ดังสมการที่ 3-1

แบบประเมินความเข้าใจก่อนเรียน ใน รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

คำชี้แจง
แบบประเมินความเข้าใจก่อนเรียนมีทั้งหมด 30 ข้อ
ให้นักเรียนเลือกตอบคำถามที่ถูกต้องที่สุด

s6602017858050@email.kmutnb.ac.th สลับบัญชี

* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

อีเมล *

☐ บันทึก s6602017858050@email.kmutnb.ac.th เป็นอีเมลที่จะรวมกับคำตอบของฉัน

คำนำหน้าชื่อ *

☐ นาย
☐ นางสาว

แบบประเมินความเข้าใจหลังเรียน ใน รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

คำชี้แจง
แบบประเมินความเข้าใจก่อนเรียนมีทั้งหมด 30 ข้อ
ให้นักเรียนเลือกตอบคำถามที่ถูกต้องที่สุด

s6602017858050@email.kmutnb.ac.th สลับบัญชี

* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

อีเมล *

☐ บันทึก s6602017858050@email.kmutnb.ac.th เป็นอีเมลที่จะรวมกับคำตอบของฉัน

คำนำหน้าชื่อ *

☐ นาย
☐ นางสาว

ภาพที่ 3-4 แบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.2 แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ใช้รูปแบบรูบริก (Rubric Score) ในการประเมินโดยแบ่งเป็น 5 ระดับในการประเมิน โดยมีรายละเอียดการประเมินจากวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมที่สอดคล้องกับการทำแบบปฏิบัติงานที่ผู้สอนกำหนดให้ จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้และการตรวจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะการปฏิบัติงานของผู้เรียนในลักษณะแบบรายการตรวจสอบ (Checklist) ได้ออกแบบตารางการให้ คะแนนผู้เรียน เมื่อสร้างแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ ในการประเมินเพื่อหาค่าความสอดคล้อง (IOC : Index of item objective congruence) ของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน ด้วยวิธีการของ Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976) ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณา ดังตารางที่ 3-2 และหาค่าความสอดคล้องได้ ดังสมการที่ 3-1

เมื่อได้ค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วให้นำมาเทียบกับเกณฑ์ โดยที่แบบประเมินในข้อนั้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50-1.00 หมายถึง แบบประเมินในข้อนั้นใช้ได้ และถ้าแบบประเมินข้อใดมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 หมายถึง แบบประเมินข้อนั้นใช้ไม่ได้ ให้ทำการตัดแบบประเมินในข้อนั้นทิ้ง ในการประเมินความสอดคล้อง ผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติของผู้ที่จะมาประเมิน โดยต้องมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือ มีประสบการณ์สอนในเรื่องดังกล่าว ไม่ต่ำกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน

3.2.3 แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ประยุกต์ใช้แบบประเมินที่พัฒนาโดย (Reyes Juárez-Ramírez et al., 2018) จำนวน 16 ข้อ โดยออกแบบในลักษณะ Rubric-Based Assessment และใช้มาตราส่วน Likert Scale แบบ 6 ระดับ เพื่อประเมินทักษะของผู้เรียนอย่างละเอียด



ภาพที่ 3-6 แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม

3.2.4 แบบประเมินการยอมรับปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย (K. Ofosu-Ampong, B. Acheampong, M.-O. Kevor, และ F. Amankwah-Sarfo, 2023) จำนวน 15 ข้อ สำหรับแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) ด้านอิทธิพลทางสังคม (Social

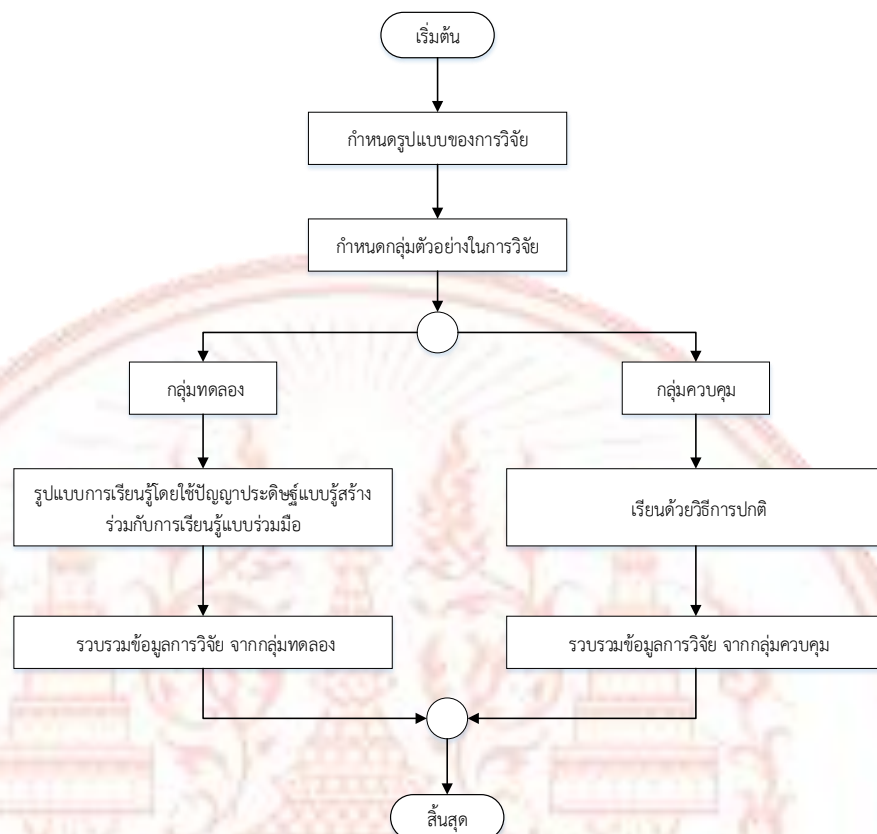
Influence) ด้านลักษณะนวัตกรรม (Innovation Characteristics) ด้านความต้องการทางจิตวิทยา (Psychological Needs) และด้านการยอมรับการใช้งาน AI (Acceptance of AI)



ภาพที่ 3-7 แบบประเมินการยอมรับปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย (K. Ofosu-Ampong, B. Acheampong, M.-O. Kevor, และ F. Amankwah-Sarfo, 2023)

3.3 ขั้นตอนดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย

เมื่อผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จนได้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่สมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย โดยได้มีการกำหนดลำดับขั้นตอนในการเก็บข้อมูลการวิจัย ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 ผังงานขั้นตอนในการเก็บข้อมูลการวิจัย

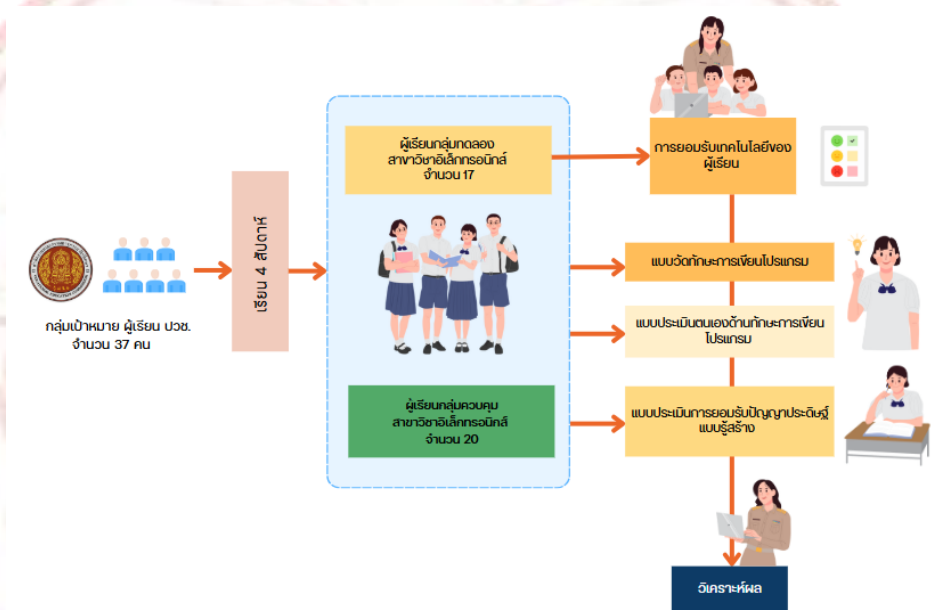
3.3.1 กำหนดรูปแบบของการวิจัย ในครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดเป็นการวิจัยกึ่งการทดลอง (Quasi-experimental research) โดยมีการเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และออกแบบการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Two Group Pretest - Posttest Design เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในสองกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ผลลัพธ์ใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Mann-Whitney U test เพื่อวัดความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เนื่องจากข้อมูลอาจไม่เป็นไปตามการแจกแจงปกติ (Non-parametric statistics)

$$E = O_1 \times O_2$$

$$C = O_1 - O_2$$

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง จำนวน 17 คน
C	หมายถึง	กลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน
O ₁	หมายถึง	การวัดผลก่อนการทดลอง
×	หมายถึง	รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง
O ₂	หมายถึง	การวัดผลหลังการทดลอง



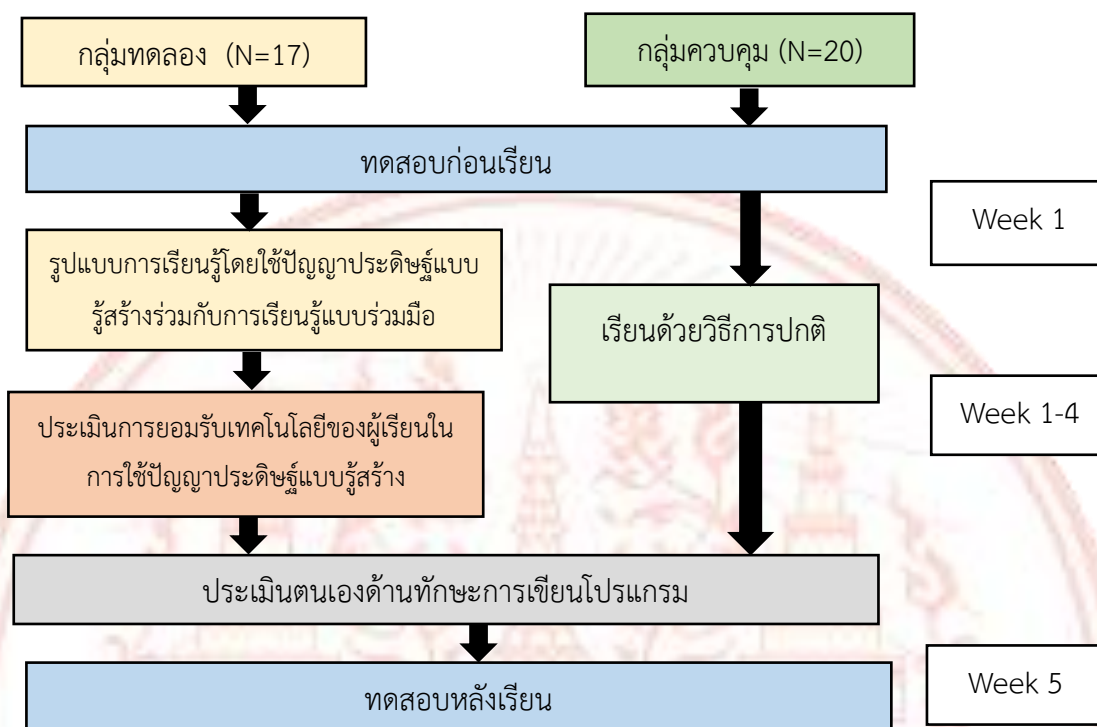
ภาพที่ 3-9 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.3.2 ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ของวิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ซึ่งลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20127-2006) ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 37 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.3.2.1 กลุ่มทดลอง คือ ผู้เรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระดับชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20127-2006) สำหรับภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน

3.3.2.2 กลุ่มควบคุม คือ ผู้เรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระดับชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (20127-2006) สำหรับภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน

3.3.3 เก็บข้อมูลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้



ภาพที่ 3-10 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการวิจัย

3.3.3.1 เก็บข้อมูลการวิจัยกับผู้เรียนกลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยกำหนดเวลา จำนวน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง ตามแผนการสอนในการให้ความรู้แก่ผู้เรียนกลุ่มทดลอง โดยเริ่มจากการให้ผู้เรียนกลุ่มทดลองทำแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียน (ทดสอบก่อนเรียน) และเรียนโดยการใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ต่อไปคือกระบวนการในการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนผ่านใบงาน และแบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เสร็จแล้วให้ผู้เรียนทำแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียน (ทดสอบหลังเรียน) และแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง

3.3.3.2 เก็บข้อมูลการวิจัยกับผู้เรียนกลุ่มควบคุม

ในส่วนนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ โดยเริ่มจากการให้ผู้เรียนกลุ่มควบคุมทำแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียน (ทดสอบก่อนเรียน) บรรยายเนื้อหาในชั้นเรียน และผู้เรียน

ทำใบงาน เพื่อประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน และแบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม และทำแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียน (ทดสอบหลังเรียน)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำนำข้อมูลการวิจัยที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย โดยมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.4.1 การเปรียบเทียบแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และทักษะการเขียนโปรแกรมที่เรียนด้วย รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา กับ ผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบปกติ ผู้วิจัยได้นำสถิตินอนพารามेटริก (Nonparametric Statistics) แมนวิทนี (The Mann-Whitney U Test) ของ Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947) ค่าสถิติ U ที่ได้จะใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และทักษะการเขียนโปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการคำนวณ U จะช่วยให้เห็นว่ากลุ่มใดมีคะแนนที่สูงหรือต่ำกว่าในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติดังสมการที่ 3-2

$$U = mn + \frac{m(m+1)}{2} - T \quad (3-2)$$

โดยที่

m หมายถึง จำนวนผู้เรียนกลุ่มทดลอง

n หมายถึง จำนวนผู้เรียนกลุ่มควบคุม

T หมายถึง ผลรวมของลำดับของข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากผู้เรียนกลุ่มทดลอง โดยนำแบบมาตรวัด 5 ระดับ (Likert Rating Scales) ของ Likert, R. (1932) มาประยุกต์ใช้ให้มีความสอดคล้องกับการวิจัย ดังตารางที่ 3-4, 3-5

ตารางที่ 3-4 มาตรฐาน 5 ระดับ ที่ใช้ในการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียน

น้ำหนักคะแนน	แปลความหมาย
5	มากที่สุด
4	มาก
3	ปานกลาง
2	น้อย
1	น้อยที่สุด

ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การแปลค่าระดับการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียน

ค่าเฉลี่ย	แปลความหมาย
4.51-5.00	มีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนมากที่สุด
3.51-4.50	มีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนมาก
2.51-3.50	มีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนปานกลาง
1.51-2.50	มีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนน้อย
1.00-1.50	มีการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนน้อยมาก

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลของการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากผู้เรียนกลุ่มทดลอง โดยนำแบบมาตราวัด 6 ระดับ (Likert Rating Scales) ของ Likert, R. (1932) มาประยุกต์ใช้ให้มีความสอดคล้องกับการวิจัย ดังตารางที่ 3-6, 3-7

ตารางที่ 3-6 มาตรฐาน 5 ระดับ ที่ใช้ในการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม

น้ำหนักคะแนน	แปลความหมาย
6	เชี่ยวชาญ (Mastering/Expert)
5	มีประสิทธิภาพ (Effective)
4	มีความสามารถ (Competent)
3	กำลังพัฒนา (Developing)
2	เริ่มพัฒนา (Emerging)
1	ไม่มีความสามารถ (Absent)

ตารางที่ 3-7 เกณฑ์การแปลค่าระดับการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม

ค่าเฉลี่ย	แปลความหมาย
5.51 - 6.00	ผู้เรียนมีความเชี่ยวชาญสูงมาก ใช้งานโปรแกรมได้อย่างมั่นใจ
4.51-5.00	ผู้เรียนสามารถพัฒนาโปรแกรมและแก้ไขปัญหาได้ดี
3.51-4.50	ผู้เรียนมีพื้นฐานที่ดี แต่ยังคงฝึกฝนในบางจุด
2.51-3.50	ผู้เรียนมีต้องการการฝึกฝนเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้เชี่ยวชาญ
1.51-2.50	ผู้เรียนมีพื้นฐานเพียงเล็กน้อย อาจต้องการคำแนะนำเพิ่มเติม
1.00-1.50	ผู้เรียนต้องการการเรียนรู้ใหม่ทั้งหมด

โดยสามารถหาค่าเฉลี่ย (บุญชม, 2545) ดังสมการที่ 3-3

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3-3)$$

โดยที่

$\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N หมายถึง จำนวนคะแนนในกลุ่ม

เมื่อหาค่าเฉลี่ยได้แล้ว ให้ทำการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม, 2545) ดังสมการที่ 3-4

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3-4)$$

โดยที่

S.D. หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนของผู้เรียนในแต่ละคน

N หมายถึง จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum$ หมายถึง ผลรวม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ภายหลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยจนได้ข้อมูลการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล และแปลผลข้อมูลการวิจัยตามระเบียบวิธีวิจัย โดยมีผลการวิจัยที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

4.2 ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

4.3 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง

4.4 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

4.1.1 ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยใช้โครงสร้างของแบบจำลองการเรียนรู้แบบร่วมมือประเภท STAD (Suastika, I. N., Suartama, I. K., Sanjaya, D. B., & Arta, K. S., 2021) ประกอบไปด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้ 1) พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3) การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก โดยประกอบด้วยขั้นตอนการสอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการสร้างแรงจูงใจ (Motivating)

ครู : ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยการจำลองสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การควบคุมความเร็วของพัดลมตามอุณหภูมิ หรือการวัดระยะทางจากสิ่งกีดขวาง ด้วยการใช้ ChatGPT เป็นเครื่องมือในการตั้งคำถามจากสถานการณ์นั้น ๆ เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียนและกระตุ้นให้เกิดความสงสัยใคร่รู้

นักเรียน : นักเรียนเริ่มต้นบทเรียนด้วยการมีส่วนร่วมในสถานการณ์จำลองที่ครูนำเสนอ โดยตั้งคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น จะใช้คำสั่งใดควบคุมมอเตอร์ หรือจะเขียนโปรแกรมให้อุปกรณ์ตอบสนองต่อเซ็นเซอร์อย่างไร นักเรียนจะเริ่มสนใจที่จะทดลองใช้ ChatGPT เพื่อหาคำตอบและแนวทางเขียนโค้ดเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการนำเสนอ (Presenting)

ครู : ครูนำเสนอเนื้อหาวิชาด้วยการอธิบายแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมถึงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ โดยใช้ ChatGPT เพื่อช่วยแสดงโค้ดตัวอย่างและคำอธิบายที่เข้าใจง่าย นอกจากนี้ ครูยังดำเนินการให้นักเรียนทำแบบประเมินความรู้ และแบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมก่อนเรียนเพื่อประเมินความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

นักเรียน : นักเรียนรับฟังการอธิบายเนื้อหาอย่างตั้งใจ จดบันทึกข้อมูลสำคัญ และทดลองใช้ ChatGPT ค้นหาคำอธิบายหรือโค้ดเพิ่มเติมเมื่อไม่เข้าใจ นอกจากนี้ยังร่วมทำแบบประเมินความรู้ และแบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมก่อนเรียน และเริ่มเตรียมความพร้อมสำหรับกิจกรรมกลุ่มที่จะตามมาแสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 เก็บข้อมูลการวิจัยกับผู้เรียนกลุ่มทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการจัดกลุ่ม (Organizing Groups)

ครู : ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 4-5 คน โดยพิจารณาจากความหลากหลายของทักษะในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้มีความสมดุล จากนั้นครูมอบหมายหัวข้อหรือปัญหาสำหรับแต่ละกลุ่ม เช่น ให้เขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ด้วยสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม พร้อมแนะนำแนวทางการทำงานกลุ่มและการใช้ ChatGPT ในฐานะเครื่องมือผู้ช่วยค้นคว้าและเขียนโค้ด

นักเรียน : นักเรียนเข้าสู่กลุ่มตามที่ครูกำหนด และช่วยกันวางแผนการทำงานภายในกลุ่ม แบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน เช่น คนเขียนโค้ด คนใช้ ChatGPT คนจัดสรุป และคนทดสอบโค้ด ทุกคนในกลุ่มเริ่มปรึกษากันเพื่อเข้าใจปัญหา และเตรียมลงมือแก้ไขแสดงดังภาพที่ 4-2

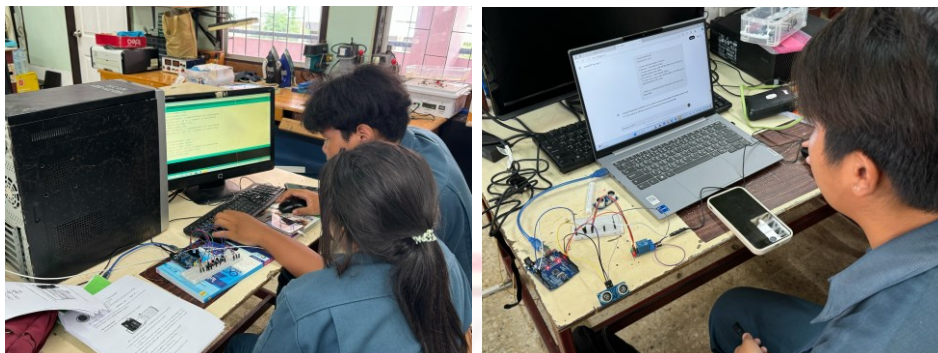


ภาพที่ 4-2 ผู้เรียนจัดกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการแนะแนวกลุ่ม (Guiding the Groups)

ครู : ครูทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาและผู้สนับสนุนการเรียนรู้ โดยเดินสังเกตแต่ละกลุ่ม ขณะที่นักเรียนทำงานร่วมกัน ครูคอยตอบคำถาม แนะนำวิธีใช้ ChatGPT ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การตั้งคำถามให้ชัดเจน การตรวจสอบคำตอบก่อนนำมาใช้งาน และการนำข้อมูลไปปรับใช้ในบริบทของกลุ่ม ครูส่งเสริมให้เกิดการอภิปรายและการคิดวิเคราะห์ในกลุ่ม โดยไม่ชี้นำคำตอบตรง ๆ แต่ใช้วิธีชวนคิดชวนคุย เพื่อให้ นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเอง

นักเรียน : นักเรียนในแต่ละกลุ่มเริ่มต้นการทำงาน โดยใช้ ChatGPT ช่วยค้นหาข้อมูล เขียนโค้ด และอธิบายหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อภิปรายภายในกลุ่ม ทดลองโค้ดบนบอร์ด และปรับปรุงแก้ไขหากเกิดข้อผิดพลาด นักเรียนช่วยกันเรียนรู้ แบ่งปันความรู้ และให้ข้อเสนอแนะซึ่งกันและกันอย่างต่อเนื่องแสดงดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ผู้เรียนทำใบงานการเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluating)

ครู : ครูทำหน้าที่ประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ความรู้ ความสามารถในการทำงานร่วมกัน และการใช้เทคโนโลยี Generative AI อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินครอบคลุมทั้งผลงานด้านการเขียนโปรแกรม เช่น ความถูกต้องของโค้ด ความสามารถในการอธิบายแนวคิดเบื้องหลังการทำงานของโค้ด และผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์จริง ครูใช้เครื่องมือประเมินที่หลากหลาย อาทิ แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรม แบบประเมินความรู้หลังเรียน และแบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมหลังเรียน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และกระบวนการคิด นอกจากนี้ ครูยังใช้แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อสะท้อนทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้

นักเรียน : นักเรียนส่งผลงานของกลุ่มให้ครูตรวจสอบ ทั้งโค้ดที่พัฒนา เอกสารประกอบ และผลลัพธ์จากการทดสอบวงจร นักเรียนยังต้องอธิบายแนวคิดและวิธีการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาได้อย่างเข้าใจ โดยอิงจากสิ่งที่ค้นคว้าร่วมกับ ChatGPT ตลอดกระบวนการเรียนรู้ หลังจากส่งผลงานแล้ว นักเรียนแต่ละคนจะทำแบบประเมินความรู้ และแบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมหลังเรียน พร้อมทั้งตอบแบบประเมินการยอมรับปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างในการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้สึก และมุมมองที่มีต่อการเรียนรู้ในรูปแบบนี้แสดงดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ผู้เรียนทำแบบประเมิน

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการให้รางวัล (Rewarding)

ครู : หลังจากการประเมินผลเสร็จสิ้น ครูทำการประกาศผลกลุ่มที่มีผลงานโดดเด่น เช่น กลุ่มที่เขียนโปรแกรมได้ถูกต้อง แสดงออกถึงความร่วมมือที่ดี มีความคิดสร้างสรรค์ หรือใช้ ChatGPT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ครูมอบรางวัลให้กับกลุ่มที่ทำผลงานได้ดี เช่น คะแนนพิเศษ คำชมเชย หรือของที่ระลึกเล็ก ๆ เพื่อเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทั้งยังกล่าวชื่นชมการทำงานร่วมกันและความพยายามของทุกกลุ่ม เพื่อให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกอย่างต่อเนื่อง

นักเรียน : นักเรียนที่ได้รับรางวัลรู้สึกภูมิใจและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้แบบร่วมมือและการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างเป็นเครื่องมือช่วยคิด นักเรียนได้แรงบันดาลใจในการเรียนรู้ต่อ และเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเขียนโปรแกรมและการแก้ปัญหาในเชิงเทคนิค

จากการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ผู้วิจัยได้ประเมินความเข้าใจผู้เรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลการเปรียบเทียบการประเมินความเข้าใจดังต่อไปนี้

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบการประเมินความเข้าใจก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา และกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีการปกติมีผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4-1 และ 4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความรู้ก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ยลำดับ (Mean Rank)	ผลรวมของอันดับ (Sum of Ranks)	U	Z	p - value
กลุ่มทดลอง	17	17.85	303.50	150.500	-.601	0.285
กลุ่มควบคุม	20	19.98	399.50			

Mann-Whitney Test

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Score	Experimental group	17	17.85	303.50
	Control group	20	19.98	399.50
	Total	37		

Test Statistics ^a				Score
Mann-Whitney U				150.500
Wilcoxon W				303.500
Z				-.601
Asymp. Sig. (2-tailed)				.548
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]				.557 ^b
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.			.559 ^c
	95% Confidence Interval	Lower Bound		.550
		Upper Bound		.569
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.			.285 ^c
	95% Confidence Interval	Lower Bound		.276
		Upper Bound		.294

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.

ภาพที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินความรู้ก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรม SPSS

จากตารางที่ 4-1 จากการทดสอบผลการวิเคราะห์โดยใช้ Mann-Whitney U Test พบว่าคะแนนก่อนเรียนผู้เรียนกลุ่มควบคุมจะมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถพื้นฐานใกล้เคียงกันก่อนเริ่มการเรียนรู้

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความรู้หลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ยลำดับ (Mean Rank)	ผลรวมของอันดับ (Sum of Ranks)	U	Z	p - value
กลุ่มทดลอง	17	23.18	394.00	99.000	-2.175	.014
กลุ่มควบคุม	20	15.45	309.00			

Mann-Whitney Test

Ranks

Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Score Experimental group	17	23.18	394.00
Control group	20	15.45	309.00
Total	37		

Test Statistics^a

	Score
Mann-Whitney U	99.000
Wilcoxon W	309.000
Z	-2.175
Asymp. Sig. (2-tailed)	.030
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.030 ^b
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig. .027 ^c
	9% Confidence Interval
	Lower Bound .027
	Upper Bound .027
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig. .014 ^c
	9% Confidence Interval
	Lower Bound .014
	Upper Bound .014

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 926214481.

ภาพที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินความรู้หลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรม SPSS

จากตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์โดยใช้ Mann-Whitney U Test พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างความรู้การเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

4.2.1 ผลการเปรียบเทียบการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ และกลุ่มผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการปกติมีผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ยลำดับ (Mean Rank)	ผลรวมของอันดับ (Sum of Ranks)	U	Z	p - value
กลุ่มทดลอง	17	22.44	381.50	111.500	-1.789	.038
กลุ่มควบคุม	20	16.08	321.50			

Mann-Whitney Test

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Score	Experimental group	17	22.44	381.50
	Control group	20	16.08	321.50
	Total	37		

Test Statistics ^a				Score
Mann-Whitney U				111.500
Wilcoxon W				321.500
Z				-1.789
Asymp. Sig. (2-tailed)				.074
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]				.074 ^b
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.			.074 ^c
	95% Confidence Interval		Lower Bound	.069
			Upper Bound	.079
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.			.038 ^c
	95% Confidence Interval		Lower Bound	.034
			Upper Bound	.041

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 299883525.

ภาพที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรม SPSS

จากตารางที่ 4-3 จากผลการวิเคราะห์โดยใช้ Mann-Whitney U Test พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งหมายความว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

4.2.2 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยทดสอบกับผู้เรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
1. การมองภาพรวมของระบบซอฟต์แวร์ โดยไม่จมอยู่กับรายละเอียดเล็กน้อย เช่น การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อจัดการได้ง่ายขึ้น	40	2.35	0.93	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
2. การวิเคราะห์และประเมินโค้ดหรืออัลกอริทึมอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด	43	2.53	1.23	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
3. การวางแผนลำดับขั้นตอนของโค้ดที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้คำสั่งเงื่อนไข (if-else) หรือลูป (loops)	42	2.47	1.37	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
4. การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด เช่น การสะกดชื่อฟังก์ชันหรือการใช้ตัวแปร	45	2.65	1.06	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
5. การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ	42	2.47	1.18	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
6. การรวมองค์ประกอบทั้งหมดของโปรแกรม เช่น อัลกอริทึม การออกแบบโครงสร้างข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	41	2.41	1.23	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
7. การเข้าใจภาพรวมของโครงการ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้	44	2.59	1.23	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
8.การสังเกตและจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด	45	2.65	1.32	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
9.การวางแผนและประเมินกระบวนการทำงานของระบบ ตั้งแต่การป้อนข้อมูลไปจนถึงผลลัพธ์	42	2.47	1.23	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
10.ความสามารถในการจำรายละเอียดของโค้ด เช่น โครงสร้างข้อมูล ฟังก์ชัน และตรรกะ	39	2.29	1.16	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
11.การพัฒนาอัลกอริทึมและใช้โครงสร้างโปรแกรมในการแก้ปัญหา	41	2.41	1.00	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
12.การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด	40	2.35	1.22	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
13.การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมหรือระบบ	37	2.18	1.13	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
14.ความพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ และนำมาใช้ในโครงการ	42	2.47	1.12	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
15.การทำความเข้าใจและวิเคราะห์เอกสารหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโค้ดและระบบ	41	2.41	1.12	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
16.การจัดการและวางแผนการเรียนรู้เพื่อต่อยอดทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ	39	2.29	1.26	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
ผลเฉลี่ยรวมการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน	41.44	2.44	1.18	

จากตารางที่ 4-4 พบว่าผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม" ในทุกหัวข้อที่ทำการประเมิน โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) อยู่ในช่วง 2.18 - 2.65 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังมีความเข้าใจและทักษะด้านการเขียนโปรแกรมในระดับเริ่มต้น และต้องพัฒนาเพิ่มเติมในหลายด้าน ใน

ส่วนของหัวข้อที่ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด ($\bar{X} = 2.65$, S.D. = 1.06) และการแบ่งโครงสร้างรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด ($\bar{X} = 2.65$, S.D. = 1.23) ซึ่งบ่งบอกว่าผู้เรียนมีความสามารถในการสังเกตและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดได้ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ในด้านการวางแผนก่อนเขียนโค้ดและการใช้แนวคิดโครงสร้างโปรแกรมอย่างเป็นระบบยังคงเป็นจุดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติม ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การเข้าใจการเขียนโค้ดเชิงลึก เช่น การวางแผนการทำงานการจำลองรายละเอียดของโค้ด ($\bar{X} = 2.29$, S.D. = 1.16) และการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม ($\bar{X} = 2.41$, S.D. = 1.00) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนยังมีความท้าทายในการเลือกใช้แนวทางหรือโครงสร้างโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับปัญหาต่าง ๆ

4.2.3 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยทดสอบกับผู้เรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน

รายการประเมิน	Σx	($\bar{X}$)	S.D.	การแปลผล
1. การมองภาพรวมของระบบซอฟต์แวร์ โดยไม่จมอยู่กับรายละเอียดเล็กน้อย เช่น การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อจัดการได้ง่ายขึ้น	59	4.29	1.49	มีความสามารถทักษะการเขียนโปรแกรม
2. การวิเคราะห์และประเมินโค้ดหรืออัลกอริทึมอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด	65	4.59	1.18	มีความสามารถทักษะการเขียนโปรแกรม
3. การวางแผนลำดับขั้นตอนของโค้ดที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้คำสั่งเงื่อนไข (if-else) หรือลูป (loops)	63	4.41	1.50	มีความสามารถทักษะการเขียนโปรแกรม
4. การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด เช่น การสะกดชื่อฟังก์ชันหรือการใช้ตัวแปร	64	4.59	1.00	มีความสามารถทักษะการเขียนโปรแกรม

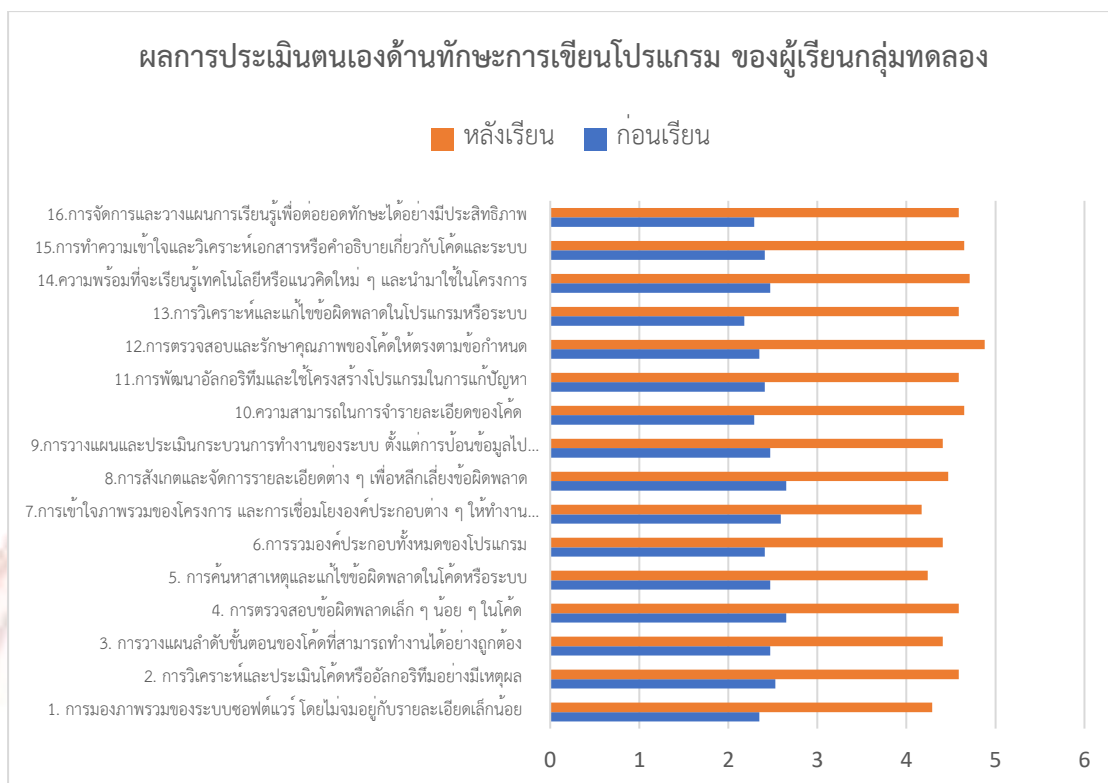
ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
5. การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ	60	4.24	1.48	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
6.การรวมองค์ประกอบทั้งหมดของโปรแกรม เช่น อัลกอริทึม การออกแบบโครงสร้างข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	63	4.41	1.33	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
7.การเข้าใจภาพรวมของโครงการ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้	64	4.17	1.42	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
8.การสังเกตและจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด	62	4.47	1.37	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
9.การวางแผนและประเมินกระบวนการทำงานของระบบ ตั้งแต่การป้อนข้อมูลไปจนถึงผลลัพธ์	62	4.41	1.33	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
10.ความสามารถในการจำรายละเอียดของโค้ด เช่น โครงสร้างข้อมูล ฟังก์ชัน และตรรกะ	66	4.65	1.27	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
11.การพัฒนาอัลกอริทึมและใช้โครงสร้างโปรแกรมในการแก้ปัญหา	66	4.59	1.46	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
12.การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด	69	4.88	1.05	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
13.การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมหรือระบบ	65	4.59	1.23	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
14.ความพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ และนำมาใช้ในโครงการ	67	4.71	1.21	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
15.การทำความเข้าใจและวิเคราะห์เอกสารหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโค้ดและระบบ	65	4.65	1.37	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
16.การจัดการและวางแผนการเรียนรู้เพื่อต่อยอดทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ	65	4.59	1.23	มีความสามารถ ทักษะการเขียน โปรแกรม
ผลเฉลี่ยรวมการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียน	64.06	4.53	1.31	

จากตารางที่ 4-5 พบว่าผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "มีความสามารถทางทักษะการเขียนโปรแกรม" ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) อยู่ในช่วง 4.17 - 4.88 ซึ่งสูงขึ้นจากก่อนเรียนในทุกด้านหัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ ($\bar{X} = 4.88$, S.D. = 1.05) ความพร้อมเรียนรู้เทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ และนำมาใช้ในโครงการ ($\bar{X} = 4.71$, S.D. = 1.21) หัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การสร้างแผนและการจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด ($\bar{X} = 4.17$, S.D. = 1.32) การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 1.00) ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา และการปรับตัวกับเทคโนโลยีใหม่ อย่างไรก็ตาม ควรพัฒนาเพิ่มเติมในเรื่องการจัดโครงสร้างและการลดข้อผิดพลาดในการพัฒนาโปรแกรม เพื่อให้สามารถเขียนโค้ดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 4-8 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง

จากภาพที่ 4-8 สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มของตารางได้อย่างชัดเจน โดยแสดง ความแตกต่างของผลการประเมินก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งสอดคล้องกับค่าทางสถิติจากตาราง ทำให้สามารถสรุปได้ว่า หลังการเรียนรู้ ผู้เรียนมีทักษะด้านการเขียนโปรแกรมดีขึ้นในทุกด้าน

4.2.4 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยทดสอบกับผู้เรียนกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
1. การมองภาพรวมของระบบซอฟต์แวร์ โดยไม่จมอยู่กับรายละเอียดเล็กน้อย เช่น การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อจัดการได้ง่ายขึ้น	52	2.6	0.94	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
2. การวิเคราะห์และประเมินโค้ดหรืออัลกอริทึมอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด	49	2.45	1.28	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
3. การวางแผนลำดับขั้นตอนของโค้ดที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้คำสั่งเงื่อนไข (if-else) หรือลูป (loops)	54	2.70	1.23	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
4. การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด เช่น การสะกดชื่อฟังก์ชันหรือการใช้ตัวแปร	46	2.3	1.27	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
5. การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ	47	2.35	1.03	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
6.การรวมองค์ประกอบทั้งหมดของโปรแกรม เช่น อัลกอริทึม การออกแบบโครงสร้างข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	48	2.4	1.27	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
7.การเข้าใจภาพรวมของโครงการ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้	41	2.05	1.00	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
8.การสังเกตและจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด	46	2.3	1.05	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
9.การวางแผนและประเมินกระบวนการทำงานของระบบ ตั้งแต่การป้อนข้อมูลไปจนถึงผลลัพธ์	48	2.40	1.16	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
10.ความสามารถในการจำรายละเอียดของโค้ด เช่น โครงสร้างข้อมูล ฟังก์ชัน และตรรกะ	47	2.35	1.19	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
11.การพัฒนาอัลกอริทึมและใช้โครงสร้างโปรแกรมในการแก้ปัญหา	49	2.45	0.97	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
12.การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด	41	2.05	1.05	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
13.การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมหรือระบบ	44	2.20	1.09	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
14.ความพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ และนำมาใช้ในโครงการ	42	2.10	1.14	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
15.การทำความเข้าใจและวิเคราะห์เอกสารหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโค้ดและระบบ	44	2.20	1.06	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
16.การจัดการและวางแผนการเรียนรู้เพื่อต่อยอดทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ	46	2.30	1.17	เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
ผลเฉลี่ยรวมการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน	46.5	2.33	1.12	

จากตารางที่ 4-6 พบว่าผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุมก่อนเรียน ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "เริ่มพัฒนาทักษะ" ในทุกหัวข้อที่ประเมิน โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 2.33 (S.D. = 1.12) ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นและต้องพัฒนาเพิ่มเติมในหลายด้าน หัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การวางแผนลำดับขั้นตอนของโค้ดเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ($\bar{X} = 2.70$, S.D. = 1.23) การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ ($\bar{X} = 2.35$, S.D. = 1.03) หัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การสร้างแผนและการจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด ($\bar{X} = 2.05$, S.D. = 1.00) การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด ($\bar{X} = 2.05$, S.D. = 1.05) ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุมก่อนเรียนยังมีทักษะด้านการเขียนโปรแกรมในระดับเริ่มต้น โดยมีจุดแข็งด้านการวางแผน

ลำดับโค้ดและการแก้ไขข้อผิดพลาดในระดับพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม ยังต้องพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการจัดโครงสร้างโค้ดให้ถูกต้องและการควบคุมคุณภาพโค้ดให้เป็นระบบมากขึ้น

4.2.5 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยทดสอบกับผู้เรียนกลุ่มควบคุม หลังเรียน ดังแสดงในตารางที่ 4-7

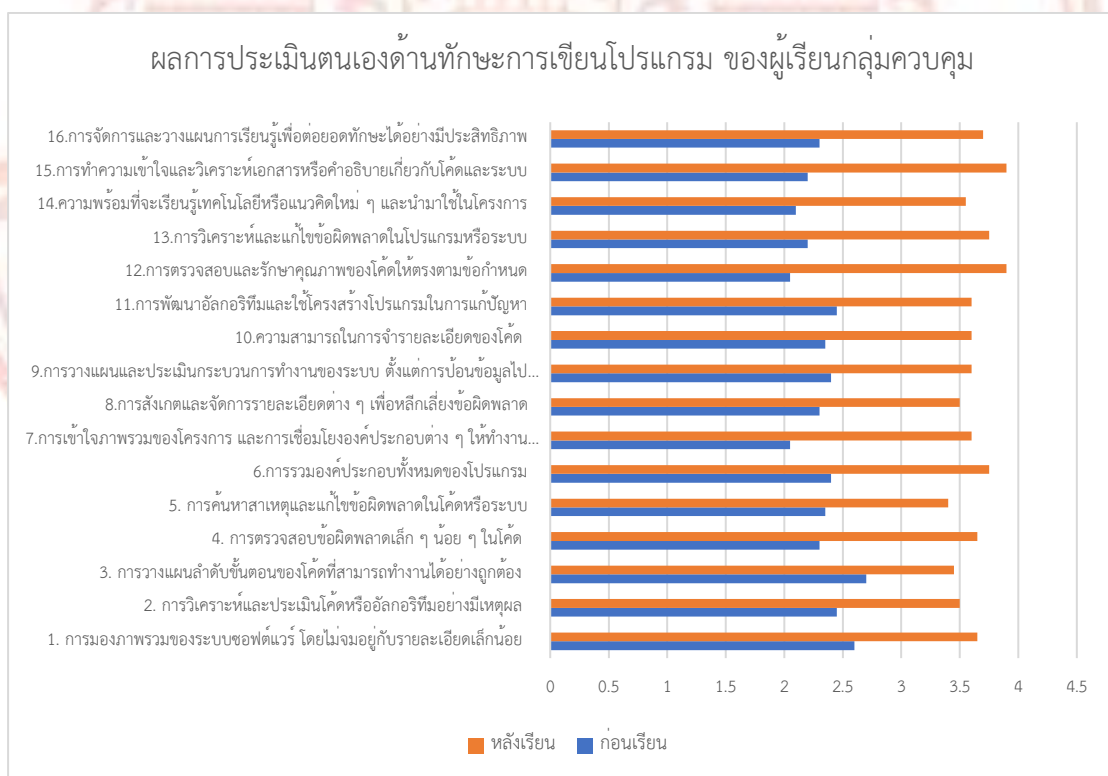
ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม หลังเรียน

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
1. การมองภาพรวมของระบบซอฟต์แวร์ โดยไม่จมอยู่กับรายละเอียดเล็กน้อย เช่น การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อจัดการได้ง่ายขึ้น	73	3.65	0.70	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
2. การวิเคราะห์และประเมินโค้ดหรืออัลกอริทึมอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหที่เหมาะสมที่สุด	70	3.5	0.75	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
3. การวางแผนลำดับขั้นตอนของโค้ดที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้คำสั่งเงื่อนไข (if-else) หรือลูป (loops)	69	3.45	0.97	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
4. การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด เช่น การสะกดชื่อฟังก์ชันหรือการใช้ตัวแปร	73	3.65	1.11	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
5. การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ	68	3.40	1.05	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
6. การรวมองค์ประกอบทั้งหมดของโปรแกรม เช่น อัลกอริทึม การออกแบบโครงสร้างข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	75	3.75	0.94	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม

ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม หลังเรียน (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
7.การเข้าใจภาพรวมของโครงการ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้	72	3.60	1.11	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
8.การสังเกตและจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด	70	3.50	1.05	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
9.การวางแผนและประเมินกระบวนการทำงานของระบบ ตั้งแต่การป้อนข้อมูลไปจนถึงผลลัพธ์	72	3.60	0.85	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
10.ความสามารถในการจำรายละเอียดของโค้ด เช่น โครงสร้างข้อมูล ฟังก์ชัน และตรรกะ	72	3.60	1.18	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
11.การพัฒนาอัลกอริทึมและใช้โครงสร้างโปรแกรมในการแก้ปัญหา	72	3.60	1.10	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
12.การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด	78	3.90	1.24	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
13.การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมหรือระบบ	75	3.75	1.01	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
14.ความพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ และนำมาใช้ในโครงการ	71	3.55	0.93	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
15.การทำความเข้าใจและวิเคราะห์เอกสารหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโค้ดและระบบ	78	3.90	1.10	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
16.การจัดการและวางแผนการเรียนรู้เพื่อต่อยอดทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ	74	3.70	1.01	กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม
ผลเฉลี่ยรวมการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม หลังเรียน	72.62	3.63	1.01	

จากตารางที่ 4-7 พบว่าผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุมหลังเรียน ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม" โดยค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 3.63 (S.D. = 1.01) ซึ่งสูงขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจและทักษะที่ดีขึ้นหัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด ($\bar{X}$ = 3.90, S.D. = 1.24) ความสามารถเข้าใจและวิเคราะห์เอกสารหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโค้ดและระบบ ($\bar{X}$ = 3.90, S.D. = 1.10) หัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมหรือระบบ ($\bar{X}$ = 3.75, S.D. = 1.01) การพัฒนาอัลกอริทึมและใช้โครงสร้างโปรแกรมในการแก้ปัญหา ($\bar{X}$ = 3.60, S.D. = 1.10) หลังการเรียน ผู้เรียนกลุ่มควบคุมมีพัฒนาการด้านการเขียนโปรแกรมเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีความเข้าใจและสามารถตรวจสอบคุณภาพโค้ดได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีจุดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมให้แม่นยำยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4-9 ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม

จากภาพที่ 4-9 สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มของตารางได้อย่างชัดเจนโดยแสดง ความแตกต่างของผลการประเมินก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งสอดคล้องกับค่าทางสถิติจากตาราง ทำให้สามารถสรุปได้ว่า หลังการเรียนรู้ ผู้เรียนมีทักษะด้านการเขียนโปรแกรมดีขึ้นในทุกด้าน แต่ยังมีบางประเด็นที่ควรปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ต่อไป

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองก่อนการเรียนพบว่าทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถที่ใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในระดับ "เริ่มพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม" ในทุกหัวข้อที่ทำการประเมิน ค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มอยู่ในช่วง 2.3 - 2.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนยังต้องการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม
ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ก่อนเรียน

จากภาพที่ 4-10 พบว่า กลุ่มทดลองมีแนวโน้มให้คะแนนตนเองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ในด้านการวิเคราะห์ปัญหาและการตรวจสอบข้อผิดพลาดในโค้ด ขณะที่กลุ่มควบคุมให้ความสำคัญกับการวางแผนโครงสร้างโปรแกรมก่อนเขียนโค้ดทั้งสองกลุ่มมี จุดแข็ง ในการ ตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็กน้อย

น้อย ๆ และการแบ่งโครงสร้างโค้ดเพื่อลดข้อผิดพลาด ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญ อย่างไรก็ตามจุดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมคือ การเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมและการเขียนโค้ดเชิงลึก ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ยังต้องได้รับการฝึกฝนเพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมให้ดียิ่งขึ้น

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรมหลังเรียน พบว่าทั้งสองกลุ่มมีระดับความสามารถใกล้เคียงกัน ซึ่งกลุ่มทดลอง อยู่ในระดับ "มีความสามารถทักษะการเขียนโปรแกรม" โดยมีค่าเฉลี่ย 4.53 และกลุ่มควบคุม อยู่ในระดับ "กำลังพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม" โดยมีค่าเฉลี่ย 3.63 ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีพัฒนาการด้านการเขียนโปรแกรมหลังการเรียน อย่างไรก็ตาม ยังคงมีบางด้านที่ต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการเขียนโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบการประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม
ของผู้เรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง หลังเรียน

จากภาพที่ 4-11 พบว่า ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีระดับทักษะการเขียนโปรแกรมที่เพิ่มขึ้นหลังการเรียน โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุกหัวข้อ แนวโน้มการพัฒนาของทั้งสองกลุ่มเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ที่ได้รับสามารถช่วยเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมได้ โดยกลุ่มทดลองมีพัฒนาการชัดเจนในด้าน การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไข

ข้อผิดพลาดในโค้ด ในขณะที่กลุ่มควบคุมยังคงมีการพัฒนาแต่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติมในด้าน การเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมและการพัฒนาโครงสร้างโปรแกรม เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.3 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

4.3.1 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยทดสอบกับผู้เรียนกลุ่มทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างของผู้เรียนกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness)				
1. การใช้งาน ChatGPT ช่วยให้การค้นคว้าข้อมูลสะดวกและรวดเร็วขึ้น	74	4.35	0.86	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
2. การใช้ ChatGPT ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	70	4.12	1.11	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
3. ChatGPT ช่วยประหยัดเวลาในการทำงานและการเรียนรู้	72	4.24	0.66	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
อิทธิพลทางสังคม (Social Influence)				
4. เพื่อนหรืออาจารย์แนะนำให้ใช้ ChatGPT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน	69	4.06	1.09	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
5. ฉันได้รับแรงจูงใจจากการเห็นผู้อื่นใช้ ChatGPT และได้ผลดี	69	4.06	0.97	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
6. ความคิดเห็นจากคนรอบข้างส่งผลต่อการตัดสินใจใช้งาน AI	69	4.06	1.09	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
ลักษณะนวัตกรรม (Innovation Characteristics)				
7. ChatGPT ใช้งานง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้งาน	63	3.71	1.21	ยอมรับเทคโนโลยีปานกลาง

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างของผู้เรียนกลุ่มทดลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	Σx	$(\bar{X})$	S.D.	การแปลผล
ลักษณะนวัตกรรม (Innovation Characteristics) (ต่อ)				
8. ChatGPT มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาและตอบคำถามที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ	72	4.24	0.75	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
9. ฉันรู้สึกว่าการใช้ ChatGPT ทำให้ฉันสามารถปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น	69	4.06	0.83	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
ความต้องการทางจิตวิทยา (Psychological Needs)				
10. ฉันรู้สึกว่าการใช้ ChatGPT ช่วยเพิ่มความอิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเอง	72	4.24	0.97	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
11. ฉันรู้สึกมั่นใจมากขึ้นเมื่อใช้งาน AI เพื่อช่วยในการเรียนรู้	71	4.18	0.95	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
12. ฉันรู้สึกถึงการมีส่วนร่วมและการเชื่อมโยงกับเนื้อหาเมื่อใช้งาน AI	66	3.88	1.32	ยอมรับเทคโนโลยีปานกลาง
การยอมรับการใช้งาน AI (Acceptance of AI)				
13. ฉันยินดีที่จะใช้ ChatGPT ในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง	67	3.94	1.03	ยอมรับเทคโนโลยีปานกลาง
14. ฉันแนะนำให้เพื่อนหรือผู้อื่นใช้ ChatGPT ในการศึกษา	69	4.06	0.97	ยอมรับเทคโนโลยีมาก
15. ฉันเชื่อว่า AI เช่น ChatGPT จะกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในอนาคตการศึกษา	67	3.94	1.14	ยอมรับเทคโนโลยีปานกลาง
ผลเฉลี่ยรวมการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างของผู้เรียนกลุ่มทดลอง	69.27	4.07	1.00	

จากตารางที่ 4-8 พบว่าผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "ยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์" ในทุกด้าน โดยมี

ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 4.07 (S.D. = 1.06) ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนเห็นประโยชน์ของ ChatGPT ในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม หัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ChatGPT มีความสามารถในการแก้ปัญหาและตอบคำถามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ($\bar{X}$ = 4.24, S.D. = 0.75) ChatGPT ช่วยเพิ่มความอิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ($\bar{X}$ = 4.24, S.D. = 0.97) หัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ ChatGPT ใช้งานง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้ ($\bar{X}$ = 3.71, S.D. = 1.21) ความคิดเห็นของครอบข้างส่งผลต่อการตัดสินใจใช้งาน AI ($\bar{X}$ = 4.06, S.D. = 1.09) ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการใช้ ChatGPT และยอมรับเทคโนโลยี AI ในการช่วยเรียนรู้ โดยเฉพาะด้านการค้นหาข้อมูล การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แบบอิสระ อย่างไรก็ตาม ยังมีความกังวลบางส่วนเกี่ยวกับความง่ายในการใช้งานและอิทธิพลของความคิดเห็นจากครอบข้างต่อการนำ AI มาใช้

4.4 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินความเข้าใจ และแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน ของผู้เชี่ยวชาญ

4.4.1 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด ซึ่งประกอบด้วย 17 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และ 30 ข้อคำถาม ผลการประเมินค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence: IOC) แสดงไว้ในตารางที่ 4-10 ซึ่งระบุค่าความสอดคล้องของแต่ละข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

ค่าดัชนี IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป หมายถึง ข้อคำถามสามารถนำไปใช้ได้

ค่าดัชนี IOC ต่ำกว่า 0.5 หมายถึง ควรปรับปรุงข้อคำถามก่อนนำไปใช้

ผู้เชี่ยวชาญ

- (1) รศ.ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ
- (2) ผศ. ดร. ธณภณ อารังคุณานัน
- (3) ผศ.ดร. ภาสพิชญ์ ชูใจ
- (4) ดร. วุฒิพร เสือเมือง
- (5) นายเสกสรร ศรีจันทร์

ตารางที่ 4-9 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชา
ไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าความ สอดคล้อง	ผลการพิจารณา
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
1	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	-1	+1	+1	+1	-1	0.20	ใช้ไม่ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
12	-1	+1	+1	+1	-1	0.20	ใช้ไม่ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
18	-1	+1	+1	+1	-1	0.20	ใช้ไม่ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
23	0	+1	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้
24	0	+1	+1	+1	-1	0.40	ใช้ไม่ได้
25	0	+1	+1	+1	-1	0.40	ใช้ไม่ได้

ตารางที่ 4-9 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต่อ)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าความ สอดคล้อง	ผลการพิจารณา
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
29	-1	+1	+1	+1	-1	0.20	ใช้ไม่ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

จากตารางที่ 4-9 พบว่าแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์มี 25 ข้อคำถามมีค่าความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งหมายความว่า ข้อคำถามเหล่านี้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบประเมินและสามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องแก้ไข และมี 5 ข้อคำถามที่มีค่าความสอดคล้อง (IOC) ต่ำกว่า 0.5 ได้แก่ ข้อที่ 12, 18, 24, 25 และ 29 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อคำถามเหล่านี้อาจยังไม่สะท้อนวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน และจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่า ข้อคำถามที่ 12, 18, 24, 25 และ 29 ควรได้รับการปรับปรุง เนื่องจากข้อคำถามดังกล่าวเป็นเพียงการวัดความสามารถในการจำมากกว่าการวัดความเข้าใจ ซึ่งไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งเน้นการประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เรียน ดังนั้น จึงควรมีการปรับแก้ไขข้อคำถามเหล่านี้ให้สามารถวัดความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

โดยสรุป ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินพบว่า ข้อคำถามส่วนใหญ่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่ยังคงมีบางข้อที่ต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อให้เกิดความถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ดังนั้น จึงควรมีการแก้ไขข้อคำถามที่มีค่าความสอดคล้อง (IOC) ต่ำกว่า 0.5 โดยเฉพาะข้อที่ 12, 18, 24 และ 29 เพื่อให้สามารถวัดผลความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำยิ่งขึ้น

4.4.2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด ซึ่งประกอบด้วย 4 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และ 27 ข้อคำถาม ผลการประเมินค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence: IOC) แสดงไว้ในตารางที่ 4-11 ซึ่งระบุค่าความสอดคล้องของแต่ละข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

ค่าดัชนี IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป หมายถึง ข้อคำถามสามารถนำไปใช้ได้

ค่าดัชนี IOC ต่ำกว่า 0.5 หมายถึง ควรปรับปรุงข้อคำถามก่อนนำไปใช้

ผู้เชี่ยวชาญ

- (1) รศ.ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ
- (2) ผศ. ดร. ธณภณ อารังคุณานัน
- (3) ผศ.ดร. ภาสพิชญ์ ชูใจ
- (4) ดร. วุฒิพร เสือเมือง
- (5) นายเสกสรร ศรีจันทร์

ตารางที่ 4-10 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน

รายละเอียดการประเมินด้านทักษะ	การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
หน่วยที่ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์							
1.1.1 ใช้คำสั่ง C ได้ถูกต้อง เช่น if-else, while, for	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
1.2.1 ตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
1.3.1 โปรแกรมทำงานตามที่ออกแบบ เช่น สั่งงาน LED อ่านค่าจาก Sensor	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรียเอม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง							
2.1.1 การต่อวงจร Arduino กับมอเตอร์ไฟฟ้า	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
2.1.2 การเลือกและเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้

ตารางที่ 4-10 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน (ต่อ)

รายละเอียดการประเมินด้านทักษะ	การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
2.2.1 ตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
2.2.2 ใช้คำสั่ง digitalWrite หรือ analogWrite ได้อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
2.3.1 มอเตอร์หมุนตามทิศทางที่ต้องการ (หมุนตาม/หมุน กลับ)	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
2.3.2 ควบคุมความเร็วได้โดยใช้ พัลส์เบรียดม (Pulse Width Modulation)	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
2.4.1 ใช้โครงสร้างโปรแกรม Arduino ได้ถูกต้อง เช่น setup(), loop()	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
2.5.1 มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง เช่น หยุด หมุนไปข้างหน้า หมุนถอยหลัง หรือ เปลี่ยนความเร็วได้ตามที่กำหนด	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น							
3.1.1 การต่อวงจร Arduino กับเซ็นเซอร์วัดความชื้นและ อุณหภูมิได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
3.1.2 การเลือกและเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟที่เหมาะสม	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
3.2.1 การติดตั้ง Library และการกำหนดพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
3.2.2 ใช้คำสั่งหรือไลบรารีเซ็นเซอร์	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
3.3.1 การอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
3.3.2 การวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้

ตารางที่ 4-10 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน (ต่อ)

รายละเอียดการประเมินด้านทักษะ	การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	ผลการพิจารณา
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
3.4.1 ใช้โครงสร้างโปรแกรม Arduino ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
3.5.1 มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก							
4.1.1 การต่อวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้กับ Arduino	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.1.2 การเลือกและเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.2.1 ตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.2.2 ใช้คำสั่งหรือฟังก์ชันสำหรับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.3.1 การคำนวณระยะทางจากสัญญาณ Echo และ Trigger	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.3.2 การวิเคราะห์ค่าระยะทางที่วัดได้	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.4.1 ใช้โครงสร้างโปรแกรม Arduino ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้
4.5.1 เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้ทำงานตามคำสั่ง	+1	+1	+1	-1	+1	0.6	ใช้ได้

จากตารางที่ 4-10 เมื่อผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินค่าความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนการวิเคราะห์ข้อคำถามทั้งหมด 27 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของทุกข้ออยู่ระหว่าง 0.6 -1.00 ซึ่งหมายความว่าแบบประเมินทั้งหมดสามารถนำไปใช้ได้ โดยทุกข้อผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปถือว่าใช้ได้)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่ 1.1.1 (การใช้คำสั่ง C ในการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน)

- ควรปรับเกณฑ์การให้คะแนน เนื่องจาก rubric ที่กำหนดอาจยังคลุมเครือ
- ควรพิจารณาเพิ่มองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ ลอจิกและลำดับของโปรแกรม เพื่อให้

สามารถประเมินความสามารถของผู้เรียนได้อย่างชัดเจนขึ้น

ข้อที่ 1.2.1 (การตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง)

- เกณฑ์การให้คะแนนระดับ 4-5 ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ชัดเจน อาจส่งผลให้

เกิดความคลาดเคลื่อนในการประเมิน

- ควรปรับเกณฑ์การประเมินให้สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างระดับคะแนนได้

ดียิ่งขึ้น

ข้อที่ 2.11, 2.12 และ 2.2.1 (การควบคุมมอเตอร์และพอร์ตดิจิทัลของ Arduino)

- เกณฑ์การให้คะแนนในระดับ 2-4 ไม่ชัดเจน โดยเฉพาะการใช้คำว่า "เล็กน้อย" หรือ "บางส่วน" ซึ่งอาจทำให้ผู้ประเมินตีความแตกต่างกัน
- ควรกำหนดเกณฑ์ที่ชัดเจนขึ้น เช่น ระบุสถานการณ์ตัวอย่าง หรือให้คำอธิบาย

เพิ่มเติมว่าระดับใดหมายถึงข้อผิดพลาดเล็กน้อยเพียงใด

ข้อเสนอแนะโดยรวมเกี่ยวกับมาตรการประเมินอาจพิจารณา ลดระดับสเกลมาตรการประเมินจาก 5 ระดับ เป็นระดับที่น้อยลงเนื่องจากระดับคะแนน 2-4 มีความคลุมเครือ ทำให้เกิดความสับสนในการให้คะแนนและอาจทำให้การประเมินไม่มีความแม่นยำ

สรุปโดยรวมแม้ว่าแบบประเมินจะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่ยังคงมีบางจุดที่ต้องได้รับการปรับปรุง โดยเฉพาะ เกณฑ์การให้คะแนน ในบางข้อที่ยังไม่ชัดเจนและอาจทำให้เกิดความสับสนในการประเมิน ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนให้ชัดเจนมากขึ้น และอาจพิจารณาลดระดับสเกลการประเมินเพื่อลดความคลุมเครือของค่าระดับกลาง (2-4) ซึ่งจะช่วยให้การประเมินมีความแม่นยำและเป็นมาตรฐานที่ดียิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา มีเนื้อหาการเรียนรู้ได้แก่ 1) พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3) การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ของวิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 37 คน รูปแบบของการวิจัย ในครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดเป็นการวิจัยกึ่งการทดลอง (Quasi-experimental research) ออกแบบการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Two Group Pretest - Posttest Design เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในสองกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ผลลัพธ์ใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Mann-Whitney U test เพื่อวัดความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เนื่องจากข้อมูลอาจไม่เป็นไปตามการแจกแจงปกติ (Non-parametric statistics) ซึ่งผลการวิจัยสามารถสรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในการศึกษา การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา ได้ดังนี้

5.1.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนการสร้างแรงจูงใจ (Motivating) ขั้นตอนการนำเสนอ (Presenting) ขั้นตอนการจัดกลุ่ม (Organizing Groups) ขั้นตอนการแนะนำกลุ่ม (Guiding the Groups) ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluating) และขั้นตอนการให้รางวัล (Rewarding) และเมื่อผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ได้ทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ และกำหนดหัวข้อการเรียนรู้ จากผลการทดสอบ Mann-Whitney U Test พบว่า กลุ่มทดลองมี

คะแนน ความรู้หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งหมายความว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างความรู้การเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

5.1.2 ศึกษาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการเรียนการสอนแบบร่วมมือในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ จากผลการทดสอบ Mann-Whitney U Test พบว่า กลุ่มทดลอง มีคะแนนการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งหมายความว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

5.1.3 ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง เพื่อการสนับสนุนการเรียนรู้ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่าผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างของผู้เรียนกลุ่มทดลอง ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ "ยอมรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์" ในทุกด้าน โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 4.07 (S.D. = 1.06) ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนเห็นประโยชน์ของ ChatGPT ในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม อยู่ในระดับมาก

5.2 อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ และช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการเขียนโค้ดและการคิดวิเคราะห์ ได้ดีขึ้นผลลัพธ์ของการศึกษาค้นคว้าสอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยก่อนหน้านี้หลายประการ โดยเฉพาะแนวคิด การเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ระบุว่าการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มช่วยให้ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถ ทดลองโค้ด ตรวจสอบข้อผิดพลาด และได้รับคำแนะนำแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบเดิมที่ผู้เรียนต้องรอคำแนะนำจากครูผู้สอน AI จึงกลายเป็น ตัวช่วยสำคัญที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้แบบอิสระและช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมได้เร็วขึ้น การเปรียบเทียบผลลัพธ์กับงานวิจัยก่อนหน้านี้ เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hu et al. (2023) ซึ่งระบุว่า ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างสามารถช่วย

ให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัยของ Heitz et al. (2024) ยังสนับสนุนว่าการใช้ ChatGPT ในการเขียนโค้ดช่วยลดความซับซ้อนของการเรียนรู้ด้านโปรแกรมมิ่ง ทำให้ผู้เรียนสามารถ เข้าใจโครงสร้างโค้ดและสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้รวดเร็วขึ้น แม้ว่าผลการวิจัยนี้จะชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง แต่ก็พบข้อสังเกตบางประการที่แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น งานของ Scherb et al. (2024) ที่ระบุว่า การใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง อาจทำให้ผู้เรียนขาดทักษะการคิดเชิงลึกหากไม่มีแนวทางการกำกับดูแลที่ดี ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าผู้เรียนบางคนอาจพึ่งพาปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างมากเกินไปจนส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้แบบดั้งเดิม ดังนั้น ควรมีการออกแบบแนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไป และยังคงพัฒนาทักษะการคิดเชิงตรรกะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 นอกจากวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถนำปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ไปใช้กับรายวิชาอื่น เช่น การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น วิทยาการข้อมูล หรือปัญญาประดิษฐ์ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการเขียนโค้ดและการคิดเชิงตรรกะ

5.3.1.2 ควรมีการพัฒนาแพลตฟอร์มที่บูรณาการปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง กับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อให้สามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน วิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน และปรับแผนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

5.3.2.1 ควรมีการวิจัยที่ติดตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ พฤติกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนในระยะยาว เพื่อดูว่าปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง มีผลต่อความสามารถในการคิดเชิงตรรกะ และการแก้ปัญหา ของผู้เรียนหรือไม่

5.3.2.2 การวิจัยเพิ่มเติมควรศึกษาการผสมผสานปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง กับ การเรียนรู้ที่ผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ในชั้นเรียนและการเรียนรู้ออนไลน์ (Blended Learning) เพื่อดูว่าปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง สามารถช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ในรูปแบบผสมผสานได้อย่างไร

5.3.2.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ แนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ในห้องเรียนให้เหมาะสม รวมถึงการออกแบบแนวทางการประเมินผลที่สามารถวัดผลกระทบของปัญญา

ประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ต่อการพัฒนาทักษะของผู้เรียนในระยะยาว เพื่อให้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อระบบการศึกษา

5.3.2.4 ควรพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างจากหลายแพลตฟอร์ม เช่น ChatGPT, Gemini, CoPilot, Blackbox และ DeepSeek AI เพื่อศึกษาข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบในด้านต่าง ๆ อาทิ ความแม่นยำของคำแนะนำด้านการเขียนโค้ด ความเข้าใจบริบททางโปรแกรมมิ่ง ความสามารถในการสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล และผลกระทบที่มีต่อทักษะการคิดเชิงตรรกะของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้สามารถเลือกใช้แพลตฟอร์มที่เหมาะสมกับบริบทการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- จตุมา เมทินีธร. (2567). ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างในการศึกษา: ChatGPT และ Gemini ในบทบาทของเครื่องมือทางการศึกษา. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 23(1), 85-96.
- ชาติสิริ จันทศรี, & สวราชย์ สุภาพงษ์. (2560). โครงสร้างของบอร์ด Arduino UNO R3. [สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2567], จาก <https://chartaxe.blogspot.com/2017/05/arduino-uno-r3.html>
- ทันพงษ์ ภูริรักษ์. (2562). โครงสร้างโปรแกรมของ Arduino. เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น. [สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2567], สืบค้นจาก https://dsdi.msu.ac.th/articles/iot/books/microcontroller/TNP_Unit_3.pdf
- นงเยาว์ สอนจะโปะ. (2564). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาพยาบาล. วารสารมหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี, 1(1), 80-90.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- สง่า คำคำ. (2562). ไมโครคอนโทรลเลอร์ (รหัสวิชา 2105-2105). วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง. [สืบค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2567], สืบค้นจาก <https://www.pattayatech.ac.th/files/pdf>
- เศรษฐาพันธ์ สุขใส. (2562). หลักการเขียนโปรแกรม (Programming principles). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- วิโรจน์ กิตติวรปรีดา. (2560). เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (รหัสวิชา 2105-2105). วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี, สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). [ออนไลน์]. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567. [สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2567]. สืบค้นจาก <https://bsq.vec.go.th/th-th/>

ภาษาอังกฤษ

- Abdaljaleel, O., Saleh, M., & Khan, R. (2024). TAME-ChatGPT model: A new framework for analyzing AI adoption in education. *AI & Society*, 39(2), 325–342. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01678-5>
- A. Alam and A. Mohanty, (2023). "Educational technology: Exploring the convergence of technology and pedagogy through mobility, interactivity, AI, and learning tools," *Cogent Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 1-37,
- Anagnostopoulos, C.-N. (2023). ChatGPT impacts in programming education: A recent literature overview that debates ChatGPT responses. Retrieved from arXiv.
- Bahrour, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, 15(12983).
- Bringula, R. (2024). ChatGPT in a programming course: Benefits and limitations. *Frontiers in Education*, 9, 1248705. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1248705>
- Bucaioni, A., Ekedahl, H., Helander, V., & Nguyen, P. T. (2024). Programming with ChatGPT: How far can we go? *Machine Learning with Applications*, 15, 100526. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2024.100526>
- Chen, Q., Chen, H.-C., & Lin, Y.-L. (2024). ChatGPT-powered Inquiry-based Learning Model of Training for Intelligent Car Racing Competition. *Sensors and Materials*, 36(3), 1147-1161.
- Coello, C. E. A., Alimam, M. N., & Kouatly, R. (2024). Effectiveness of ChatGPT in coding: A comparative analysis of popular large language models. *Digital*, 4(1), 114–125. <https://doi.org/10.3390/digital4010005>

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.

<https://doi.org/10.2307/249008>

Gillies, R. M. (2023). Using Cooperative Learning to Enhance Students' Learning and Engagement during Inquiry-Based Science. *Education Sciences*, 13(1242).

<https://doi.org/10.3390/educsci13121242>

Heitz, L. B., Chamas, J., & Scherb, C. (2024). Evaluation of the programming skills of large language models. University of Applied Sciences and Arts, Northwestern Switzerland. arXiv:2405.14388.

Jin, H., Lee, S., Shin, H., & Kim, J. (2024). Teach AI How to Code: Using Large Language Models as Teachable Agents for Programming Education. *Proceedings of CHI '24*. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642349>

Juárez-Ramírez, R., Navarro, C. X., Tapia-Ibarra, V., Macías-Olvera, R., & Guerra-García, C. (2018). What is Programming? Putting all Together - A Set of Skills Required. 6th International Conference in Software Engineering Research and Innovation, 11–13. <https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2018.00010>

Kalelioğlu, F. (2015). A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior*, 52, 200–210.

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>

Karacali, H., Cebel, E., & Donum, N. (2024). Performance comparison of AI platforms in solving computer science problems. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 28, 326-341.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.

- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 50-60.
- Michel-Villarreal, R., Vilalta-Perdomo, E., Salinas-Navarro, D. E., Thierry-Aguilera, R., & Gerardou, F. S. (2023). Challenges and opportunities of generative AI for higher education as explained by ChatGPT. *Education Sciences*, 13(856).
- Nguyen, T. T., & Tran, H. N. (2020). The impact of cooperative learning on enhancing programming skills among vocational students. *Journal of Vocational Education and Training*, 72(3), 385-400.
- Ofosu-Ampong, K., Boateng, R., Anning-Dorson, T., & Asare, J. (2023). Acceptance of artificial intelligence (ChatGPT) in education: Trust, innovativeness, and psychological need of students. *Education and Information Technologies*, 28(6), 8131–8156. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12114-6>
- Reyes Juárez-Ramírez, M., Navarro, C. X., Tapia-Ibarra, V., Macías-Olvera, R., & Guerra-García, C. (2018). What is programming? Putting all together - A set of skills required. *Proceedings of the 6th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)*, 11–20. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2018.00010>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. (n.p.)
- Scherb, C., Heitz, L. B., & Grieder, H. (2024). User-centric evaluation of code generation tools. *arXiv Preprint. arXiv:2402.03130*.
- Shabunina, V., Shevchenko, O., & Sarancha, V. (2023). Educational Potential of ChatGPT: Teaching Tool for Students' Competencies Development. In 2023

IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE).

Shi, L., Umer, A. M., & Shi, Y. (2023). Utilizing AI models to optimize blended teaching effectiveness in college-level English education. *Cogent Education*, 10(2), 2282804. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2282804>

Silva, C. A. G. d., Ramos, F. N., de Moraes, R. V., & Santos, E. L. d. (2024). ChatGPT: Challenges and benefits in software programming for higher education. *Sustainability*, 16(3), 1245. <https://doi.org/10.3390/su16031245>

Suastika, I. N., Suartama, I. K., Sanjaya, D. B., & Arta, K. S. (2021). Application of Multicultural-Based Learning Model Syntax of Social Studies Learning. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(4), 1660-1679.

Tafferner, Z., Illés, B., Krammer, O., & Géczy, A. (2023). Can ChatGPT help in electronics research and development? A case study with applied sensors. *Sensors*, 23(10), 4879.

Tocháček, D., Lapeša, J., & Fuglík, V. (2016). Developing technological knowledge and programming skills of secondary schools students through educational robotics projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217, 377–381. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.107>

Topalli, D., & Cagiltay, N. E. (2018). Improving programming skills in engineering education through problem-based game projects with Scratch. *Computers & Education*, 120, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.011>

Tuomi, P., Multisilta, J., Saarikoski, P., & Suominen, J. (2018). Coding skills as a success factor for a society. *Education and Information Technologies*, 23, 419–434. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9611-4>

Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157–178.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39).

Zhou, T., & Colomer, J. (2024). Cooperative Learning Promoting Cultural Diversity and Individual Accountability: A Systematic Review. *Education Sciences*, 14(567). <https://doi.org/10.3390/educsci14060567>



ภาคผนวก ก

- หลักสูตรรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567
- แผนวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้
- ตารางกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
- ตารางวิเคราะห์กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้



20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์

1-4-3

Microcontroller

อ้างอิงมาตรฐาน

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ รหัสหลักสูตร 0920084190205 การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

เขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบและทดสอบวงจรต่างๆ ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจโครงสร้าง หลักการทำงาน ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์
2. มีทักษะการใช้ชุดคำสั่ง และการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
3. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกิริยาในคันคว้าเพิ่มเติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียด รอบคอบ คำนึงถึงความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม ความถูกต้องและปลอดภัย
4. สามารถประกอบและทดสอบวงจรที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ประกอบและทดสอบวงจรที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ในส่วนประกอบต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุตต่าง ๆ และวงจรแสดงผล ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรม ประกอบ ทดสอบการทำงานของวงจรที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

แผนวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้

วิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์

รหัสวิชา 20105-2005

เวลา 16 ชั่วโมง (16 คาบ)

ตารางที่ ก-1 แผนวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้

หน่วย ที่	หัวข้อการเรียนรู้	หัวข้อย่อย	จำนวน เวลา
1	พื้นฐานการเขียนโปรแกรม ภาษาซี สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	แนะนำภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	4 ชั่วโมง
		คำสั่งควบคุมโปรแกรมและการใช้ตัวกระทำ	
		ฟังก์ชันและการจัดการหน่วยความจำ	
		การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ พื้นฐาน	
2	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรีย ยูเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	พื้นฐานของพัลส์เบรียยูเอ็ม	4 ชั่วโมง
		การเขียนโปรแกรมควบคุมพัลส์เบรียยูเอ็ม	
		การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์และควบคุมมอเตอร์	
3	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจจับอุณหภูมิและ ความชื้น	พื้นฐานเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและ ความชื้น	4 ชั่วโมง
		การเขียนโปรแกรมควบคุมเซ็นเซอร์ตรวจจับ อุณหภูมิและความชื้น	
		การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและ ความชื้นกับไมโครคอนโทรลเลอร์	
4	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ วัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์ อัลตราโซนิก	หลักการทำงานของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก	4 ชั่วโมง
		การเขียนโปรแกรมควบคุมเซ็นเซอร์อัลตราโซ นิก	
		การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	

ตารางที่ ก-2 ตารางกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

	ลำดับ	รายละเอียด	เวลา	ขั้น กระบวนการ	สื่อการเรียนรู้
สัปดาห์ที่ 1	1	ทดสอบและประเมินผลผู้เรียน - แบบประเมินความรู้ก่อนเรียน	30 นาที	ขั้นตอนการ สร้างแรงจูงใจ (Motivating) + ขั้นตอนการ นำเสนอ (Presenting) + ขั้นตอนการจัด กลุ่ม (Organizing Groups)	แบบทดสอบก่อน เรียน
	2	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	3 ชม. 30 นาที		ChatGPT, คอมพิวเตอร์, ใบงานตามหน่วย การเรียนรู้
สัปดาห์ที่ 2	3	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อ สร้างสัญญาณ พัดดับเบิล ยูเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	4 ชม.		
สัปดาห์ที่ 3	4	หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	4 ชม.		
สัปดาห์ที่ 4	5	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์ อัลตราโซนิก	4 ชม.		
สัปดาห์ที่ 5	6	ทดสอบและประเมินผลผู้เรียน - แบบประเมินความรู้หลังเรียน - แบบประเมินตนเองด้านทักษะ การเขียนโปรแกรม - แบบประเมินการยอมรับ เทคโนโลยี	4 ชม.	ขั้นตอนการ ประเมินผล (Evaluating)	แบบทดสอบ
	7	มอบรางวัลและให้ข้อเสนอแนะ - ประกาศผลการเรียนรู้ - มอบรางวัลให้กลุ่มที่ทำผลงานได้ดี		ขั้นตอนการให้ รางวัล (Rewarding)	เกียรติบัตร, คะแนนพิเศษ
รวม			20 ชั่วโมง		

ตารางที่ ก-3 ตารางวิเคราะห์กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่	หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
1	พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์	1.1 อธิบายโครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกต้อง 1.2 บอกชนิดของตัวแปรของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกต้อง 1.3 บอกตัวแปรของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เหมาะสมกับงานได้ 1.4 อธิบายการใช้คำสั่งการควบคุมทิศทางทำงานแบบมีเงื่อนไขได้ถูกต้อง 1.5 อธิบายการใช้คำสั่งการควบคุมทิศทางการทำงานวนซ้ำได้ถูกต้อง 1.6 อธิบายการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ของตัวกระทำทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง 1.7 อธิบายการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ของตัวกระทำตรรกะได้ถูกต้อง 1.8 อธิบายการเขียนไวยากรณ์ของภาษาซีได้ถูกต้อง 1.9 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ภาษาซีได้ถูกต้อง
2	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรียเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	2.1 อธิบายการใช้ พัลส์เบรียเอ็ม ของบอร์ด Arduino ได้ 2.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซีสำหรับ พัลส์เบรียเอ็ม ได้ 2.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรียเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าได้ 2.4 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
3	การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	3.1 อธิบายหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น 3.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น 3.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

ตารางที่ ก-3 ตารางวิเคราะห์กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

หน่วยที่	หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
3 (ต่อ)	การใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจจับอุณหภูมิและ ความชื้น (ต่อ)	3.4 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับ เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิได้
4	การใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ วัดระยะทางด้วย เซนเซอร์อัลตราโซนิก	4.1 อธิบายหลักการทำงานของเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก 4.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก 4.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก 4.4 เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้

ภาคผนวก ข

- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินประเมินความสอดคล้อง
- หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินความเข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
- แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
- แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
- แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินประเมินความสอดคล้อง

1. รศ.ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ

ตำแหน่ง : รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
 สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ผศ. ดร. ธณภณ อึ้งคุณานัน

ตำแหน่ง : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
 สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. ผศ.ดร. ภาสพิชญ์ ชูใจ

ตำแหน่ง : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
 สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

4. ดร. วุฒิพร เสือเมือง

ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
 สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

5. อาจารย์เสกสรร ศรีจันทร์

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
 สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี



ที่ อว 7104.1/64

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุญาตเคราะห้ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ด้วยนางสาวกรรณิกา ทองใส รหัสประจำตัว 66-020178-5805-0 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขออนุญาตเคราะห้ให้ รองศาสตราจารย์ ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห้เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห้ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 085-091-5973 (นางสาวกรรณิกา ทองใส)

ภาพที่ ข-1 หนังสือขออนุญาตเคราะห้ รองศาสตราจารย์ คมกฤตย์ ชมสุวรรณ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/65

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ด้วยนางสาวกรรณิกา ทองใส รหัสประจำตัว 66-020178-5805-0 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธณภณ อารังคุณานัน ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิวีโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 085-091-5973 (นางสาวกรรณิกา ทองใส)

ภาพที่ ข-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธณภณ อารังคุณานัน เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/66

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ด้วยนางสาวกรรณิกา ทองใส รหัสประจำตัว 66-020178-5805-0 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสพิชญ์ ชูใจ ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 085-091-5973 (นางสาวกรรณิกา ทองใส)

ภาพที่ ข-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาสพิชญ์ ชูใจ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/67

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ด้วยนางสาวกรรณิกา ทองใส รหัสประจำตัว 66-020178-5805-0 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ดร.วุฒิพร เสือเมือง ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 085-091-5973 (นางสาวกรรณิกา ทองใส)

ภาพที่ ข-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ดร. วุฒิพร เสือเมือง เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/68

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

ด้วยนางสาวกรรณิกา ทองใส รหัสประจำตัว 66-020178-5805-0 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขออนุมัติครุภัณฑ์ให้ นายเสกสรร ศรีจันทร์ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี เป็นผู้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 085-091-5973 (นางสาวกรรณิกา ทองใส)

ภาพที่ ข-5 หนังสือขออนุมัติครุภัณฑ์ นายเสกสรร ศรีจันทร์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



**แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบประเมินความ
เข้าใจทางการเรียนรู้รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียน
โปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา**

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าแบบวัดความเข้าใจที่สร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยการพิจารณาให้น้ำหนักความสอดคล้อง ดังนี้

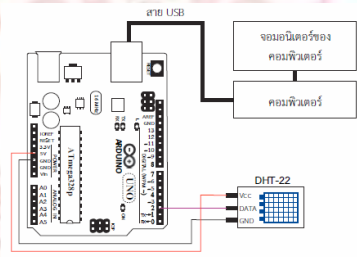
- 1 คือ แน่ใจ ว่าแบบทดสอบข้อนั้น ไม่สอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าแบบทดสอบข้อนั้น สอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ หรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าแบบทดสอบข้อนั้น สอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
หน่วยที่ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์						
1.1 อธิบายโครงสร้างของโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกต้อง	เข้าใจ	1. ฟังก์ชันใดในโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานเพียงครั้งเดียวเมื่อเริ่มต้นโปรแกรม ก. loop() ข. setup() ค. main() ง. delay()				
		2. ฟังก์ชัน loop() ในโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่อะไร ก. ทำงานเพียงครั้งเดียวเมื่อเริ่มต้นโปรแกรม ข. ทำงานซ้ำไปเรื่อย ๆ ตลอดเวลาที่โปรแกรมทำงาน ค. ทำงานเฉพาะเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกรีเซ็ต ง. ทำงานเฉพาะเมื่อโปรแกรมสิ้นสุด				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
หน่วยที่ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต่อ)						
1.2 บอกชนิดของตัวแปรของโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกต้อง	รู้จำ	3. ชนิดของตัวแปรใดเหมาะสำหรับการเก็บค่าทศนิยมในโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก. int ข. Float ค. char ง. Boolean				
		4. ตัวแปรชนิดใดในภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมสำหรับการเก็บค่าอักขระตัวเดียว เช่น 'A' ก. int ข. float ค. char ง. Boolean				
1.3 บอกตัวแปรของโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมกับงานได้	รู้จำ	5. ถ้าต้องการเก็บค่าข้อความหรือชุดของอักขระ เช่น "Hello" ควรใช้ตัวแปรชนิดใด? ก. int ข. char[] ค. Boolean ง. float				
		6. หากต้องการเก็บค่าความเร็วของมอเตอร์ที่เป็นจำนวนเต็ม เช่น 150 RPM ควรใช้ตัวแปรชนิดใด? ก. Boolean ข. float ค. int ง. Char				
1.4 อธิบายการใช้คำสั่งการควบคุมทิศทางทำงานแบบมีเงื่อนไขได้ถูกต้อง	เข้าใจ	7. คำสั่ง else if ใช้เมื่อใด ก. เมื่อเงื่อนไขของ if เป็นจริง ข. เมื่อเงื่อนไขของ if ไม่เป็นจริงและต้องการตรวจสอบเงื่อนไขอื่น ค. เมื่อโปรแกรมต้องทำงานซ้ำ ๆ ง. เมื่อมีการประกาศตัวแปรใหม่				
1.5 อธิบายการใช้คำสั่งการควบคุมทิศทางการวนลูปได้ถูกต้อง	เข้าใจ	8. คำสั่ง for loop ทำงานอย่างไร ก. ทำงานจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง ข. ทำงานซ้ำตามจำนวนรอบที่กำหนด ค. ทำงานซ้ำตราบใดที่เงื่อนไขยังคงเป็นเท็จ ง. ทำงานอย่างน้อยหนึ่งครั้งก่อนตรวจสอบเงื่อนไข				

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอ แนะ
			+1	0	-1	
หน่วยที่ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต่อ)						
1.6 อธิบายการใช้ เครื่องหมายต่าง ๆ ของตัวกระทำทาง คณิตศาสตร์ได้ ถูกต้อง	เข้าใจ	9. เครื่องหมายใดใช้สำหรับการคูณในภาษา C ก. + ข. - ค. * ง. /				
		10. ถ้า x = 10 แล้วใช้คำสั่ง x++ ผลลัพธ์ที่ได้จาก x คือเท่าใด ก. 9 ข. 10 ค. 11 ง. 12				
1.7 อธิบายการใช้ เครื่องหมายต่าง ๆ ของตัวกระทำ ตรรกะได้ถูกต้อง	เข้าใจ	11. คำสั่ง if (x > 5 && y < 10) จะทำงานเมื่อใด ก. เมื่อ x มากกว่า 5 และ y น้อยกว่า 10 ทั้งสอง เงื่อนไขเป็นจริง ข. เมื่อ x มากกว่า 5 หรือ y น้อยกว่า 10 หนึ่งใน เงื่อนไขเป็นจริง ค. เมื่อ x น้อยกว่า 5 และ y มากกว่า 10 ง. เมื่อ x เท่ากับ 5 และ y เท่ากับ 10				
1.8 อธิบายการ เขียนไวยากรณ์ของ ภาษาซีได้ถูกต้อง	เข้าใจ	12. คำสั่งในภาษาซีทุกบรรทัดต้องจบด้วย เครื่องหมายใด ก. {} ข. () ค. [] ง. ;				
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรียเอ็ม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง						
2.1 อธิบายการใช้ พัลส์เบรียเอ็ม ของบอร์ด Arduino ได้	เข้าใจ	13. คำสั่ง analogWrite() ใช้สำหรับอะไรใน Arduino ก. อ่านค่าจากพินอนาล็อก ข. เขียนค่าสัญญาณดิจิทัลไปยังพินดิจิทัล ค. เขียนค่าสัญญาณ พัลส์เบรียเอ็ม ไปยังพินที่ รองรับ ง. เขียนค่าสัญญาณอนาล็อกไปยังพินอนาล็อก				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรียเอม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง (ต่อ)						
2.1 อธิบายการใช้ พัลส์เบรียเอม ของบอร์ด Arduino ได้ (ต่อ)	เข้าใจ	14. สัญญาณ พัลส์เบรียเอม ถูกใช้ในวงจรควบคุม มอเตอร์เพื่ออะไร ก. ปรับแรงดันไฟฟ้าแบบคงที่ ข. ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ผ่านการปรับ duty cycle ค. ปรับแรงดันไฟฟ้าขาออกในรูปแบบกระแสสลับ ง. เปิด-ปิดมอเตอร์ทันที				
2.2 ระบุฟังก์ชัน ภาษาซีสำหรับ พัลส์เบรียเอม ได้	รู้จำ	15. การใช้ฟังก์ชัน analogWrite(pin, value) ค่าที่กำหนดในช่วง 0 ถึง 255 ใช้เพื่ออะไร ก. กำหนดจำนวนครั้งในการทำงาน ข. กำหนด duty cycle ของสัญญาณ พัลส์เบรียเอม ค. กำหนดความถี่ของสัญญาณ พัลส์เบรียเอม ง. กำหนดเวลาหน่วยการทำงาน				
		16. ถ้าใช้ขา 9 ของ Arduino ในการส่งสัญญาณ พัลส์เบรียเอม ไปควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า คำสั่งใดที่ใช้ กำหนดให้ขานี้เป็น output ก. pinMode(motorPin, INPUT) ข. pinMode(motorPin, OUTPUT) ค. analogWrite(motorPin, 255) ง. digitalWrite(motorPin, HIGH)				
2.3 อธิบายวิธีการ ต่อใช้งาน Arduino กับการสร้าง สัญญาณ พัลส์เบรียเอม สำหรับ มอเตอร์ไฟฟ้า	เข้าใจ	17. การเชื่อมต่อ พัลส์เบรียเอม จาก Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าควรเชื่อมต่อพินใดของ Arduino กับขา Gate ของ MOSFET คือข้อใด ก. พิน GND ค. พิน 5V ข. พิน พัลส์เบรียเอม ง. พิน A0				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณ พัดเบิบลูเอม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง (ต่อ)						
2.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับ การสร้างสัญญาณ พัดเบิบลูเอม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)	เข้าใจ	18. ในการสร้างสัญญาณ พัดเบิบลูเอม ควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้าผ่าน Arduino พินใดบ้างที่รองรับสัญญาณ พัดเบิบลูเอม บนบอร์ด Arduino Uno คือข้อใด ก. พิน 9, 10, 11 ข. พิน 2, 4, 5 ค. พิน 3, 5, 6, 9, 10, 11 ง. พิน 8, 9, 10, 11, 12				
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น						
3.1 อธิบายหลักการทำงานของ เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	รู้จำ	19. อุปกรณ์ข้อใดวัดใช้ความชื้นและอุณหภูมิ ก. เซ็นเซอร์ DHT11 ข. เซ็นเซอร์ NTC ค. เซ็นเซอร์เทอร์มิสเตอร์ ง. เซ็นเซอร์ PTC				
		20. เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT11 ใช้แรงดันไฟเลี้ยงเท่าใด ก. 5 โวลต์ ข. 6 โวลต์ ค. 7 โวลต์ ง. 8 โวลต์				
3.2 ระบุฟังก์ชัน ภาษาซี ที่ใช้กับ อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	รู้จำ	วงจรสำหรับข้อ 21-22  21. จากวงจรที่กำหนด ฟังก์ชันที่สร้างออปเจก DHT-22 สำหรับติดต่อกับเซ็นเซอร์ คือฟังก์ชันใด ก. #include <DHT.h> ข. DHT dht; ค. dht.setup(2); ง. float humidity = dht.getHumidity();				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น (ต่อ)						
3.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น (ต่อ)	รู้จำ	22. จากวงจรที่กำหนด ฟังก์ชันที่อ่านค่าอุณหภูมิจาก DHT-22 คือฟังก์ชันใด ก. float humidity = dht.getHumidity(); ☒ ข. float temperature = dht.getTemperature(); ค. Serial.print("\tHumidity :"); ง. Serial.print("\t\tTemp C:");				
3.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	เข้าใจ	23. ในการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ DHT11 กับ Arduino, สายข้อมูล (Data Pin) ควรเชื่อมต่อกับขาใดของ Arduino? ก. GND ข. VCC ☒ ค. Digital Pin ง. Analog Pin				
		24. การต่อใช้งานเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT11 ขาดค่าตัวต่อตัวต้านทานพูลอัพค่าเท่าใด ก. 500 โอห์ม ข. 1 กิโลโอห์ม ☒ ค. 5 กิโลโอห์ม ง. 15 กิโลโอห์ม				
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก						
4.1 อธิบายหลักการทำงานของเซนเซอร์แบบอัลตราโซนิก	เข้าใจ	25. โมดูล HC-SR04 ใช้คลื่นเสียงความถี่ประมาณ ☒ ก. 40kHz ข. 30kHz ค. 20kHz ง. 10kHz				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (ต่อ)						
4.1 อธิบายหลักการทำงานของเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก (ต่อ)	เข้าใจ	26. เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกทำงานโดยอาศัยหลักการใดในการวัดระยะทาง? ก. การเปลี่ยนแปลงของความดัน ข. การสะท้อนกลับของคลื่นเสียง ค. การหักเหของแสง ง. การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก				
4.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก	รู้จำ	27. ฟังก์ชันใดในภาษา C ใช้สำหรับการตั้งค่าขาพินสำหรับเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกให้เป็นขา OUTPUT สำหรับส่งสัญญาณ ก. digitalWrite() ข. pinMode() ค. pulseIn() ง. delayMicroseconds()				
4.2 ระบุฟังก์ชันภาษาซี ที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก (ต่อ)	รู้จำ	28. ฟังก์ชันใดในภาษา C ที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณ Trigger ไปยังเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก? ก. digitalWrite() ข. pulseIn() ค. pinMode() ง. digitalWrite()				
4.3 อธิบายวิธีการต่อใช้งาน Arduino กับเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก	เข้าใจ	29. ขาใดของเซ็นเซอร์ HC-SR04 ที่ใช้รับสัญญาณคลื่นสะท้อนกลับจากวัตถุ ก. VCC ข. Trig ค. Echo ง. GND				

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ	น้ำหนัก			ข้อเสนอ แนะ
			+1	0	-1	
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก (ต่อ)						
4.3 อธิบายวิธีการ ต่อใช้งาน Arduino กับ เซนเซอร์แบบอัลต ราโซนิก (ต่อ)	เข้าใจ	30. ขา Trig ของเซ็นเซอร์ HC-SR04 ควรถูกตั้งค่า เป็นอะไรในโค้ด Arduino ก. INPUT ข. OUTPUT ค. GND ง. HIGH				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

ผู้เชี่ยวชาญ



แบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน ที่สร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยการพิจารณาให้น้ำหนักความสอดคล้อง ดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าแบบทดสอบข้อนั้น ไม่สอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าแบบทดสอบข้อนั้น สอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ หรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าแบบทดสอบข้อนั้น สอดคล้อง กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	รายละเอียดการประเมินด้านทักษะ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
หน่วยที่ 1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์					
เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ภาษาซีได้ถูกต้อง	1.1 ความถูกต้องของโครงสร้างโปรแกรม				
	1.1.1 ใช้คำสั่ง C ได้ถูกต้อง เช่น if-else, while, for				
	1.2 การตั้งค่าพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์				
	1.2.1 ตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง				
	1.3 การทดสอบการทำงาน				
	1.3.1 โปรแกรมทำงานตามที่ออกแบบ เช่น สั่งงาน LED อ่านค่าจาก Sensor				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	รายละเอียดการประเมินด้านทักษะ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณ พัลส์เบรียเอม สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง					
เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้	2.1 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์				
	2.1.1 การต่อวงจร Arduino กับมอเตอร์ไฟฟ้า				
	2.1.2 การเลือกและเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ				
	2.2 การตั้งค่าพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์				
	2.2.1 ตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง				
	2.2.2 ใช้คำสั่ง digitalWrite หรือ analogWrite ได้อย่างถูกต้อง				
	2.3 การควบคุมมอเตอร์				
	2.3.1 มอเตอร์หมุนตามทิศทางที่ต้องการ (หมุนตาม/หมุนกลับ)				
	2.3.2 ควบคุมความเร็วได้โดยใช้ พัลส์เบรียเอม (Pulse Width Modulation)				
	2.4. ความถูกต้องของการเขียนโปรแกรม				
	2.4.1 ใช้โครงสร้างโปรแกรม Arduino ได้ถูกต้อง เช่น setup(), loop()				
	2.5.การทดสอบการทำงาน				
	2.5.1 มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง เช่น หยุด หมุนไปข้างหน้า หมุนถอยหลัง หรือเปลี่ยนความเร็วได้ตามที่กำหนด				
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น					
เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิได้	3.1 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์				
	3.1.1 การต่อวงจร Arduino กับเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิได้ถูกต้อง				
	3.1.2 การเลือกและเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟที่เหมาะสม				

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	รายละเอียดการประเมินด้านทักษะ	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
เขียนโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับ เซ็นเซอร์วัด ความชื้นและ อุณหภูมิได้ (ต่อ)	3.2 การตั้งค่าพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์				
	3.2.1 การติดตั้ง Library และการกำหนดพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง				
	3.2.2 ใช้คำสั่งหรือไลบรารีเซ็นเซอร์				
	3.3 การประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล				
	3.3.1 การอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น				
	3.3.2 การวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล				
	3.4 ความถูกต้องของการเขียนโปรแกรม				
	3.4.1 ใช้โครงสร้างโปรแกรม Arduino ได้ถูกต้อง				
	3.5 การทดสอบการทำงาน				
	3.5.1 มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง				
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก					
เขียนโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับ เซ็นเซอร์อัลตรา โซนิกได้	4.1.การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์				
	4.1.1 การต่อวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้กับ Arduino				
	4.1.2 การเลือกและเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ				
	4.2. การตั้งค่าพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์				
	4.2.1 ตั้งค่าพอร์ต Input/Output ได้ถูกต้อง				
	4.2.2 ใช้คำสั่งหรือฟังก์ชันสำหรับเซ็นเซอร์อัลตรา โซนิกได้				
	4.3 การประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล				
	4.3.1 การคำนวณระยะทางจากสัญญาณ Echo และ Trigger				
	4.3.2 การวิเคราะห์ค่าระยะทางที่วัดได้				
	4.4. ความถูกต้องของการเขียนโปรแกรม				
	4.4.1 ใช้โครงสร้างโปรแกรม Arduino ได้ถูกต้อง				
	4.5 การทดสอบการทำงาน				
	4.5.1 เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกได้ทำงานตามคำสั่ง				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ใบงานที่ 1



รูปที่ 1 คิวอาร์โค้ดใบงานที่ 1

ใบงานที่ 2



รูปที่ 2 คิวอาร์โค้ดใบงานที่ 2

ใบงานที่ 3



รูปที่ 3 คิวอาร์โค้ดใบงานที่ 3

ใบงานที่ 4



รูปที่ 4 คิวอาร์โค้ดใบงานที่ 4



**แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
คำชี้แจง**

1. แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีนี้เป็นแบบประเมิน โมเดลการยอมรับ AI (ChatGPT) (K. Ofosu-Ampong, B. Acheampong, M.-O. Kevor, และ F. Amankwah-Sarfo, 2023) สำหรับ ประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างร่วมกับการเรียนรู้แบบ ร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
2. โปรดเลือกระดับของการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนมากที่สุดพร้อมเขียนข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง กรุณากรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงของผู้เรียน

ส่วนที่ 1: ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบประเมิน

1. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

2. ช่วงอายุ

☐ 15-26 ปี

☐ 27-34 ปี

☐ 35 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา:

☐ ปวช.

☐ ปวส.



**แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง
ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
(ต่อ)**

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน โดยระดับ
ขอบคุณภาพแบ่งออกได้ ดังนี้

- 5 หมายถึง มากที่สุด
- 4 หมายถึง มาก
- 3 หมายถึง ปานกลาง
- 2 หมายถึง น้อย
- 1 หมายถึง น้อยที่สุด

รายการ	ระดับแรงจูงใจ				
	5	4	3	2	1
การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness)					
1. การใช้งาน ChatGPT ช่วยให้การค้นคว้าข้อมูลสะดวกและรวดเร็วขึ้น					
2. การใช้ ChatGPT ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น					
3. ChatGPT ช่วยประหยัดเวลาในการทำงานและการเรียนรู้					
อิทธิพลทางสังคม (Social Influence)					
4. เพื่อนหรืออาจารย์แนะนำให้ใช้ ChatGPT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน					
5. ฉันได้รับแรงจูงใจจากการเห็นผู้อื่นใช้ ChatGPT และได้ผลดี					
6. ความคิดเห็นจากคนรอบข้างส่งผลต่อการตัดสินใจใช้งาน AI					
ลักษณะนวัตกรรม (Innovation Characteristics)					
7. ChatGPT ใช้งานง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้งาน					



แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนในการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง
 ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
 (ต่อ)

รายการ	ระดับแรงจูงใจ				
	5	4	3	2	1
ลักษณะนวัตกรรม (Innovation Characteristics) (ต่อ)					
8. ChatGPT มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาและตอบคำถามที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ					
9. ฉันรู้สึกว่าการใช้ ChatGPT ทำให้ฉันสามารถปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น					
ความต้องการทางจิตวิทยา (Psychological Needs)					
10. ฉันรู้สึกว่าการใช้ ChatGPT ช่วยเพิ่มความอิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเอง					
11. ฉันรู้สึกมั่นใจมากขึ้นเมื่อใช้งาน AI เพื่อช่วยในการเรียนรู้					
12. ฉันรู้สึกถึงการมีส่วนร่วมและการเชื่อมโยงกับเนื้อหาเมื่อใช้งาน AI					
การยอมรับการใช้งาน AI (Acceptance of AI)					
13. ฉันยินดีที่จะใช้ ChatGPT ในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง					
14. ฉันแนะนำให้เพื่อนหรือผู้อื่นใช้ ChatGPT ในการศึกษา					
15. ฉันเชื่อว่า AI เช่น ChatGPT จะกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในอนาคตการศึกษา					

หากมีข้อเสนอแนะหรือความคิดเห็นเพิ่มเติม สามารถเขียนลงในช่องว่างด้านล่าง

.....

.....



**แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม
สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา**

คำชี้แจง

1. แบบประเมินนี้จัดทำขึ้นเพื่อวัดระดับความสามารถด้าน ทักษะการเขียนโปรแกรม ของผู้เรียนในหลากหลายด้าน ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ ประยุกต์ใช้แบบประเมินที่พัฒนาโดย (Reyes Juárez-Ramírez et al., 2018) โดยออกแบบในลักษณะ Rubric-Based Assessment และใช้มาตราส่วน Likert Scale แบบ 6 ระดับ เพื่อประเมินทักษะของผู้เรียนอย่างละเอียด

2. กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับที่ตรงกับระดับความสามารถของผู้เรียนในปัจจุบันมากที่สุด โดยระดับระดับความสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

6	หมายถึง	เชี่ยวชาญ (Mastering/Expert)
5	หมายถึง	มีประสิทธิภาพ (Effective)
4	หมายถึง	มีความสามารถ (Competent)
3	หมายถึง	กำลังพัฒนา (Developing)
2	หมายถึง	เริ่มพัฒนา (Emerging)
1	หมายถึง	ไม่มีความสามารถ (Absent)



**แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม
สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา (ต่อ)**

รายการ	ระดับความสามารถ					
	6	5	4	3	2	1
1. การมองภาพรวมของระบบซอฟต์แวร์ โดยไม่จมอยู่กับรายละเอียดเล็กน้อย เช่น การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อจัดการได้ง่ายขึ้น						
2. การวิเคราะห์และประเมินโค้ดหรืออัลกอริทึมอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหที่เหมาะสมที่สุด						
3. การวางแผนลำดับขั้นตอนของโค้ดที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น การใช้คำสั่งเงื่อนไข (if-else) หรือลูป (loops)						
4. การตรวจสอบข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในโค้ด เช่น การสะกดชื่อฟังก์ชันหรือการใช้ตัวแปร						
5. การค้นหาสาเหตุและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดหรือระบบ						
6.การรวมองค์ประกอบทั้งหมดของโปรแกรม เช่น อัลกอริทึม การออกแบบโครงสร้างข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ						
7.การเข้าใจภาพรวมของโครงการ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้						
8.การสังเกตและจัดการรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาด						
9.การวางแผนและประเมินกระบวนการทำงานของระบบ ตั้งแต่การป้อนข้อมูลไปจนถึงผลลัพธ์						



แบบประเมินตนเองด้านทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม
สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา (ต่อ)

รายการ	ระดับความสามารถ					
	6	5	4	3	2	1
10.ความสามารถในการจำรายละเอียดของโค้ด เช่น โครงสร้างข้อมูล ฟังก์ชัน และตรรกะ						
11.การพัฒนาอัลกอริทึมและใช้โครงสร้างโปรแกรมในการแก้ปัญหา						
12.การตรวจสอบและรักษาคุณภาพของโค้ดให้ตรงตามข้อกำหนด						
13.การวิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรมหรือระบบ						
14.ความพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ ๆ และนำมาใช้ในโครงการ						
15.การทำความเข้าใจและวิเคราะห์เอกสารหรือคำอธิบายเกี่ยวกับโค้ดและระบบ						
16.การจัดการและวางแผนการเรียนรู้เพื่อต่อยอดทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ						



ภาคผนวก ค

- นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025

นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



ภาพที่ ค-1 นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



ภาพที่ ค-2 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในการนำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ

AEIT 2025

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวกรรณิกา ทองใส
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม สำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
ประวัติ	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า เอกวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีพุทธศักราช 2566
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2566 - ปัจจุบัน ครูพิเศษสอน แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี พ.ศ. 2565 – 2566 : นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูใน สถานศึกษา แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครนายก
อีเมล	Kannika.fork@gmail.com