



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

นายศิวักร นันทน์นุ่ม

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

นายศิวักร นันทน์ม

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

โดย นายศิวกร นันทน์นุ่ม

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากุล)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ปัญจบุรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณนาไ নয়)

ชื่อ : นายศิวกร นันทน์มูม
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริม
 การคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณนาไนย
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) แบบการทดสอบวัดผลก่อนและหลังการทดลองแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest - Posttest Design) มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ (2) ศึกษาผลการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน (3) ศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และ (4) ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับ ปวช.3 สาขาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จำนวน 12 คน กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ พร้อมแบบฝึกหัดที่เน้นการคิดเชิงคำนวณใน 4 ด้าน ได้แก่ การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) การวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) การสรุปแบบแผน (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) การวิเคราะห์ผลใช้การทดสอบทางสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.002$) โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ผู้เรียนมีส่วนร่วมในระดับมากที่สุด และกิจกรรมได้รับการประเมินว่ามีประสิทธิภาพสูง แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของกิจกรรมที่ออกแบบมาสำหรับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ

(มีจำนวนทั้งสิ้น 182 หน้า)

คำสำคัญ : หุ่นยนต์เคลื่อนที่, การคิดเชิงคำนวณ, กิจกรรมการเรียนรู้, การมีส่วนร่วมของผู้เรียน

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Siwakorn Nannum
Independent Study Title : Development of a Mobile Robots Learning Activities
to Promote Students Computational Thinking Skill
Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Chaiyaporn Silawatchananai
Academic Year : 2024

ABSTRACT

This study is a preliminary experimental research (Pre-Experimental Design) utilizing a One Group Pretest - Posttest Design. The objectives were to: (1) Develop learning activities involving mobile robots to promote computational thinking, (2) Investigate students' computational thinking skills, (3) Study the level of student engagement, and (4) Evaluate the effectiveness of the activities. The sample group consisted of 12 vocational certificate (Vocational Certificate Level 3) students majoring in Mechatronics at Angthong Technical College. The learning activities included designing and constructing mobile robots, along with exercises focused on four aspects of computational thinking: Decomposition, Pattern Recognition, Abstraction, and Algorithm Design. Data analysis was conducted using the Wilcoxon Signed Ranks Test. The results revealed that the developed activities significantly enhanced students' computational thinking skills ($p\text{-value} = 0.002$), with most students performing at moderate to high levels. Student engagement was rated at the highest level, and the activities were evaluated as highly effective. These findings indicate that the designed activities are appropriate for developing computational thinking skills.

(Total 182 Pages)

Keywords: Mobile Robots, Computational Thinking, Learning Activities, Student Engagement

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณนาไนย อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ และรองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร ชูแก้ว อาจารย์ผู้ดูแลนักศึกษาด้านเทคนิค การทำวิจัยมาโดยตลอด รวมถึงขอขอบพระคุณวิทยาลัยเทคนิคอ่างทองที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ เรื่องการจัดเวลาสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบพระคุณ เพื่อนผู้ร่วมชั้นเรียนที่ได้เสนอแนวคิดและมุมมองด้านอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ มากยิ่งขึ้น

ศิวกร นันทน์ม



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 สมมติฐาน	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 สาขาวิชาเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์ วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	5
2.2 การใช้หุ่นยนต์ในการจัดการเรียนการสอน	6
2.3 กระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ	8
2.4 ทฤษฎีขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้	8
2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์	10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย	20
3.1 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	21
3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	26
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล	29
3.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	31
3.5 การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	32
บทที่ 4 ผลการวิจัย	34
4.1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	34
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน	35
4.3 ผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิด เชิงคำนวณของผู้เรียน	39
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผลการวิจัย	42
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	43
5.3 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการวิจัย	44
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก ก	50
รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านเนื้อหา	51
หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	52
แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรม เรื่อง การอบรม ถ่ายทอดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ	57
แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	61
แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการ คิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	68
แบบประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิด เชิงคำนวณของผู้เรียน	77
ภาคผนวก ข	79
การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์	80
การเลือกวงจรควบคุมและสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	85
การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	86
การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของวงจรควบคุมหุ่นยนต์	89
การออกแบบสนามแข่งขัน	91
ภาคผนวก ค	92
ตาราง Test Blueprint	93
ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	94
ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความ เชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 KR-20)	95
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	96

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง	100
การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภท ฮาร์ดแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญ	101
การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียน การสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ	102
การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้	103
การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม	105
เอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน	106
ภาพกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของ ผู้เรียน	143
ภาคผนวก จ	144
นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025	145
ประวัติผู้วิจัย	146

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 การค่าอ่านค่าแสงของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ	11
2-2 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ตรวจจับสี	12
2-3 คุณลักษณะของมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 3-6 โวลต์	14
2-4 คุณลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 4.8-6 โวลต์ หมุน 0-180 องศา	15
3-1 แสดงกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	27
3-2 กิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	28
3-3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	31
4-1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกสัน	35
4-2 แสดงผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	36
4-3 แสดงผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียน	40
ค-1 แสดงตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ Test Blueprint	93
ค-2 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	94
ค-3 ผลการหาความเชื่อมั่น (Reliability)	95
ค-4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	96
ง-1 การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์	101
ง-2 การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน	102
ง-3 การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้	103

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ขั้นตอนในการออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ	8
2-2 เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ	11
2-3 เซนเซอร์ตรวจจับสี	12
2-4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต (POP-32i)	14
2-5 มอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 3-6 โวลต์	15
2-6 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 4.8-6 โวลต์ หมุน 0-180 องศา	16
2-7 ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรมอาดูโน้	17
3-1 แผนภาพการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่	21
3-2 แผนภาพการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่	23
3-3 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่	25
3-4 แผนภาพการออกแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	26
4-1 ภาพรวมของชุดกิจกรรมที่ถูกนำมาประกอบตามแบบ	34
4-2 ภาพรวมของสนามหุ่นยนต์เคลื่อนที่	35
4-3 ผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	39
4-4 ผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	41
ก-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายธนกศักดิ์ อรุณไพโร เป็นผู้เชี่ยวชาญ	52
ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ เป็นผู้เชี่ยวชาญ	53
ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ	54
ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ	55
ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ	56
ข-1 ออกแบบตัวฐานหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก	80
ข-2 ออกแบบตัวล็อกมอเตอร์หุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก	80
ข-3 ออกแบบตัวล็อกแบตเตอรี่หุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก	81
ข-4 ออกแบบชุดถังลูกบาศก์หุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก	81
ข-5 ต้นแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่เสร็จสมบูรณ์	82
ข-6 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ (มุมมองด้านบน)	82
ข-7 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ (มุมมองด้านล่าง)	83
ข-8 การใช้เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) ขึ้นรูปชิ้นงาน	83
ข-9 การใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) ขึ้นรูปชิ้นงาน	84
ข-10 การเลือกวงจรควบคุม	85
ข-11 ภาพการทำสายเชื่อมต่อมอเตอร์กับบอร์ดคอนโทรลเลอร์	85
ข-12 ภาพการทดสอบเซอร์โวมอเตอร์กับชุดถังลูกบาศก์	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข-13 ภาพการทดสอบเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ	86
ข-14 ภาพการทดสอบเซนเซอร์อ่านค่าสี	87
ข-15 ภาพการประกอบหุ่นต์เสร็จสมบูรณ์	87
ข-16 ภาพการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	88
ข-17 ภาพการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	89
ข-18 ภาพการเขียนโปรแกรมรับค่าเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ	89
ข-19 ภาพการเขียนโปรแกรมรับค่าเซนเซอร์อ่านค่าสี และควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	90
ข-20 ภาพการออกแบบสนามแข่งขัน	91
ง-1 การอธิบายและนำเสนอกิจกรรม	143
ง-2 การดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนดไว้	143
จ-1 นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025	145
จ-2 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025	145

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติกำหนดให้การจัดกระบวนการเรียนรู้ในสถานศึกษาเน้นเนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมตามความสนใจ ความแตกต่าง และความถนัดของผู้เรียน นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่จำเป็นต้องฝึกฝนทักษะที่ต้องใช้การคิดอย่างเป็นระบบ การจัดการในกระบวนการเรียนรู้ การถ่ายทอด และการใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาโครงการในโลกแห่งความเป็นจริง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนควรเน้นการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำเพื่อให้ได้ประสบการณ์จริงเพื่อส่งเสริมความสามารถของผู้เรียน เช่น ความคิดสร้างสรรค์ การค้นคว้าและการเรียนรู้ด้วยตนเอง และการใฝ่หาอย่างต่อเนื่อง รูปแบบการเรียนการสอนได้รับการพัฒนาในหลายรูปแบบ เช่น เชิงวิจัย เชิงแก้ปัญหา เชิงโครงการ อิงเกม อิงการสืบค้น ฯลฯ ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมใน กิจกรรมการเรียนการสอนและสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (Klinbumrung, K., 2020)

ในปัจจุบันเราอาศัยอยู่ในโลกที่มีการใช้ทักษะเชิงวิทยาศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคำนวณมากขึ้น แนวคิดเชิงคำนวณ(Computational Thinking : CT) หมายถึงกระบวนการความคิดในการแก้ปัญหาและหาทางแก้ไขปัญหาลักษณะที่ทำการประมวลผลข้อมูลโดยรวมและสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดเชิงคำนวณไม่เพียงเป็นทักษะพื้นฐานสำหรับนักวิทยาการคอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่ยังสำคัญสำหรับทุกคนที่อยู่ในยุคที่ข้อมูลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Yin,Y., et al.,2022) ในยุคที่ความรู้ทางคอมพิวเตอร์เป็นคำสำคัญ จึงควรพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรม เพื่อการพัฒนากำลังคนให้มีทักษะที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเชิงคำนวณ (de Oliveira Lima., et al.,2022) CT ประกอบด้วยกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์ หลายอย่าง เช่น การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) การวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) การสรุปแบบแผน (Abstraction) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) ซึ่งสอดคล้องกับการใช้เหตุผล (Barkela, Han, & Weber, 2024)

ทักษะการเขียนโค้ดถูกกำหนดให้เป็นทักษะที่ส่งผลดีต่อกระบวนการเรียนรู้และการคิดของเด็ก และช่วยให้พวกเขาสามารถควบคุมเครื่องจักรได้ดีขึ้น การเขียนโค้ดจึงกลายเป็นการปฏิบัติที่พบเห็นได้บ่อยมากขึ้นในทุกช่วงการศึกษาในหลาย ๆ ประเทศ (Zuraci, & Turan, 2024) ไม่ใคร่คอนโทรลเลอร์ได้กลายเป็นส่วนสำคัญในหลายแง่มุมของชีวิตและถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบพื้นฐานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่จำนวนมาก เช่น รถยนต์ หุ่นยนต์ เครื่องซักผ้า เตาไมโครเวฟ และของเล่นจากรายงานต่าง ๆ ตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วโลกคาดว่าจะขยายตัวในอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีที่สูงขึ้นในปีต่อๆ ไป ความต้องการวิศวกรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เพิ่มขึ้นในตลาดงานเป็นตัวกระตุ้นให้มีการลงทะเบียนเรียนในหลักสูตรไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น (Lu, Ma, & Fang, 2023) แพลตฟอร์มอาδυโน้ นั้นง่ายต่อการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นผู้เริ่มต้น งานอดิเรก ครู หรือผู้ใช้ระดับมืออาชีพ เนื่องจากมีจำนวนชิ้นส่วนที่สามารถเชื่อมต่อได้มากมาย จึงเหมาะสำหรับโครงการแทบทุกประเภท ในการศึกษา แพลตฟอร์ม อาδυโน้ เหมาะสำหรับนักเรียนที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รีเลย์ ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ทรานซิสเตอร์ และเซ็นเซอร์ต่าง ๆ นอกจากนี้ แพลตฟอร์ม อาδυโน้ ยังเป็นช่องทางในการเข้าสู่ระบบอัตโนมัติ (Balon, B., 2021)

จากการสังเกตพบว่า กระบวนการเรียนรู้ในวิชาทางปฏิบัติ เช่น การเขียนโปรแกรมและไมโครคอนโทรลเลอร์ อาδυโน้ โดยไม่ต้องใช้สื่อการสอนมาสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ วิชาที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมถือเป็นวิชาที่ทำหายและถือเป็นวิชาที่ยากที่สุดสำหรับนักเรียนในระดับอาชีวศึกษา ความจำเป็นในการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ถือเป็นเรื่องจำเป็น โดยเฉพาะการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมและไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งกำหนดให้ครูต้องมีตัวอย่างในการแสดงผลแผนและตัวอย่างตรรกะมากขึ้น หากไม่มีตัวอย่างหลายตัวอย่าง นักเรียนอาจประสบปัญหาในการได้รับทักษะต่าง ๆ เช่น การแก้จุดบกพร่อง การเขียนโปรแกรมและการเข้าถึงความเข้าใจของนักเรียนและความคิดสร้างสรรค์ในระดับสูง (Budi, A. H. S., 2021)

ความรู้เกี่ยวกับหุ่นยนต์ และการเขียนโปรแกรมเป็นทักษะการคิดวิเคราะห์ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการร่วมมือกันสำรวจปัญหา แก้ปัญหา สร้างองค์ความรู้ ทำให้เกิดการคิดเชิงวิเคราะห์ ดังนั้น หุ่นยนต์เพื่อการศึกษาเป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ที่ดี สามารถใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้หลักในการสร้างความรู้ ช่วยพัฒนาความคิดของผู้เรียน เสริมสร้างรูปแบบความคิด กระตุ้นกลไกการเรียนรู้ให้มีความเข้าใจ และซึมซับความรู้ที่ลึกซึ้งได้ดียิ่งขึ้น (Moraiti, Fotoglou, & Drigas, 2022) การศึกษาเกี่ยวกับหุ่นยนต์และการเขียนโค้ดช่วยสร้างสภาพแวดล้อมให้กับแต่ละบุคคลในการเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา ทดสอบสมมติฐานของตนเอง และค้นพบสิ่งที่มีความหมายเป็นการส่วนตัว (Turan, & Aydoğdu, 2020)

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงผู้เรียนเป็นสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสูงขึ้น จึงมีความตั้งใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน โดยสร้างหุ่นยนต์ประกอบการจัดการเรียนรู้ที่ประยุกต์เข้ากันสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นโดยเขียนเงื่อนไขผ่านโปรแกรมอาδυโน้ โดยผู้วิจัยออกแบบและจัดทำใบงาน เพื่อฝึกการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ทำให้เกิดความเข้าใจ สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

1.3 สมมติฐาน

- 1.3.1 กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ สามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนสูงกว่าก่อนทำกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

- 1.3.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ อยู่ในระดับดีมาก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 กลุ่มเป้าหมาย ใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ในรายวิชา 20127-2106 หุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 2/2567 จำนวน 12 คน

1.4.2 ด้านเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ในรายวิชา 20127-2106 หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การประกอบหุ่นยนต์และเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

1.4.3 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความคิดเห็นในด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอน โดยมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือ ผู้ที่มีประสบการณ์สอนในเรื่องดังกล่าวไม่ต่ำกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน

1.4.4 เครื่องมือมีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบประเมินที่พัฒนาโดย Yue Yin (2019) ได้มีการดำเนินการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามจำนวน 5 หัวข้อ 4 ด้าน คือ ด้านการแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) ด้านการวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) ด้านการสรุปแบบแผน (Abstraction) ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)
3. แบบประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

1.4.5 การออกแบบกระบวนการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) ได้ออกแบบการวิจัยเป็นประเภทการทดสอบวัดผลก่อนและหลังการทดลองแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest - Posttest Design)

$$E = O_1 \quad X \quad O_2$$

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง (Experimental Group)
O ₁	หมายถึง	การวัดผลก่อนการทดลอง
X	หมายถึง	กิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
O ₂	หมายถึง	การวัดผลหลังการทดลอง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการออกแบบและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นความเหมาะสมของเนื้อหา ขั้นตอนการเรียนรู้ และผลลัพธ์ทางการศึกษา

1.5.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ หมายถึง หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองบนพื้นผิวต่าง ๆ ผ่านระบบควบคุม เช่น มอเตอร์ ล้อ หรือเซ็นเซอร์ที่ช่วยตรวจจับสิ่งแวดล้อม โดยใช้ในการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรม การแก้ปัญหา และการวิเคราะห์

1.5.3 การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง กระบวนการคิดเชิงระบบที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่าง มีโครงสร้าง ประกอบด้วยทักษะย่อย ได้แก่ การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition), การวิเคราะห์ รูปแบบ (Pattern Recognition), การสรุปแบบแผน (Abstraction), การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)

1.5.4 การส่งเสริม หมายถึง การสร้างสภาพแวดล้อมหรือกระบวนการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนา ทักษะและความสามารถของผู้เรียนในด้านการคิดเชิงคำนวณ ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ เพื่อกระตุ้นความสนใจและการมีส่วนร่วม

1.5.5 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาที่เกี่ยวข้องกับทางด้านหุ่นยนต์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี

1.5.6 การประเมินการคิดเชิงคำนวณ หมายถึง กระบวนการวัดและวิเคราะห์ระดับ ความสามารถของผู้เรียนในการแก้ปัญหาเชิงระบบและพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

1.5.7 การประเมินการมีส่วนร่วม หมายถึง แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการมี ส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ผู้สอนได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ของผู้เรียน

1.6.2 ผู้เรียนมีการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นหลังที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

1.6.3 ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อยอดการแก้ปัญหาในระดับที่ยากขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการจัดทำวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าข้อมูลในหลาย ๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรมนี้ โดยแบ่งออกได้เป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

- 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น
- 2.2 การใช้หุ่นยนต์ในการจัดการเรียนการสอน
 - 2.2.1 ความหมายของหุ่นยนต์
 - 2.2.2 แนวคิดของการใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา
- 2.3 กระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ
- 2.4 ทฤษฎีขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้
 - 2.4.1 ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้
 - 2.4.2 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์
 - 2.5.1 รูปแบบการเรียนรู้สร้างหุ่นยนต์
 - 2.5.2 อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์
 - 2.5.3 อุปกรณ์ขับเร้า
 - 2.5.4 ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรมอาดูโน่
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น

- 2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา
 - 2.1.1.1 เข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
 - 2.1.1.2 มีทักษะในการประกอบ ทดสอบ ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
 - 2.1.1.3 มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความรับผิดชอบ รอบคอบปลอดภัย
- 2.1.2 สมรรถนะรายวิชา
 - 2.1.2.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
 - 2.1.2.2 เลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ ประกอบส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ตามแบบ
 - 2.1.2.3 ควบคุมและทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
- 2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและอธิบายปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง หลักการทำงาน วงจรควบคุม ประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบการทำงานและการเขียนโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น

2.2 การใช้หุ่นยนต์ในการจัดการเรียนการสอน

2.2.1 ความหมายของหุ่นยนต์

Murphy, R. R. (2020) กล่าวว่า หุ่นยนต์ (Robot) คือเครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานแทนมนุษย์หรือช่วยมนุษย์ในกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีความสามารถในการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ วิเคราะห์ข้อมูล และปฏิบัติงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมที่ถูกกำหนดไว้ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลข้อมูลช่วยเพิ่มความซับซ้อนและความสามารถของหุ่นยนต์ให้ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Smith et al. (2023) เทคโนโลยีหุ่นยนต์ในอนาคตก้าวหน้าด้วยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง และ IoT ช่วยให้หุ่นยนต์แก้ปัญหาที่ซับซ้อนและปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีประเด็นด้านจริยธรรม เช่น การแย่งงานและความเป็นส่วนตัวที่ควรได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม

Zhang et al. (2022) หุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และลดความผิดพลาดจากมนุษย์ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น หุ่นยนต์แขนกลสำหรับการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ การเชื่อมโลหะ และการจัดการสารเคมีอันตรายในสภาพแวดล้อมที่มนุษย์ไม่สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

Yang et al. (2023) ในด้านการแพทย์ หุ่นยนต์ได้รับการพัฒนาเพื่อช่วยศัลยแพทย์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น ระบบ Da Vinci Surgical System รวมถึงหุ่นยนต์สำหรับการดูแลผู้ป่วย เช่น การส่งยา การเคลื่อนย้ายผู้ป่วย และการสร้างปฏิสัมพันธ์ในผู้ป่วยที่มีความต้องการพิเศษ

Bogue, R. (2022) หุ่นยนต์ถูกใช้งานในงานสำรวจ เช่น Mars Rover สำหรับสำรวจดาวอังคาร และหุ่นยนต์ดำน้ำที่ใช้สำรวจทรัพยากรใต้ทะเล รวมถึงการใช้งานในเกษตรกรรม เช่น การสำรวจพื้นที่เพาะปลูกเพื่อประเมินสภาพดินและพืช

Belpaeme et al. (2018) การใช้หุ่นยนต์ในการจัดการเรียนการสอนเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าสนใจในกระบวนการเรียนรู้ โดยหุ่นยนต์สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอน (Teaching Assistant) ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ เช่น การใช้หุ่นยนต์เพื่อสอนภาษาคณิตศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมที่เน้นการลงมือทำ (Hands-on Activities) นอกจากนี้ หุ่นยนต์ยังช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) เช่น การจำลองระบบทางวิศวกรรมหรือการแพทย์ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำหุ่นยนต์มาสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น การแก้ปัญหา การคิดเชิงวิพากษ์ และการทำงานร่วมกัน

การสรุปความหมายของหุ่นยนต์ตามที่นักการศึกษาหลายท่านได้นิยามไว้ว่า หุ่นยนต์เป็นเครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติที่มีบทบาทสำคัญในหลากหลายด้าน ตั้งแต่อุตสาหกรรม การแพทย์ การสำรวจ ไปจนถึงการศึกษา โดยมีความสามารถในการรับข้อมูล วิเคราะห์ และตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด (Murphy, 2020) หุ่นยนต์ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และช่วยลดความเสี่ยงในงานที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้อย่างปลอดภัย เช่น การผลิตในอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์แขนกลเพื่อลดความผิดพลาด (Zhang et al., 2022) การผ่าตัดสำคัญที่ต้องการความแม่นยำสูง (Yang et al., 2023) การสำรวจทั้งในอวกาศและใต้ทะเลเพื่อศึกษา

ทรัพยากร (Bogue, 2022) รวมถึงการพัฒนาการเรียนรู้ผ่านการใช้หุ่นยนต์เพื่อสอนภาษา คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมที่เน้นการลงมือทำ (Belpaeme et al., 2018) นอกจากนี้ การนำหุ่นยนต์เข้าสู่กระบวนการศึกษายังช่วยสร้างการเรียนรู้ที่น่าสนใจผ่านกิจกรรมเชิงปฏิสัมพันธ์ การจำลองสถานการณ์ และการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งส่งเสริมทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 อย่างไรก็ตาม แม้ว่าหุ่นยนต์จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในหลายด้าน แต่ยังคงเผชิญกับประเด็นทางจริยธรรมและความกังวลในด้านการแย่งงานและความเป็นส่วนตัวที่ต้องได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในอนาคต (Smith et al., 2023)

2.2.2 แนวคิดของการใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา

แนวคิดของการใช้หุ่นยนต์เพื่อศึกษามุ่งเน้นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on Learning) โดยหุ่นยนต์เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) และการแก้ปัญหา (Problem-Solving) ผ่านการเขียนโปรแกรมและการออกแบบกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์

Bers et al. (2014) การใช้หุ่นยนต์ในบริบทการศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน เช่น การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย (Decomposition) การวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern recognition) การสร้างแบบจำลองเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm design) ผ่านกิจกรรมที่ใช้หุ่นยนต์เป็นเครื่องมือ เช่น การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และการสร้างหุ่นยนต์เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะด้าน

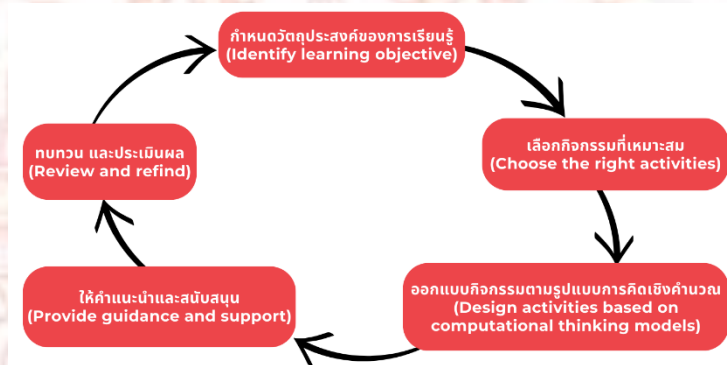
การใช้หุ่นยนต์ในการศึกษายังส่งเสริมการทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการคิดวิเคราะห์ผ่านกิจกรรมที่ทำทายและสร้างสรรค์ ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง รวมถึงได้รับประสบการณ์ที่ช่วยให้เข้าใจแนวคิดเชิงตรรกะและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

Wing, J. M. (2006) การเรียนรู้แบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงการคิดเชิงคำนวณกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เช่น การพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อปฏิบัติงานอัตโนมัติหรือแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจและส่งผลต่อการพัฒนาทักษะเชิงลึกที่สำคัญสำหรับยุคดิจิทัล

ดังนั้น การใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษาเป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ผ่านกระบวนการที่เน้นการปฏิบัติจริงและการคิดอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ จะช่วยพัฒนาทักษะด้านวิชาการแล้ว ยังเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีทักษะที่สำคัญต่อการทำงานในอนาคตและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 กระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

กระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณเป็นการออกแบบกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการที่ครอบคลุม 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) เพื่อทำความเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อน, (2) การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) เพื่อค้นหาแนวโน้มและความสัมพันธ์ของข้อมูล, (3) การสรุปแบบแผน (Abstraction) เพื่อจัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง, และ (4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) โดยจัดลำดับวิธีการอย่างมีตรรกะ กระบวนการนี้ส่งเสริมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on Learning) ผ่านกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น การเขียนโปรแกรม การแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ และการใช้เครื่องมือดิจิทัล เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการแก้ปัญหาที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในสถานการณ์หลากหลายและตอบสนองต่อความต้องการในยุคดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนในการออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

2.4 ทฤษฎีขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้

2.4.1 ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้

Bonwell and Eison (1991) กิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activities) เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การสังเกต การอภิปราย และการแก้ปัญหา โดยมุ่งเน้นให้เกิดความเข้าใจและพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ แนวทาง Active Learning ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างแข็งขัน ช่วยกระตุ้นความสนใจและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์มากกว่าการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมที่อาศัยการบรรยายเพียงอย่างเดียว

Kolb (1984) ได้เสนอแนวคิด Experiential Learning หรือการเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งอธิบายว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ได้จากการปฏิบัติจริง และกระบวนการสะท้อนคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับ โมเดลการเรียนรู้ของ Kolb ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ Concrete Experience (ประสบการณ์ตรง), Reflective Observation (การสังเกตสะท้อนคิด), Abstract Conceptualization (การสร้างแนวคิดนามธรรม), และ Active Experimentation (การทดลองใช้แนวคิด) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้แบบวนซ้ำ

Merrill (2002) ได้พัฒนาทฤษฎี First Principles of Instruction ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรเริ่มจาก (1) การแก้ปัญหาที่แท้จริง, (2) การกระตุ้นความรู้เดิมของผู้เรียน,

(3) การแสดงแนวคิดใหม่ผ่านตัวอย่างหรือกรณีศึกษา, (4) การฝึกปฏิบัติที่ช่วยให้ผู้เรียนลงมือทำจริง, และ (5) การประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ในบริบทที่กว้างขึ้น แนวคิดนี้ส่งผลให้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้แนวทาง Problem-Based Learning (PBL) และ Task-Based Learning (TBL) สามารถช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Prince (2004) ได้ทำการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับ Active Learning และพบว่าการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนการสอนแบบบรรยาย ผลการศึกษาสนับสนุนว่ากิจกรรมที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหา เช่น การเรียนรู้ผ่านโครงการ (Project-Based Learning) หรือการอภิปรายกลุ่ม ช่วยให้เกิดการเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและเพิ่มอัตราการจดจำความรู้

Slavin (1995) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ Collaborative Learning หรือการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแก้ปัญหา ร่วมกัน แนวทางนี้ได้รับการพิสูจน์ว่ามีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะทางสังคม การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงได้ดียิ่งขึ้น

2.4.2 ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้

Wang et al., (2022) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยมักอาศัยแนวทางที่เป็นระบบ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์บริบทและความต้องการของผู้เรียน ตามด้วยการออกแบบกิจกรรมที่มีความเหมาะสมกับเป้าหมายการเรียนรู้ และการนำไปทดลองใช้จริงเพื่อประเมินผล โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโมเดลการเรียนรู้แบบ Problem-Based Learning (PBL) สำหรับการศึกษาในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ โดยดำเนินการผ่าน 4 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) การวิเคราะห์ความต้องการและปัญหาของผู้เรียน
- 2) การออกแบบกิจกรรมที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน
- 3) การทดลองใช้และปรับปรุงกิจกรรมตามผลการทดลอง
- 4) การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการดังกล่าวช่วยเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Smith et al., (2021) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ที่เน้นบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยทีมงานวิจัยได้นำเสนอแนวทางการออกแบบกิจกรรมที่ใช้ปัญหาจริงจากโลกแห่งความเป็นจริงเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความรู้จากหลายสาขาในการแก้ปัญหา กระบวนการออกแบบของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

- 1) การกำหนดปัญหา
- 2) การสำรวจข้อมูลและสร้างต้นแบบ
- 3) การพัฒนาแนวทางแก้ไข
- 4) การทดสอบและปรับปรุง และ
- 5) การสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้

ผลการทดลองพบว่ากิจกรรม STEM ที่พัฒนาขึ้นช่วยส่งเสริมทักษะการคิดเชิงออกแบบ และการทำงานเป็นทีมในกลุ่มนักเรียน

Johnson et al., (2023) ด้านการพัฒนาแนวคิด Computational Thinking (CT) สำหรับการเรียนรู้ด้านการเขียนโปรแกรมโดยงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทาง Activity-Based Learning (ABL) ในการออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยขั้นตอนของการพัฒนากิจกรรมในงานวิจัยนี้เริ่มจาก

- 1) การวิเคราะห์ระดับความรู้เดิมของผู้เรียน
- 2) การออกแบบกิจกรรมที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหา
- 3) การทดลองใช้กิจกรรมในชั้นเรียน และ
- 4) การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านแบบทดสอบและแบบสำรวจความคิดเห็น

ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมมีพัฒนาการด้าน CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เรียนแบบปกติ

Lee et al., (2020) ได้พัฒนาแนวทางการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ เช่น ระบบคะแนน ป้ายรางวัล และกระดานผู้นำ เพื่อกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจของผู้เรียน กระบวนการพัฒนากิจกรรมของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้
- 2) การออกแบบกลไกเกมที่สอดคล้องกับเนื้อหา
- 3) การทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และ
- 4) การประเมินผลจากทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมมีความกระตือรือร้นและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์

2.5.1 รูปแบบการเรียนรู้สร้างหุ่นยนต์

การจัดลำดับความรู้ในกระบวนการเรียนรู้การสร้างหุ่นยนต์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาแนวคิดจากพื้นฐานไปสู่การสร้างสรรค์ที่ซับซ้อนมากขึ้น หรือมีเงื่อนไขที่ต้องคำนึงถึงมากขึ้น ในระดับเบื้องต้น ผู้เรียนจะได้ทำความเข้าใจองค์ประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตัวต่อ ศึกษาว่าชิ้นส่วนเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือประกอบเป็นรูปแบบใดได้บ้าง รวมถึงเรียนรู้หลักการประกอบและถอดชิ้นส่วนอย่างถูกต้องโดยไม่ให้เกิดความเสียหาย นอกจากนี้ยังส่งเสริมวินัยในการดูแลและเก็บรักษาอุปกรณ์ เพื่อสร้างนิสัยความมีระเบียบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านช่างหรือวิศวกรรมในอนาคต อีกทั้งยังมีการเรียนรู้รูปแบบของสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์ต่าง ๆ เพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์จากสิ่งแวดล้อมรอบตัว

ในระดับกลาง ผู้เรียนจะเริ่มศึกษาความสามารถพิเศษของเซนเซอร์และการเพิ่มฟังก์ชันให้กับหุ่นยนต์ เพื่อให้สามารถปฏิบัติการกิจโดยอัตโนมัติได้เอง เรียนรู้หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ และนำไปใช้ในการประกอบหุ่นยนต์ที่สามารถใช้งานได้จริง รวมถึงทำความเข้าใจกับระบบควบคุมไร้สาย เช่น รีโมตคอนโทรล ซึ่งช่วยให้สามารถบังคับหุ่นยนต์จากระยะไกล เปิดมุมมอง

ใหม่ในการควบคุมและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ด้วยล้อเหมือนรถแข่ง หรือการใช้สายพานเหมือนรถถัง นอกจากนี้ ยังเริ่มศึกษาการใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ และการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานหุ่นยนต์ รวมถึงการควบคุมมอเตอร์ที่เป็นกลไกสำคัญของหุ่นยนต์ เช่น การปรับความเร็วของมอเตอร์ หรือการใช้เซอร์โวมอเตอร์เพื่อออกแบบการเคลื่อนที่แบบกำหนดองศาการหมุน เพิ่มขีดความสามารถของหุ่นยนต์ให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากขึ้น

ความสำคัญของการเรียนรู้ในระดับนี้คือ การเข้าใจลำดับขั้นตอนของการสั่งงาน และการกำหนดเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ซึ่งช่วยเปิดมุมมองด้านการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ หากพบปัญหาในการทำงานของหุ่นยนต์ ผู้เรียนสามารถย้อนกลับไประหัดหาสาเหตุและแก้ไขปัญหานั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้การสร้างหุ่นยนต์ที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่สำคัญต่อการศึกษ โดยไม่ว่าผู้เรียนจะเติบโตไปศึกษาสาขาใดในอนาคต การฝึกฝนทักษะการคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ล้วนเป็นพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทุกสาขาวิชา ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

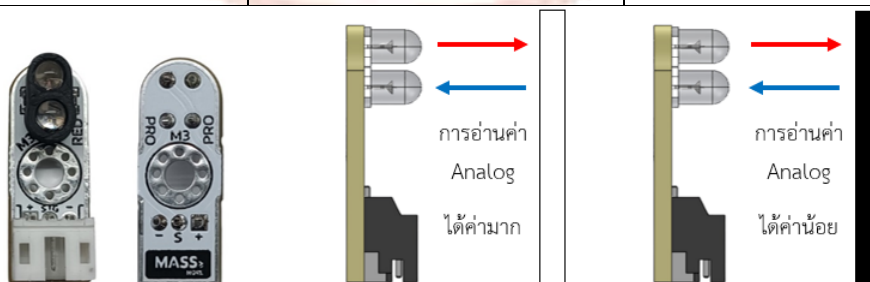
2.5.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1. เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ

ถูกออกแบบมาเพื่อตรวจจับหรือระบุเส้นทางที่มีความสว่างแตกต่างกันระหว่างสีขาวและสีดำ สีขาว และสีดำมีค่าความสว่างที่ต่างกัน สามารถนำมาใช้เพื่อตรวจจับหรือติดตามเส้นสีขาว-ดำในแวดลอม โดยอาศัยหลักการส่ง และรับความเข้มของแสง เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำที่ใช้ทั่วไปนั้นมีหลายประเภท ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจจับเส้นที่ใช้ Phototransistor มาใช้งานเนื่องจากให้ค่าเอาต์พุต ออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลแต่สำหรับบางโมดูลรองรับ เอาต์พุตแบบแอนะล็อก อีกทั้งยังปรับแต่งความไวในการตรวจจับ แสดงดังภาพที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 การค่าอ่านค่าแสงของเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ

ค่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย	สีพื้นสนาม	ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้ (โวลต์)
3.3 โวลต์	ดำ	0.7
	ขาว	2.9
5 โวลต์	ดำ	1.5
	ขาว	4.9



ภาพที่ 2-2 เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ

2. เซนเซอร์ตรวจจับสี (TCS34725)

เซนเซอร์ TCS34725 เป็นเซนเซอร์ตรวจจับสี (Color Sensor) ที่ใช้ RGB and Clear Light Sensing Technology ซึ่งสามารถวัดระดับสีแดง (Red), เขียว (Green), น้ำเงิน (Blue) และค่าความสว่างรวม (Clear) ได้ โดยทำงานร่วมกับไดโอดโฟโตเซนเซอร์ (Photodiodes) และตัวกรองแสง (Optical Filter) เพื่อให้ค่าการวัดที่มีความแม่นยำสูง และแยกองค์ประกอบสีออกเป็น R, G, B, และ Clear

ตารางที่ 2-2 การเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจจับสี

ขาเซนเซอร์ตรวจจับสี	ขาไมโครคอนโทรลเลอร์
VIN	5V
GND	GND
SDA	SDA
SCL	SCL
LED	ควบคุมไฟ LED



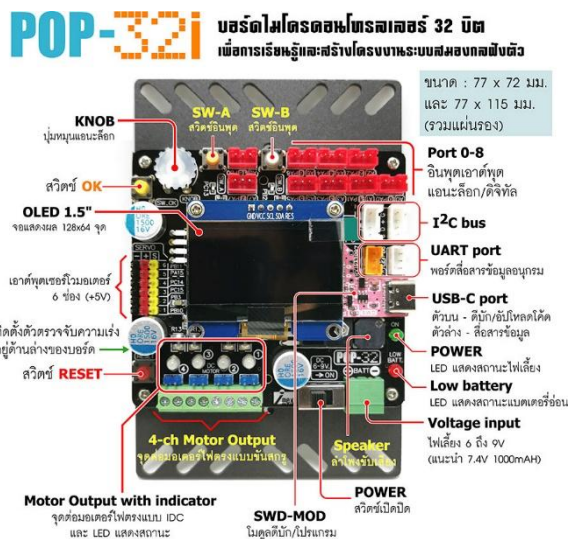
ภาพที่ 2-3 เซนเซอร์ตรวจจับสี

3. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต (POP-32i)

POP-32i เป็นแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต เบอร์ STM32F103CBT6 ของ STMicroelectronics (www.st.com) มีวงจรเชื่อมต่อพอร์ต USB 2 ชุด เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูล, อัปโหลดและดีบั๊กโปรแกรมได้ในตัว โดยไม่ต้องใช้สายสัญญาณหรืออุปกรณ์แปลงสัญญาณใดๆ เพิ่มเติม จึงทำให้การใช้งานง่ายและสะดวกมาก รวมถึง POP-32i ได้เลือกใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จากโครงการไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบเปิด (โอเพ่นซอร์ส : open source) ที่ชื่อ Arduino (www.arduino.cc) มาปรับปรุงต่อ โดยมีไลบรารีฟังก์ชันภาษาซีสำหรับติดต่อกับฮาร์ดแวร์จำนวนมากไว้ให้ ทำให้เขียนโปรแกรมสั่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ง่าย โดยไม่ต้องศึกษาลงไปในรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์มากนัก

ส่วนประกอบทั้งหมดของบอร์ด POP-32i สรุปได้ดังนี้

- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิตเบอร์ STM32F103CBT6 มีหน่วยความจำแฟลช 128KB โปรแกรมใหม่ได้ 10,000 ครั้ง มีหน่วยความจำข้อมูลแรม 20KB สัญญาณนาฬิกา 20MHz
- จุดต่อพอร์ตแบบ JST 3 ขา 11 จุดสำหรับต่ออุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์ต่อพ่วง
- มี LED แสดงสถานะไฟเลี้ยง, แจ้งเตือนแบตเตอรี่อ่อน และสถานะการเชื่อมต่อพอร์ต USB
- มีสวิตช์ RESET
- มีจุดต่อพอร์ต USB-C 2 ชุด
 - ชุดที่ 1 (ตำแหน่งล่าง) สำหรับสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ (COM)
 - ชุดที่ 2 (ตำแหน่งบน) สำหรับดีบั๊กและอัปโหลดโค้ด (DEBUG)
- มีจุดต่อไฟเลี้ยงผ่านทางจุดต่อสายแบบขันสกรู รับไฟเลี้ยง 6 ถึง 9V มีสวิตช์เปิด-ปิด
- ใช้กับแบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ได้สูงสุด 2 เซลล์ (7.4V สูงสุดไม่เกิน 8.4V)
- มีวงจรควบคุมไฟเลี้ยง 3.3V เพื่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์, จอแสดงผล OLED และจุดต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุตหลัก
- จุดต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัลหรืออนาล็อก 9 ช่อง คือ A0 ถึง A8
- จุดต่อพอร์ตดิจิทัลรองรับระบบบัส I2C 2 ชุดคือ จุดต่อ SDA และ SCL ต่อพ่วงกัน
- มีจุดต่อพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART 1 ชุดคือ จุดต่อขาพอร์ต PB7 (RxD) และ PB6 (TxD)
- มีวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรง 4 ช่อง พร้อม LED แสดงสถานะการทำงาน ใช้จุดต่อแบบคอนเนคเตอร์ IDC 2 ขาและแบบเทอร์มินอลบล็อก 2 ขาต่อช่อง รองรับมอเตอร์ไฟตรง 3 ถึง 12V มีความสามารถขับเคลื่อนกระแสไฟฟ้าได้ต่อเนื่อง 1.5A ต่อช่อง สูงสุดไม่เกิน 2A มีวงจรจำกัดกระแสไฟฟ้าเกินเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับตัวบอร์ด
- มีจุดต่อขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ 6 ช่องคือ จุดต่อ SERVO1 (PB10), SERVO2 (PB3), SERVO3 (PC15), SERVO4 (PC14), SERVO5 (PA15) และ SERVO6 (PB11)
- มีลำโพงปิเอโซสำหรับรับเสียง โดยต่อกับขาพอร์ต PB5
- มีโมดูลแสดงผลแบบ OLED ขนาด 1.5 นิ้ว ความละเอียด 128 x 64 จุด แสดงภาพกราฟิกลายเส้นและพื้นสี แสดงผลเป็นตัวอักษรขนาดปกติ (5 x 7 จุด) ได้ 21 ตัวอักษร 8 บรรทัด (21 x 8) ติดต่อกันผ่านบัส I2C
- มีสวิตช์กดติดปล่อยดับพร้อมใช้งาน 3 จุด
 1. สวิตช์ OK (ปุ่มสี่เหลี่ยม) ต่อร่วมกับตัวต้านทานปรับค่าได้ (KNOB) ซึ่งเชื่อมต่อไปยังขาพอร์ต PB1 ทำให้อ่านค่าสัญญาณดิจิทัลและอนาล็อกได้ในขาพอร์ตเดียวกัน
 2. สวิตช์ SW-A (ปุ่มสี่เหลี่ยม) ต่อกับขาพอร์ต PC13 พร้อมมีตัวต้านทานต่อพูลอัพ และต่อร่วมกับ LED สีฟ้าเพื่อแสดงสถานะลอจิก
 3. สวิตช์ SW-B (ปุ่มสี่เหลี่ยม) ต่อกับขาพอร์ต PB2 พร้อมมีตัวต้านทานต่อพูลอัพ และต่อร่วมกับ LED สีเขียวเพื่อแสดงสถานะลอจิก
- มีวงจรตัวต้านทานปรับค่าได้ KNOB พร้อมปุ่มปรับเพื่อใช้ในการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลบนบอร์ด โดยต่อกับขาพอร์ต PB1 และต่อใช้งานร่วมกับสวิตช์ OK



ภาพที่ 2-4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต (POP-32i)

2.5.3 อุปกรณ์ชิ้นเข้า

1. มอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 3-6 โวลต์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 3-6 โวลต์ เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการการขับเคลื่อนที่ต่ำ และมีความแม่นยำในการควบคุมการเคลื่อนไหวน รวมถึงการใช้ที่หลากหลาย เช่น โปรเจกต์ทางระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ รถเล่น หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปที่ต้องการมอเตอร์เกียร์ที่มีขนาดเล็ก และใช้งานง่าย ผู้วิจัยเลือกใช้ขนาดอัตราทดของมอเตอร์ 1:48 มีคุณลักษณะดังตารางที่ 2-3 แสดงดังภาพที่ 2-5

ตารางที่ 2-3 คุณลักษณะของมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 3-6 โวลต์

Parameter	Specification
Rated Voltage	3-6 โวลต์
Continuous No-Load Current	0.06A - 0.08A +/- 10%
Min. Operating Speed (3V)	46+/- 10% รอบต่อนาที
Min. Operating Speed (6V)	84+/- 10% รอบต่อนาที
Stall Torque (3V)	0.6 กิโลกรัมเซนติเมตร
Stall Torque (6V)	1.2 kg.cm
Gear Ratio	1:120
Body Dimensions	70 x 22 x 18 มิลลิเมตร
Wires Length	200 มิลลิเมตร & 28 AWG
Weight	30.6 กรัม



ภาพที่ 2-5 มอเตอร์เกียร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 3-6 โวลต์

2. เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 4.8-6 โวลต์ หมุน 0-180 องศา

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการควบคุมมุมหรือตำแหน่งเชิงเส้นทั่วไปมีความละเอียดสูง โดยโมดูลของเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยมอเตอร์ ชุดเกียร์ และบอร์ดควบคุม รวมเอาทั้งหมดเป็นชุดเดียวกัน สำหรับการควบคุม เซอร์โวมอเตอร์รับสัญญาณควบคุม (Signal, S) โดยใช้ไฟเลี้ยง (VCC) และกราวด์ (GND) อย่างละ 1 เส้น รวมเป็น 3 เส้น โดยสามารถควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา (หมุนขวา) หรือ ทวนเข็มนาฬิกา (หมุนซ้าย) โดยมีมุมในการหมุนระหว่าง 0 องศา ถึง 180 องศา ตำแหน่งกึ่งกลางอยู่ที่ 90 องศา สัญญาณ S ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้มักเป็นสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) และมีระดับแรงดัน TTL ระดับแรงดัน VCC ที่จ่ายให้มอเตอร์อยู่ในช่วง 4.8 ถึง 6 โวลต์ มีคุณลักษณะ ดังตารางที่ 2-4 แสดงดังภาพที่ 2-6

ตารางที่ 2-4 คุณลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 4.8-6 โวลต์ หมุน 0-180 องศา

Parameter	Specification
Weight	13.4 กรัม
Dimension	22.5 x 12 x 35.5 มิลลิเมตร
Stall torque	1.8 kgf-cm (4.8 โวลต์), 2.2 kgf-cm (6 โวลต์)
Operating speed	0.1 วินาที/60 องศา (4.8 โวลต์), 0.08 วินาที/60 องศา (6 โวลต์)
Operating voltage	4.8-6 โวลต์
Dead band width	5 ไมโครวินาที



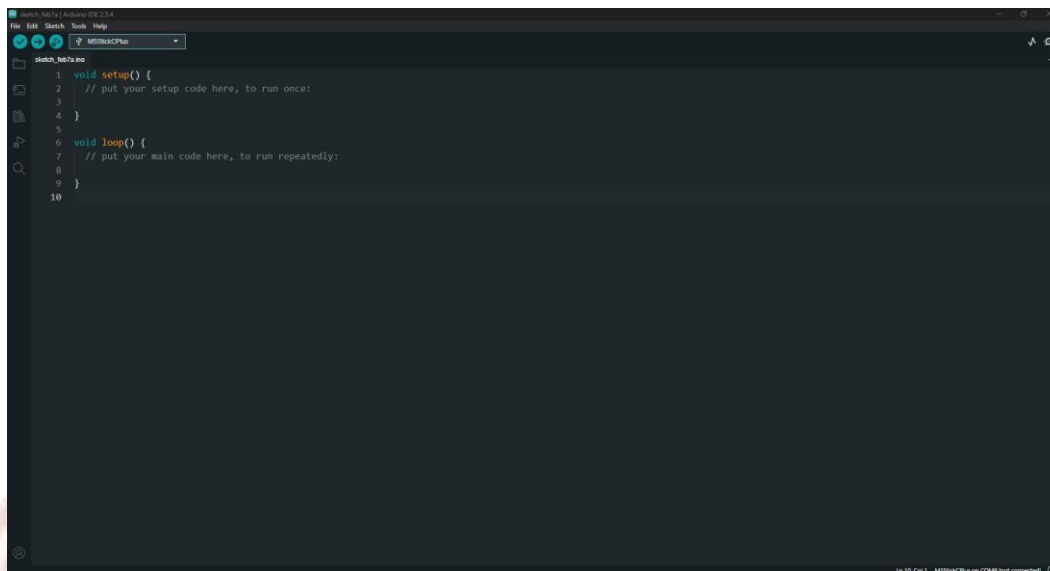
ภาพที่ 2-6 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงขนาดแรงดันไฟฟ้า 4.8-6 โวลต์ หมุน 0-180 องศา

2.5.4 ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรมอาดูโน้

ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมให้กับบอร์ด Arduino คือ Arduino IDE (Integrated Development Environment) ซึ่งรองรับการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษา C และ C++ โดยมีฟังก์ชันเสริมและไลบรารีที่ช่วยให้การเขียนโค้ดง่ายขึ้น นอกจากนี้ Arduino IDE ยังมีฟังก์ชันพิเศษที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถอัปโหลดโค้ดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด Arduino ได้อย่างสะดวกโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือภายนอกเพิ่มเติม

แนวคิดหลักของ Arduino คือการทำให้การพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเรื่องง่ายสำหรับทุกคน ไม่ว่าจะเป็นนักเรียน นักพัฒนา หรือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมมาก่อน Arduino ออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ มอเตอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย โดยใช้โค้ดที่เข้าใจง่าย และสามารถนำไปใช้ในการสร้างต้นแบบ (prototype) ได้อย่างรวดเร็ว แนวคิดนี้ช่วยให้การเรียนรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

Arduino เป็นแพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์แบบโอเพนซอร์ส ที่ใช้สำหรับพัฒนาและควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยบอร์ด Arduino มีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถโปรแกรมได้ และสามารถเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อประมวลผลข้อมูลและควบคุมการทำงานตามที่กำหนดไว้ ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนโค้ดและอัปโหลดไปยังบอร์ดได้อย่างง่ายดาย ทำให้เป็นที่นิยมอย่างมากในวงการการศึกษา วิศวกรรม และโครงการด้าน IoT (Internet of Things)



ภาพที่ 2-7 ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรมอาดูโน่

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 Wei-Chen Kuo¹ and Ting-Chia Hsu (2020) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Learning Computational Thinking Without a Computer: How Computational Participation Happens in a Computational Thinking Board Game ? การศึกษานี้ใช้การคำนวณแบบถอดปลั๊ก สื่อการเรียนรู้ชื่อ Robot City ว่าเป็นสื่อการเรียนการสอน เกมกระดานสอดคล้องกับการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้าง รวมถึงโครงสร้างตามลำดับ โครงสร้างตามเงื่อนไข โครงสร้างซ้ำ และการสร้างแบบจำลองแนวคิดของการเรียกขั้นตอนในภาษาโปรแกรมตามวิธีการมอบหมายงานที่แตกต่างกัน จุดมุ่งหมายของการเล่นเกมกระดานคือการช่วยสอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้านการคิดเชิงคำนวณ และเพื่อสำรวจผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน การคิดคำนวณ และรูปแบบพฤติกรรมของการมีส่วนร่วมทางการคำนวณ การศึกษานี้สรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมากในเกมกระดาน

ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ทำงานร่วมกัน เพื่อแก้ไขปัญหาภารกิจที่สิ้นสุดชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญสูงกว่านักศึกษาที่ร่วมมือภายในกลุ่มเพื่อแก้ปัญหางานแข่งขันปลายเปิด เมื่อไม่ได้รับงานเป้าหมายล่วงหน้าให้ผู้เรียนต้องแข่งขันกับกลุ่มอื่น และแย่งชิงเป้าหมายส่งผลให้นักเรียนมีความคิดเชิงตรรกะอย่างต่อเนื่องการเปลี่ยนแปลง และถูกขัดจังหวะ จากการทบทวนพฤติกรรมการวิเคราะห์แบบเทอร์น พบว่า นักเรียนยังคงทำต่อไปหาหรือเกี่ยวกับปัญหาระหว่างเกม รูปแบบของการวิเคราะห์ร่วมกันเป็นแบบวนซ้ำ บ่งชี้ว่าเกมกระดานสามารถเพิ่มปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยกระดับการคิดในระดับที่สูงขึ้น

2.6.2 Ting-Chia Hsu and Mu-Sheng Chen (2022) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง The engagement of students when learning to use a personal audio classifier to control robot cars in a computational thinking board game งานวิจัยนี้สำรวจความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการมีส่วนร่วมของนักเรียนเมื่อใช้แอปพลิเคชัน Personal

Audio Classifier (PAC) ในการแข่งขันเกมกระดานแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง ใช้แอป AI ควบคุมรถหุ่นยนต์บนเกมกระดานแล้วนำไปแข่งขันกับเกมอื่น และกลุ่มควบคุม ประเมินแอป AI บนสมาร์ทโฟน ร่วมกันจากนั้นจับบันทึกผลการประเมินลงในใบงานการศึกษานี้สรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมากในเกมกระดาน การใช้แอปพลิเคชัน AI ของกลุ่มทดลองได้รับยืนยันว่ามีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพการสร้างสรรค์ของนักเรียน

การศึกษาในปัจจุบันใช้คำสั่งเสียงเพื่อควบคุมรถหุ่นยนต์ ในขณะที่การศึกษาก่อนหน้านี้ใช้ภาพคำแนะนำที่แสดงในการ์ดเพื่อควบคุมรถหุ่นยนต์ในเกมกระดานชื่อ "AI 2 Robot City" รถหุ่นยนต์สามารถจดจำคำสั่งของผู้เล่นได้หลังจากที่นักเรียนใช้โมเดลการจำแนกเสียงส่วนบุคคลในการประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนทั้งในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนพูดว่า "เลี้ยวขวา" เขา หรือเธอเห็นรถหุ่นยนต์เลี้ยวขวาบนแผนที่ของเกมกระดาน

2.6.3 Balon et al. (2021) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Arduino Platform as Learning Tool in High school and College Education งานวิจัยนี้นำเสนอการนำแพลตฟอร์ม Arduino มาใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาทักษะของนักเรียนผ่าน การเรียนรู้เชิงโครงงาน (Project-Based Learning) ในหลักสูตรคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมศาสตร์ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า Arduino เป็นแพลตฟอร์มที่มีต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และสามารถเชื่อมต่อระหว่างโลกดิจิทัลและโลกจริง ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดทางคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมได้ดีขึ้น

นักเรียนที่เข้าร่วมการเรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์ม Arduino มีความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการเขียนโปรแกรม นอกจากนี้ พวกเขาสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในโครงงานจริง เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบตรวจจับ และระบบมอนิเตอร์ข้อมูล นักเรียนส่วนใหญ่ให้ ผลตอบรับเชิงบวก และแสดงความสนใจในการศึกษาเพิ่มเติม รวมถึงมีการนำโครงงานที่พัฒนาไปใช้เป็นหัวข้อวิทยานิพนธ์หรือโปรเจกต์จบการศึกษา ทั้งนี้ แพลตฟอร์ม Arduino ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ในการพัฒนาทักษะด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียน

2.6.4 Jawaid et al. (2019) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Robotic system education for young children by collaborative-project-based learning งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการสอนระบบหุ่นยนต์ให้กับเด็กวัยเยาว์ผ่าน การเรียนรู้เชิงโครงงานแบบร่วมมือกัน (Collaborative-Project-Based Learning: CPBL) ซึ่งผสมผสานระหว่าง การเรียนรู้เชิงโครงงาน (PBL) และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (CL) โดยใช้ แพลตฟอร์มโอเพนซอร์ส (Open-Source) เช่น Arduino ในการพัฒนาและควบคุมหุ่นยนต์ หลักสูตรนี้ออกแบบมาเพื่อเสริมสร้างทักษะด้านการแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบอิสระ การทำงานร่วมกัน และการพัฒนาองค์ความรู้ทางเทคนิคผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง นักเรียนจะได้เรียนรู้การออกแบบวงจร การติดตั้งฮาร์ดแวร์ และการเขียนโค้ดเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ เช่น หุ่นยนต์เดินตามเส้นและหุ่นยนต์ควบคุมผ่านบลูทูธ

ผลลัพธ์ของการศึกษาแสดงให้เห็นว่า CPBL ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอน นักเรียนที่เข้าร่วมโครงการแสดงให้เห็นถึง พัฒนาการทางปัญญาและทักษะทางเทคนิคที่ดีขึ้น พวกเขาสามารถพัฒนาหุ่นยนต์ที่ใช้งานได้จริง รวมถึงแสดงความสามารถในการทำงานเป็นทีม แก้ไขปัญหา

และบริหารจัดการทรัพยากร นอกจากนี้ แบบประเมินจากนักเรียน พบว่า กว่า 93% พึงพอใจกับหลักสูตร และมีความต้องการให้มีหลักสูตรลักษณะนี้เพิ่มเติม ทั้งในรูปแบบค่ายฤดูร้อนและการเรียนการสอนในโรงเรียน หลักสูตรนี้ยังช่วยให้นักเรียนมี ทักษะที่ดีต่อวิทยาการหุ่นยนต์และเทคโนโลยี ซึ่งสามารถนำไปสู่ความสนใจในสาขาวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ในอนาคต

2.6.5 Moraiti et al. (2022) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Coding with Block Programming Languages in Educational Robotics and Mobiles, Improve Problem Solving, Creativity & Critical Thinking Skills งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ผ่าน การเขียนโปรแกรมแบบบล็อก (Block-Based Programming) ในบริบทของ หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา (Educational Robotics) และ อุปกรณ์พกพา (Mobile Devices) การศึกษานี้เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษาเป็น เครื่องมือการเรียนรู้ที่สร้างสรรค์และสนุกสนาน ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกัน คิดวิเคราะห์ และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ภาษาการเขียนโปรแกรมแบบบล็อกทำให้การเรียนรู้เป็นเรื่องง่ายและเป็นมิตรกับผู้เริ่มต้น ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนา ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creativity), การคิดเชิงวิเคราะห์ (Critical Thinking), และการแก้ปัญหา (Problem-Solving Skills) ได้ดีขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า การใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษาและการเขียนโปรแกรมแบบบล็อก มีผลเชิงบวกต่อทักษะของนักเรียน โดยเฉพาะด้าน การคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Moraiti et al., 2022) นอกจากนี้ นักเรียนที่เรียนรู้ผ่านแนวทางนี้ยังมีแนวโน้มที่จะแสดง ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการคิดเชิงตรรกะ มากกว่ากลุ่มที่เรียนรู้ผ่านวิธีการสอนแบบดั้งเดิม อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนมีทัศนคติที่ดีขึ้นต่อวิทยาการคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม ซึ่งสามารถนำไปสู่ความสนใจในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี

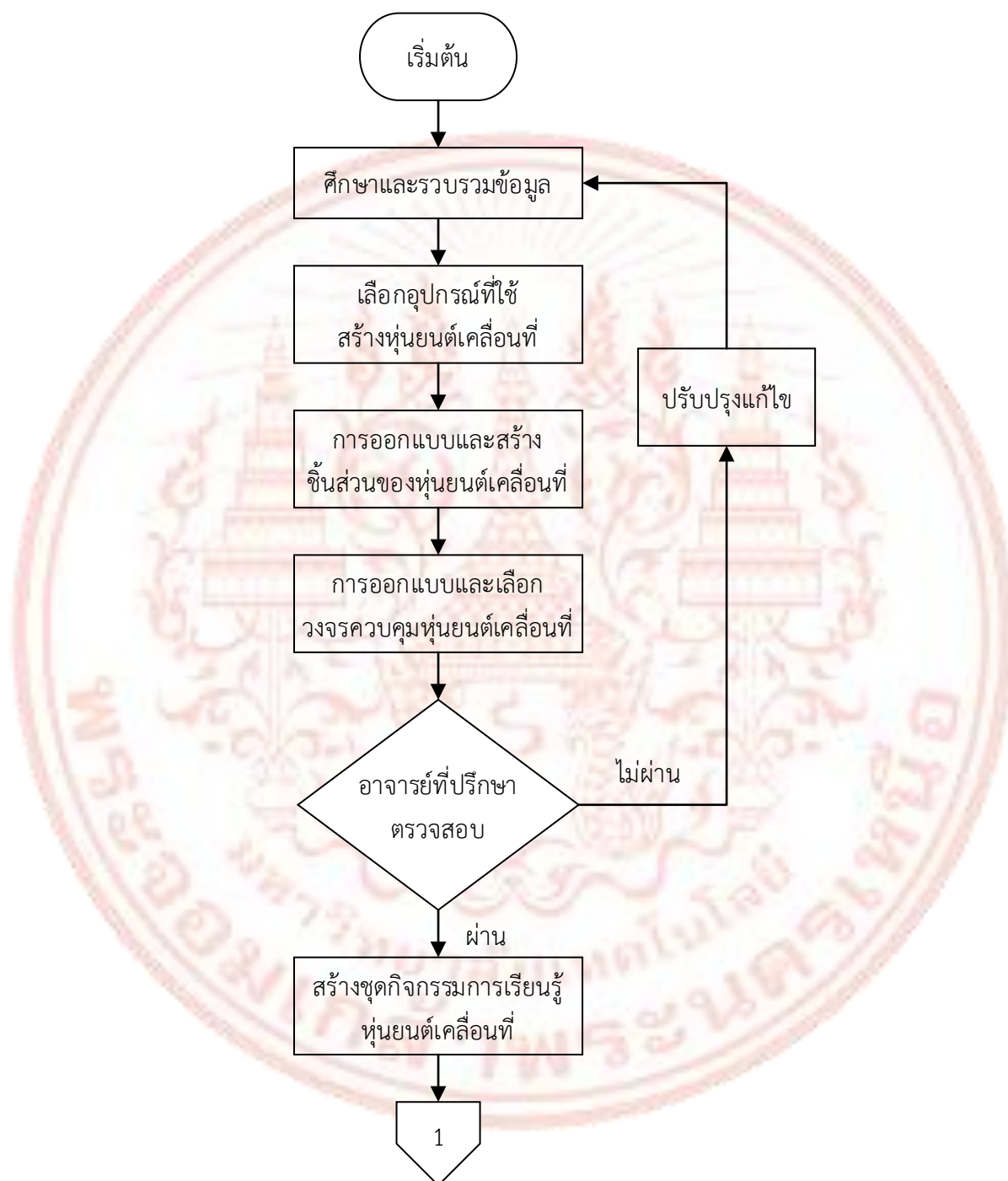
บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

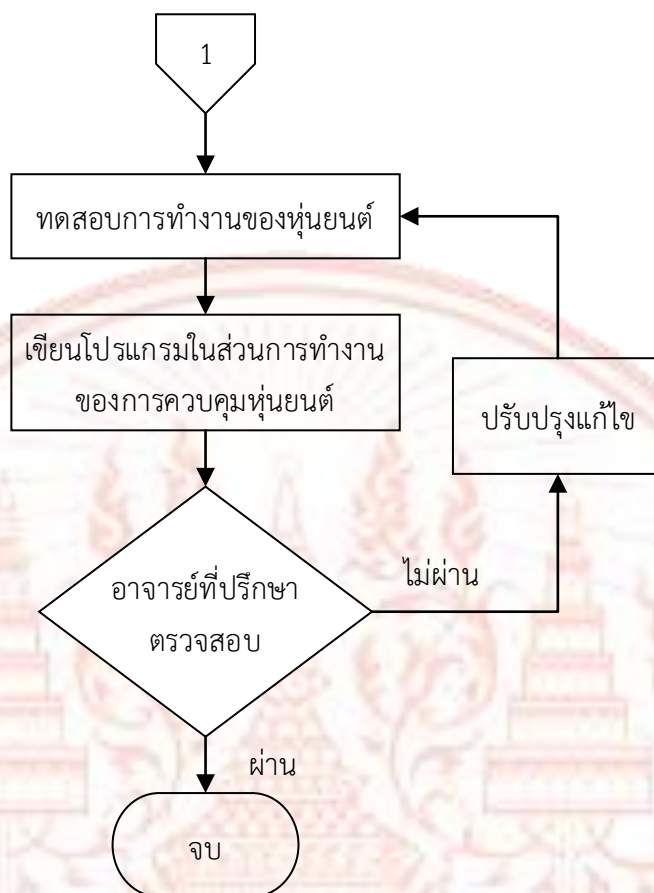
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) เพื่อพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน โดยใช้ลักษณะแบบ แผนการวิจัยทดสอบวัดผลก่อนและหลังการทดลองแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest - Posttest Design) มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

- 3.1 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
 - 3.1.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ในชุดกิจกรรม
 - 3.1.2 การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์
 - 3.1.3 การเลือกวงจรควบคุมและการสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
 - 3.1.4 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์
 - 3.1.5 การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของการควบคุมหุ่นยนต์
- 3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล
 - 3.3.1 การสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
 - 3.3.2 การสร้างแบบประเมินผลการมีส่วนร่วมของผู้เรียน
- 3.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 3.5 การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน



ภาพที่ 3-1 แผนภาพการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่



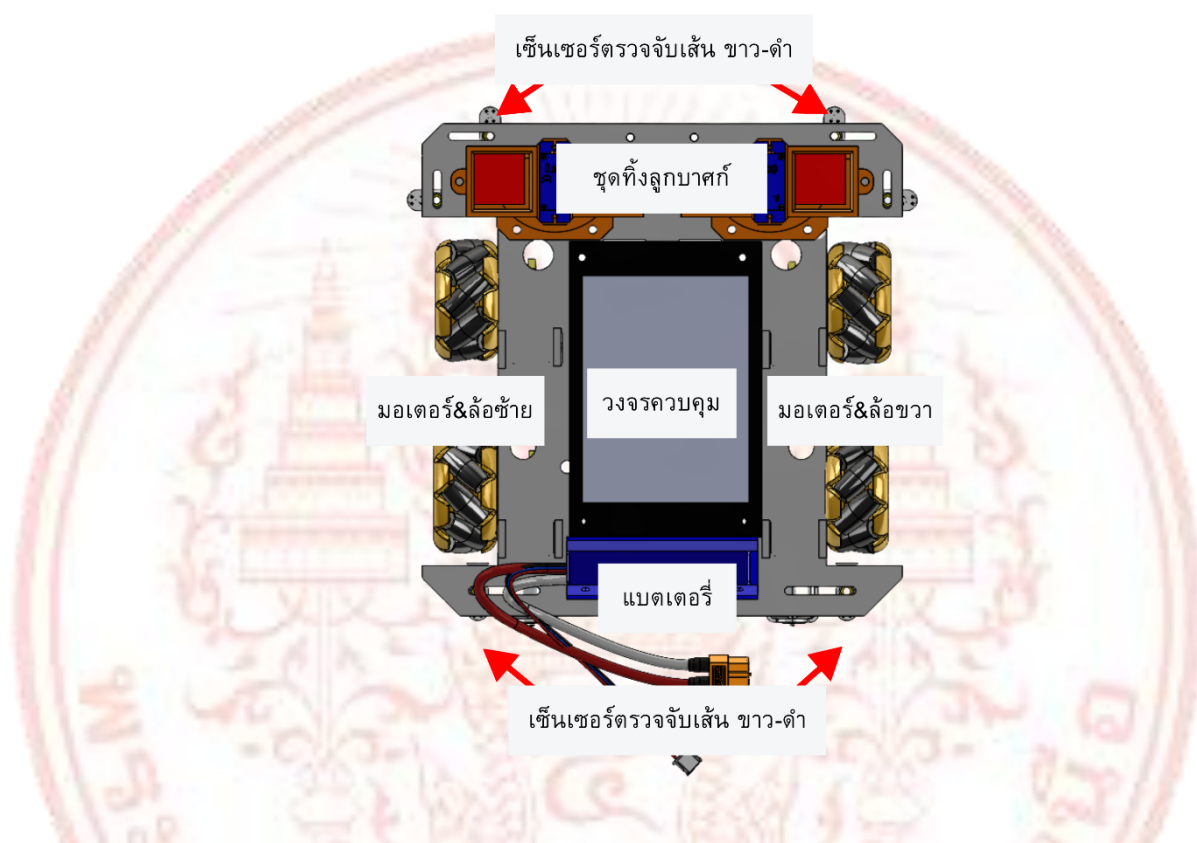
ภาพที่ 3-1 (ต่อ)

ภาพที่ 3-1 แสดงแผนภาพที่อธิบายกระบวนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ในขั้นตอนแรกของกระบวนการนี้ ทำการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ จากนั้นเราทำการ ออกแบบและสร้างขึ้นส่วนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ และประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ เพื่อทดสอบความ แข็งแรงทางโครงสร้าง หลังจากนั้น ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ทั้งการควบคุมโดยการเขียนโค้ดและ การทำงานของวงจรควบคุม ในกระบวนการทำวิจัยนี้ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาช่วยแนะนำทุกขั้นตอนก่อนที่ ไปขั้นตอนถัดไป เพื่อให้มั่นใจว่าทุกอย่างถูกต้องและพร้อมดำเนินการไปขั้นตอนต่อไป

3.1.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ในชุดกิจกรรม

ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ฐานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่ทำจากแผ่นอะคริลิก เนื่องด้วยความสะดวกในการขึ้นรูปโครงสร้างน้ำหนักเบา รวมไปถึงผลิตเป็นจำนวนปริมาณที่มากได้ การผลิต โครงสร้างให้มีความแม่นยำใช้วิธีตัดขึ้นรูปด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ได้ โครงสร้างฐานหุ่นยนต์ และขนาดถูกต้องตามแบบที่ร่างไว้

ส่วนเสริมด้านหน้าของหุ่นยนต์ คือ จุดปล่อยลูกบาศก์จำนวน 4 ช่อง พร้อมที่ยึดเซอร์โวจำนวน 2 ตัว ใช้วัสดุเส้นพลาสติก PLA+ ขึ้นรูปตามทีออกแบบไว้ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D printing) แสดงไว้ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 แผนภาพการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่

3.1.2 การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์

การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค เป็นกระบวนการที่นิยมในการพัฒนาและสร้างโมเดล 3 มิติของหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง โดยเริ่มกำหนดวัตถุประสงค์และคุณสมบัติของหุ่นยนต์ที่ต้องการออกแบบ ตัวฐานหุ่นยนต์มีขนาดกว้าง×ยาว×สูง 190×195×3 มิลลิเมตร ตัวฐานรองวงจรควบคุมมีขนาดกว้าง×ยาว×สูง 76×117×4 มิลลิเมตร ส่วนเสริมชุดทิ้งลูกบาศก์ของหุ่นยนต์มีขนาดกว้าง×ยาว×สูง 34×82×65 มิลลิเมตร ซึ่งชิ้นส่วนทุกชิ้นทำการออกแบบและจำลองโมเดลสามมิติ ก่อนนำไปสร้างเป็นชิ้นส่วนจริง เพื่อตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้งานจริง (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

หลังจากออกแบบส่วนต่าง ๆ ตามขนาดได้แล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปคือนำชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นโมเดลหุ่นยนต์เคลื่อนที่ต้นแบบ จากนั้นส่งแบบโมเดลหุ่นยนต์เคลื่อนที่ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์จนได้ออกมาเป็นโมเดลหุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงานจริงออกมา (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

เมื่อออกแบบเสร็จทุกชิ้นส่วนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แล้วนั้น นำไฟล์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่ทำการออกแบบไว้ไปสร้างเป็นชิ้นงานจริงโดยชิ้นส่วนที่เป็นฐานหุ่นยนต์ ใช้วัสดุเป็นอะคริลิกจากนั้นนำแผ่นอะคริลิกเข้าเครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) ที่ทางแผนกมี เพื่อตัดขึ้นรูปชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ ความหนาของแผ่นอะคริลิกคือ 3 มิลลิเมตร เพราะมีความแข็งแรงและสามารถตัดขึ้นรูปได้ง่าย กระบวนการนี้ทำให้ได้หุ่นยนต์ที่มีความแข็งแรงและรูปร่างตามที่ออกแบบไว้ โดยการใช้เทคโนโลยีเครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) เพื่อตัดขึ้นรูปชิ้นงานอะคริลิกที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรให้ได้รูปร่างที่แม่นยำและคงทน หลังจากการตัดเสร็จ ต้องทำการตรวจสอบชิ้นงานว่าตัดเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ ถ้าพบข้อผิดพลาดต้องดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

บางชิ้นส่วนต้องผลิตจากวัสดุเส้นพลาสติกชนิด PLA+ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานของชิ้นงานนั้น ๆ และได้ใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) ในกระบวนการผลิตชิ้นงานดังกล่าว การใช้เครื่องพิมพ์สามมิติในการผลิตชิ้นส่วนหุ่นยนต์ที่ต้องการความแข็งแรงและคงทนในการใช้งานทุกรูปแบบ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการออกแบบและผลิตชิ้นงานที่ทันสมัยและมีคุณภาพสูง

3.1.3 การเลือกวงจรควบคุมและการสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

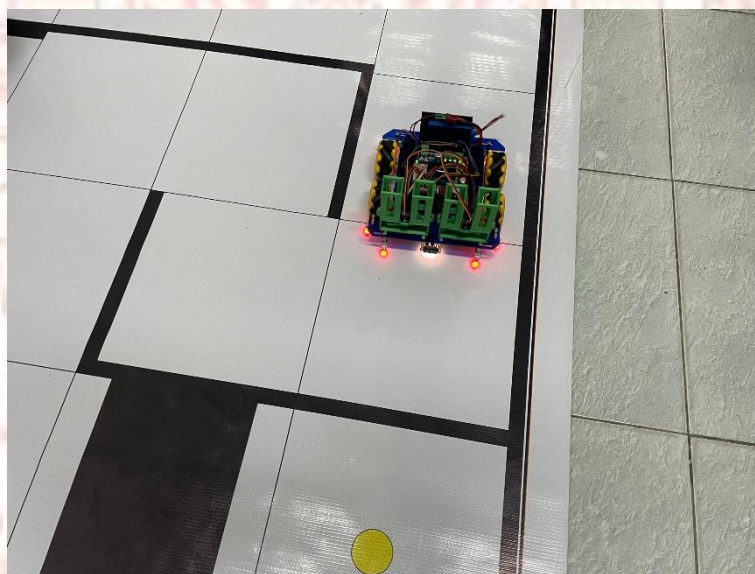
การเลือกวงจรควบคุมและการสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง กระบวนการนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอน ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกวงจรควบคุมแล้วสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหุ่นยนต์ โดยเริ่มจากการเลือกวงจรควบคุม รวมถึงตำแหน่งของชิ้นส่วนสำคัญ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มอเตอร์ และเซ็นเซอร์ ต่อมาเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมกับความต้องการ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต (POP 32i) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ทางการโปรแกรมมิ่งและการทำงานกับฮาร์ดแวร์สำหรับนักเรียนที่ต้องการเริ่มต้นฝึกเขียนโค้ดจนไปถึงสร้างโครงงานประเภทหุ่นยนต์

วงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์นั้นทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต (POP 32i) มาใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ เนื่องจากสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม อาดูโนไอดีอี (Arduino IDE) ได้แล้วนั้นยังมี โลบารี่ที่ใช้ง่ายและมารถต่อร่วมกับเซ็นเซอร์ได้ถึง 9 ช่อง มอเตอร์ได้ถึง 4 ตัว และรับแรงดันจากแบตเตอรี่ได้สูงสุด 2 เซลล์ (7.4V ไม่เกิน 8.4V) และยังมีจอยแอลอีดี และสวิทช์เปิด-ปิดแบตเตอรี่มาให้ด้วย (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

3.1.4 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

ผู้วิจัยได้จัดทำการนำชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นมาประกอบเข้าด้วยกันจนได้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นมาแล้วนำไปทดสอบการทำงานต่อไป (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยมั่นใจว่าหุ่นยนต์ทำงานได้ตามที่ต้องการและมีประสิทธิภาพสูงพอ ขั้นตอนการทดสอบนี้ช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม, การเชื่อมต่ออุปกรณ์ และการทำงานของตัวหุ่นยนต์ทั้งหมด ทดสอบการเขียนโปรแกรมแล้วติดตั้งบนหุ่นยนต์ เช็คว่าโปรแกรมทำงานได้ถูกต้องตามที่ต้องการ เริ่มขั้นตอนแรกทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ตรวจสอบการหมุน, ถอยหลัง และการเลี้ยว ดูการทำงานของล้อ และมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่สอง ทดสอบการทำงานร่วมกับฮาร์ดแวร์ เช่น จอแสดงผลโอแอลอีดี ขนาด 0.96 นิ้ว และเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ โดยต้องตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์ทุกตัว ตรวจสอบว่าเซนเซอร์ต้องตรวจจับข้อมูลได้ถูกต้อง คือ เซนเซอร์ตรวจจับเส้นขาว-ดำ ขั้นตอนสุดท้าย ทดสอบการทำงานแบบโหมดอัตโนมัติ ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมที่จำลองหรือจำลองสถานการณ์ที่พบได้ ทำการทดสอบโปรแกรมในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อดูการปรับตัวและประสิทธิภาพในสภาพที่เปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้อาศัยการอ่านค่าจากเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ รวมถึงแสดงค่าของเซนเซอร์ผ่านจอแสดงผลโอแอลอีดี กล่าวคือ ต้องเขียนโปรแกรมสั่งงานให้อุปกรณ์แต่ละประเภททำงานร่วมกันได้ แสดงไว้ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่

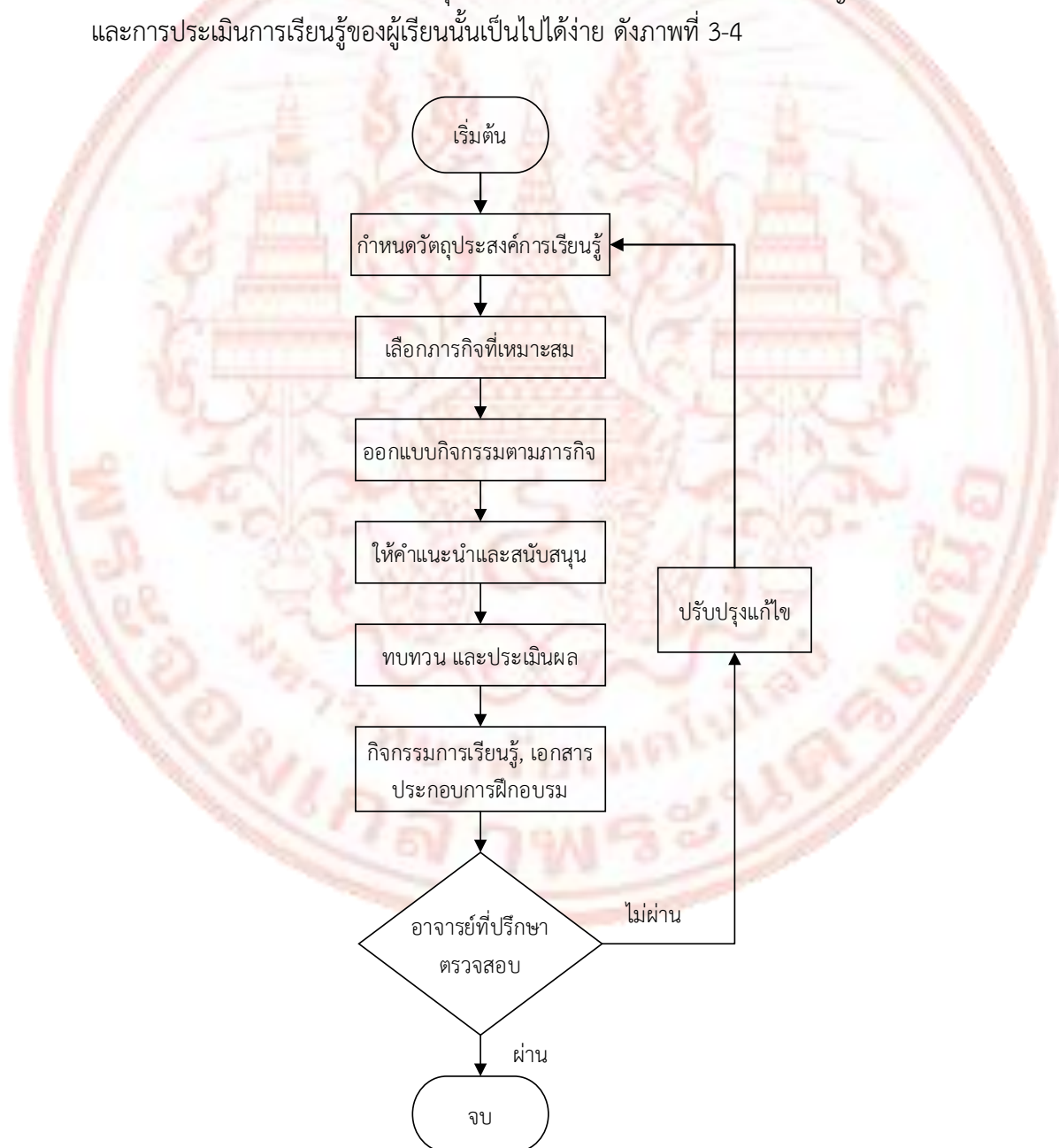
3.1.5 การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของการควบคุมหุ่นยนต์

เขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์เป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถทำงานตามที่ผู้วิจัยออกแบบได้ ขั้นตอนนี้ต้องการการเขียนโค้ดที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่, การทำงานของเซนเซอร์ และส่วนประมวลผลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ ต่อไปนี้คือขั้นตอนที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ ขั้นตอนแรก เลือกแพลตฟอร์มที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ผู้วิจัยเลือกใช้แพลตฟอร์มอาดูโนไอดีอี (Arduino IDE) เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) สามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ของ

ผู้พัฒนาได้โดยตรง โดยที่ไม่มีค่าใช้จ่าย เหมาะสำหรับผู้ที่เริ่มต้นศึกษาการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น และมีตัวอย่างพร้อมไลบรารีให้เลือกใช้ได้อย่างง่าย (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ได้ออกแบบเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นส่วนที่ให้ผู้เรียนต้องใช้การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยในระดับ ความจำ ความเข้าใจก็สามารถทำให้งานสำเร็จลุล่วงได้ ในส่วนที่ 2 ให้ผู้เรียนต้องใช้การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยในระดับ ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์และการวิเคราะห์ ถึงสามารถแก้ไขปัญหาที่ได้รับมอบหมายได้ และการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้นเป็นไปได้ง่าย ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 แผนภาพการออกแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

3.2.1 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ทางผู้วิจัยได้วางแผนการสอน กำหนดวัตถุประสงค์วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้นทั้งหมดเป็น 4 สมรรถนะหลัก โดยในแต่ละสมรรถนะหลักแยกย่อยหัวข้อหน่วยการเรียนรู้ออกเป็นสมรรถนะย่อยรวมได้เป็น 12 สมรรถนะย่อย ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น

20127-2106 วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น		
ผลลัพธ์การเรียนรู้	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	การคิดเชิงคำนวณ
1. เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่	1.1 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	การออกแบบขั้นตอนวิธี
	1.2 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	การออกแบบขั้นตอนวิธี
	1.3 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ	การออกแบบขั้นตอนวิธี
	1.4 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี	การออกแบบขั้นตอนวิธี
2. ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่	2.1 ปฏิบัติงานประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐาน	การแบ่งย่อยปัญหา
	2.2 ปฏิบัติงานประกอบเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชุดตั้งลูกบาศก์	การแบ่งย่อยปัญหา
	2.3 ปฏิบัติงานประกอบวงจรควบคุมเข้ากับตัวฐาน	การแบ่งย่อยปัญหา
	2.4 ปฏิบัติงานประกอบเซ็นเซอร์เข้ากับตัวฐาน	การแบ่งย่อยปัญหา
	2.5 ปฏิบัติงานเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับวงจรควบคุม	การแบ่งย่อยปัญหา
3. ทดสอบ และควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่	3.1 ทดสอบการควบคุมมอเตอร์	การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ
	3.2 ทดสอบการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ
	3.3 ทดสอบการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ	การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ
	3.4 ทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์สี	การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ
4. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ	4.1 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ	การออกแบบขั้นตอนวิธี

3.2.2 เลือกภารกิจที่เหมาะสม

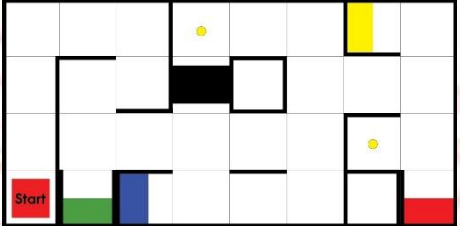
ผู้วิจัยเลือกภารกิจ (Mission) เป็นภารกิจที่ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ต้องวิ่งตามช่องและ หลีกบาศก์ตามสีช่องที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง พร้อมทั้งจับเวลาว่าทีมไหนสามารถทำได้เร็วที่สุด

รูปแบบสนามของหุ่นยนต์เคลื่อนที่มีแนวคิดมาจากการจัดแข่งขันหุ่นยนต์ตามภารกิจ ที่มี การจัดชั้นในทุกระดับการศึกษา ในสนามจะประกอบด้วยช่องสีทั้งลูกบาศก์จำนวน 4 ช่อง ช่องที่ให้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ภายในสนามที่ออกแบบไว้ ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาให้ตรงกับการปฏิบัติเพื่อสอดคล้องกับ ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

3.2.3 ออกแบบกิจกรรมตามภารกิจ

พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในภารกิจที่เลือกให้เข้ากับประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน ควรวางแผนว่าผู้สอนแนะนำภารกิจให้สอดคล้องเข้ากับหลักสูตร รวมถึงการเขียนโปรแกรมที่ละเอียด และ การแก้ปัญหาต่อสิ่งที่พบเจอ เพื่อพัฒนาประสบการณ์ในการเรียนรู้ หลังจากปฏิบัติกิจกรรมผู้วิจัยให้ ผู้เรียนทำแบบประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ตารางที่ 3-2 กิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ขั้นตอนการเรียนรู้	หัวข้อการเรียนรู้ในกิจกรรม
	ลักษณะภารกิจ
อธิบายและนำเสนอภารกิจแก่ผู้เรียน	ผู้เรียนจะต้องเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์ไปยังจุดหมายตามที่กำหนด โดยจะต้องวางลูกบาศก์แต่ละสี ลงในช่องที่กำหนด เพื่อไปหยุดในช่องสุดท้าย พร้อมจับเวลา 
ดำเนินกิจกรรมตามกติกาที่ตั้งไว้	กติกาที่วางไว้ (ทีมละ 2 คน) 1. หุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถปล่อยลูกบาศก์ตามสีได้จุดละ 15 คะแนน 2. เมื่อผ่านจุดตรวจสอบ (Check Point) ได้จุดละ 10 คะแนน 3. วิ่งกลับไปยังจุดเริ่มต้น ได้ 10 คะแนน 4. เวลาคำนวณเป็น 10 คะแนน (ตามลำดับลดลงมาเรื่อย ๆ จนถึงทีมสุดท้าย) 5. ใครคะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

3.2.4 ให้คำแนะนำ และการสนับสนุน

ผู้วิจัยเตรียมคำแนะนำไว้ในรูปแบบของเอกสารประกอบการฝึกอบรม โดยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ใบเนื้อหา โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเฟสกันระหว่างฮาร์ดแวร์กับซอฟต์แวร์ 2) ใบงานการทดลอง แบ่งเนื้อหาตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากผลลัพธ์การเรียนรู้ ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ หลังจากจัดทำเอกสารแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน (รายละเอียดดังภาคผนวก ก)

3.2.5 ทบทวน และประเมินผล

สร้างข้อสอบก่อนเรียน และหลังเรียนทางผู้วิจัยได้ออกแบบจากการนำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากตารางกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้นทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ 1) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ 2) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 3) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ จากจัดทำเอกสารแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประเมินด้านความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

3.3.1 การสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

สร้างข้อสอบก่อนเรียน และหลังเรียนทางผู้วิจัยได้ออกแบบจากการนำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากตารางกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้นทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ 1) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์, 2) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์, 3) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ และ 4) ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี จากจัดทำเอกสารแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประเมินด้านความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน

การประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องมือหรือวิธีการต่าง ๆ เพื่อวัดระดับความรู้และความเข้าใจที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนรู้หรือการฝึกฝนต่าง ๆ ในหลักสูตรหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

การสร้างแบบประเมินวัดผลจากการใช้ชุดชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน มีวิธีการดำเนินการสร้างแบบทดสอบเป็นการตอบแบบอัตนัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 รายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น จุดประสงค์รายวิชา, สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
2. กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามสมรรถนะรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562

3. ศึกษาหนังสือเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสร้างแบบอัตนัย และการออกแบบกิจกรรม

4. สร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจำนวน 20 ข้อ และกิจกรรมการใช้หุ่นยนต์เล่นเกม โดยได้จากการวิเคราะห์ตาราง Test Blueprint (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

5. นำประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่สร้างขึ้นมาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา การตั้งข้อคำถาม ถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of item objective congruence : IOC) คุณภาพของแบบทดสอบก่อนเรียน -หลังเรียน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ ไม่ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยข้อสอบที่ถูกคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญนำมาใช้ต้องมีค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของการใช้กิจกรรม ข้อคำถาม ตัวเลือกกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.65-1.00 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

6. คัดเลือกข้อที่ผ่านการประเมินไปจัดทำเป็นแบบทดสอบปรนัย แล้วนำมาทดลองใช้กับนักเรียนก่อนการอบรมเพื่อทดสอบความรู้เดิม จำนวน 12 คน

7. หลังจากนำแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบก่อนเรียนกับผู้เรียนแล้ว จากนั้นนำแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ ทำการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 KR-20) (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

8. แบบทดสอบก่อน - หลังเรียน เป็นข้อสอบคู่ขนาน ประกอบด้วยข้อสอบสองส่วนที่มีโจทย์คล้ายกันหรือเกี่ยวข้องกัน ผู้เรียนเรียนทำการวิเคราะห์และแก้ปัญหาสองส่วนนั้นในระยะเวลาที่กำหนด

3.3.2 การสร้างแบบประเมินผลการมีส่วนร่วมของผู้อบรม

การประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดและประเมินระดับของความร่วมมือ และความมุ่งมั่นในการเรียนรู้ของผู้เรียนในรายวิชาหรือกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการมีส่วนร่วมมีผลกระทบต่อความเข้าใจ การทำงานร่วมกับผู้อื่น และความพร้อมในการใฝ่เรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้วิจัยได้อ้างอิงแบบประเมินการมีส่วนร่วมมาจาก (ศศิธร, 2563) (รายละเอียดดังภาคผนวก ก)

3.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้มี 3 ขั้นตอน คือ 1) การอธิบายและนำเสนอกิจกรรม, 2) การดำเนินกิจกรรมเขียนโปรแกรมตามภารกิจที่วางไว้ และ 3) การสรุปผลของเกม สรุปขั้นตอนไว้ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	รายละเอียดการจัดกิจกรรม	ภาพการดำเนินกิจกรรม
1. การอธิบายและนำเสนอกิจกรรม	ก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความรู้ของผู้เรียนก่อนการดำเนินกิจกรรมโดยใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้น จากนั้นอธิบายขั้นตอนดำเนินกิจกรรมให้แก่ผู้เรียนได้ฟัง จากนั้นเริ่มให้ผู้เรียนแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 2 คน จากนั้นค่อยเริ่มสอนส่วนประกอบต่าง ๆ ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ทางกล อุปกรณ์ขับเคลื่อน อุปกรณ์ควบคุม นำชุดฝึกหุ่นยนต์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตั้งแต่การเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์พื้นฐานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ขั้นตอนการประกอบ เรียนรู้การเขียนโปรแกรมควบคุมจากใบเนื้อหา และใบงาน	
2. การดำเนินกิจกรรมเขียนโปรแกรมตามภารกิจที่วางไว้	หลังจากผู้เรียนประกอบหุ่นยนต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จัดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ผู้สอนให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมเท่านั้น ไม่ดำเนินการเขียนโปรแกรมให้ผู้เรียนโดยตรง เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาในการเขียนโปรแกรมจนกระทั่งผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ครบภารกิจ	

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดกิจกรรม	รายละเอียดการจัดกิจกรรม	ภาพการดำเนินกิจกรรม
3. การสรุปผล	ให้ผู้เรียนทำแบบประเมินการคิดเชิง คำนวณของผู้เรียน, แบบประเมินการมี ส่วนร่วมของผู้เรียน แล้วทำแบบทดสอบ หลังทำกิจกรรมเสร็จ แล้วนำคะแนนผล การทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อสรุปผลคะแนนได้แล้วจัดลำดับ คะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก จากนั้นมอบ ของรางวัลให้กับผู้ได้คะแนนสูงสุด ตามลำดับ	

3.5 การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยเพื่อการศึกษาการคิดเชิงคำนวณและการมีส่วนร่วมในระหว่างทำกิจกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ได้ดังนี้

3.5.1 ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ใช้สูตรการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยใช้สูตรในการคำนวณ (รัตติกาล, 2560) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของข้อความ
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.5.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ใช้หาคะแนนเชิงคุณภาพ ใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ใช้สูตรในการคำนวณ (รัตติกาล, 2560) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3-2)$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

3.5.3 สูตรหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation หรือ S.D.) ใช้สูตรในการคำนวณ (รัตติกาล, 2560) ดังนี้

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X^2	แทน	ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	คะแนนรวมแล้วยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

3.5.4 การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยใช้วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20)) โดยคำนวณจากสัดส่วนของการตอบถูกหรือผิด เฉพาะข้อสอบที่มีคะแนนเป็น 1, 0 เท่านั้น (วิญญา, 2531 : 118 - 124) สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 คือ

$$r_t = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3-4)$$

เมื่อ	r_t	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	P	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูก
	Q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิด (เท่ากับ 1-p)
	N	แทน	จำนวนของแบบทดสอบ (ไม่ควรต่ำกว่า 20 ข้อ)
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

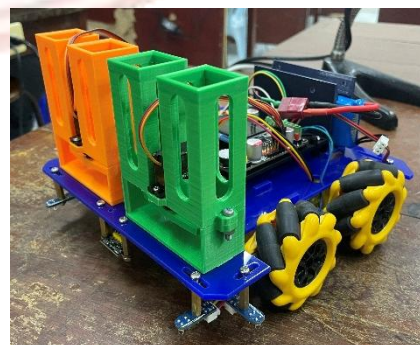
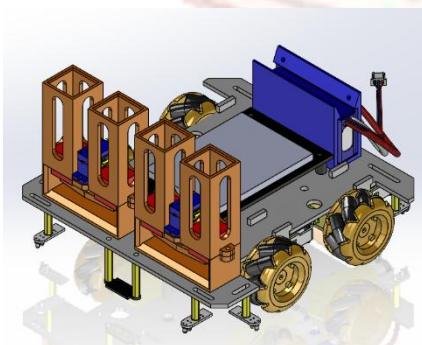
การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) โดยใช้แบบแผนการทดลองรูปแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest - Posttest Design) มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้คือ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน, 2) เพื่อศึกษาการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน และ 3) เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ในรายวิชา 20127-2106 หุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 2/2567 จำนวน 12 คน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

- 4.1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน (Wilcoxon)
- 4.3 ผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- 4.4 ผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

4.1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

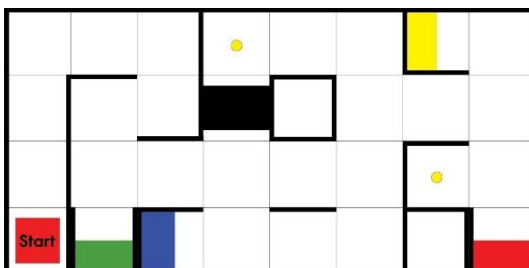
ผลการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน จากกระบวนการสร้างเครื่องมือที่ใช้เป็นสื่อการสอนให้กับผู้เรียนในการทำงานของชุดกิจกรรม

ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน คำนึงถึงประสิทธิภาพ การเคลื่อนไหว และน้ำหนัก โดยผู้จัดทำใช้วิธีการออกแบบเป็นโมเดล 3 มิติ ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค และทำการนำแผ่นอะคริลิกมาตัดโดยนำเข้าเครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) กับสร้างแบบโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) โดยใช้เส้นวัสดุพลาสติกชนิด PLA+ ขึ้นงานส่วนต่าง ๆ ออกมาแล้วประกอบเข้าด้วยกัน ภาพรวมของชุดฝึกอบรมที่ถูกนำมาประกอบตามแบบดังภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 ภาพรวมของชุดกิจกรรมที่ถูกนำมาประกอบตามแบบ

การสร้างสนามหุ่นยนต์จะใช้ไวนิล มีคุณสมบัติเรียบ สีขาว และน้ำหนักเบา ผู้วิจัยได้สร้างสนามที่มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 100 x 200 ซม. แสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ภาพรวมของสนามหุ่นยนต์เคลื่อนที่

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Wilcoxon Signed Rank Test จากคะแนนของผู้เรียนจำนวน 12 คน ที่ได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อตรวจสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างคะแนนก่อน-หลังการเรียน โดยดูทั้งค่า P-value และ Z แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน

แบบทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	z	p
ก่อนเรียน	12	20	8.416	3.605	-3.065 ^b	.002
หลังเรียน	12	20	14.916	3.449		

การแปลผลค่า p-value (อ้างอิงจาก Wilcoxon, 1945)

ค่า p-value

$p < 0.01$

$p < 0.05$

$p \geq 0.05$

แปลผล

มีนัยสำคัญมาก

มีนัยสำคัญ

ไม่สามารถสรุปได้

ผลการวิเคราะห์ Wilcoxon Signed Ranks เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียนของผู้เรียน 12 คน ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าคะแนนหลังเรียนมีค่ามากกว่าคะแนนก่อนเรียนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) เท่ากับ 0.002 และค่าสถิติ z (z-score) เท่ากับ -3.065 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบมามีผลต่อการพัฒนาทักษะของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ 2) การใช้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดเชิงคำนวณและความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ดี

4.3 ผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ทั้งนี้รูปแบบการประเมินผู้วิจัยให้นักเรียนเป็นผู้เขียนตอบตามคำถามที่ตั้งไว้โดยแบ่งคะแนนตามเกณฑ์การประเมินเป็น 4 ระดับ 0–3 คะแนน ตามรายละเอียดของคำตอบที่นักเรียนได้เขียนตอบ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

คำถามในการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition)			
1. ในการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โปรดระบุส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่ต้องประกอบก่อนเป็นลำดับ และอธิบายว่าทำไมคุณจึงเลือกลำดับนี้ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	2.16	0.72	สูง
2. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ นักเรียนจะแบ่งการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วยย่อย ๆ อย่างไร เช่น การควบคุมการเคลื่อนที่และการใช้งานเซ็นเซอร์ เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการพัฒนา	2.08	0.67	สูง
3. หากนักเรียนต้องการให้หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามเส้นทางในช่องได้นักเรียนควรวางแผนการแบ่งปัญหาอย่างไร เพื่อให้การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	2.00	0.74	ปานกลาง
4. นักเรียนจะวางแผนและจัดการการประกอบมอเตอร์และเซ็นเซอร์อย่างไร เพื่อให้มั่นใจว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นไปตามที่ต้องการ	2.16	0.94	สูง
5. เมื่อนักเรียนพบว่าหุ่นยนต์ไม่ทำงานตามที่คาดหวัง นักเรียนจะแบ่งปัญหานี้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างไร เพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไขปัญหได้อย่างมีประสิทธิภาพ	2.41	0.51	สูง
รวม	2.16	0.72	สูง
การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition)			
6. นักเรียนจะอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่สังเกตได้เมื่อทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์อย่างไร	1.91	0.79	ปานกลาง
7. เมื่อนักเรียนทดสอบหุ่นยนต์ พบรูปแบบการตอบสนองต่อคำสั่งการเคลื่อนที่อย่างไรบ้าง เช่น การเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา	1.83	0.83	ปานกลาง

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

คำถามในการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
8. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ จงระบุว่าส่วนใดของโปรแกรมที่มีลักษณะเป็นการทำงานซ้ำ และอธิบายว่าคุณสามารถปรับปรุงโค้ดอย่างไรเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	2.16	0.72	สูง
9. นักเรียนพบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของหุ่นยนต์กับการทำงานของมอเตอร์และเซ็นเซอร์หรือไม่ และมีรูปแบบการทำงานที่สอดคล้องกันอย่างไร	2.00	0.74	ปานกลาง
10. เมื่อนักเรียนทำการทดสอบหุ่นยนต์หลายครั้ง พบว่ามีรูปแบบการทำงานใดบ้างที่บ่งชี้ถึงปัญหาหรือข้อบกพร่องของหุ่นยนต์หรือไม่ จงอธิบาย	2.08	0.79	สูง
รวม	2.00	0.76	ปานกลาง
การสรุปแบบแผน (Abstraction)			
11. ในการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ นักเรียนละเว้นรายละเอียดใดบ้างที่ไม่จำเป็น เพื่อให้สามารถมุ่งเน้นไปที่ฟังก์ชันหลักของหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	2.41	0.79	สูง
12. ในการประกอบหุ่นยนต์ นักเรียนสามารถใช้การสรุปแบบแผนเพื่อลดความซับซ้อนของขั้นตอนการประกอบได้อย่างไร เช่น การใช้ผังงานหรือแผนภาพช่วยอธิบาย	2.25	0.75	สูง
13. นักเรียนจะอธิบายหลักการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแต่ละส่วนอย่างไร เพื่อให้เห็นภาพรวมและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์	1.91	1.00	ปานกลาง
14. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ นักเรียนจัดกลุ่มฟังก์ชันการทำงานหรือคำสั่งต่าง ๆ อย่างไรเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไขและพัฒนาในอนาคต	2.00	0.85	ปานกลาง
15. นักเรียนจะใช้การสรุปแบบแผนในการทำนายการทำงานของหุ่นยนต์ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างไร โดยไม่จำเป็นต้องทดสอบในทุกสถานการณ์	2.16	0.72	สูง
รวม	2.15	0.82	สูง
การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)			
16. นักเรียนจะออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับการทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทางอย่างไร ให้มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด	2.00	0.74	ปานกลาง

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

คำถามในการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
17. กรุณาอธิบายขั้นตอนวิธีการตัดสินใจ โดยระบุว่าการตรวจจับเงื่อนไขในแต่ละขั้นตอนควรเป็นอย่างไร เพื่อให้กระบวนการตัดสินใจมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ	2.16	0.72	สูง
18. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวซ้ายหรือขวาตามคำสั่งได้ นักเรียนจะออกแบบขั้นตอนวิธีอย่างไร เพื่อให้การเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงสุด	2.58	0.67	สูง
19. นักเรียนจะออกแบบขั้นตอนวิธีอย่างไรเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยใช้การปรับค่าความเร็วของมอเตอร์และการตรวจจับเซ็นเซอร์	2.08	0.9	สูง
20. นักเรียนจะทดสอบและปรับปรุงขั้นตอนวิธีที่ออกแบบไว้อย่างไร หากพบว่าหุ่นยนต์ไม่ทำงานตามที่คาดหวังในสถานการณ์ที่กำหนด	1.83	0.72	ปานกลาง
รวม	2.13	0.77	สูง

การแปลผลค่าเฉลี่ย (อ้างอิงจาก Best, 1977)

ค่าเฉลี่ย

0.00 – 1.00

1.01 – 2.00

2.01 – 3.00

แปลผล

ระดับต่ำ

ระดับปานกลาง

ระดับสูง



ภาพที่ 4-3 ผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

จากตารางที่ 4-2 หลังจากผู้วิจัยประเมินผลการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนแล้ว พบว่า ด้านการแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.72 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.76 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง การสรุปแบบแผน (Abstraction) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.82 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.77 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่า 1. ผู้เรียนมีการคิดเชิงคำนวณในระดับสูงเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นด้าน การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นๆ 2. การสรุปแบบแผน (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) อยู่ในระดับสูง สะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนในการจัดโครงสร้างปัญหาและวางแผนแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

4.4 ผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

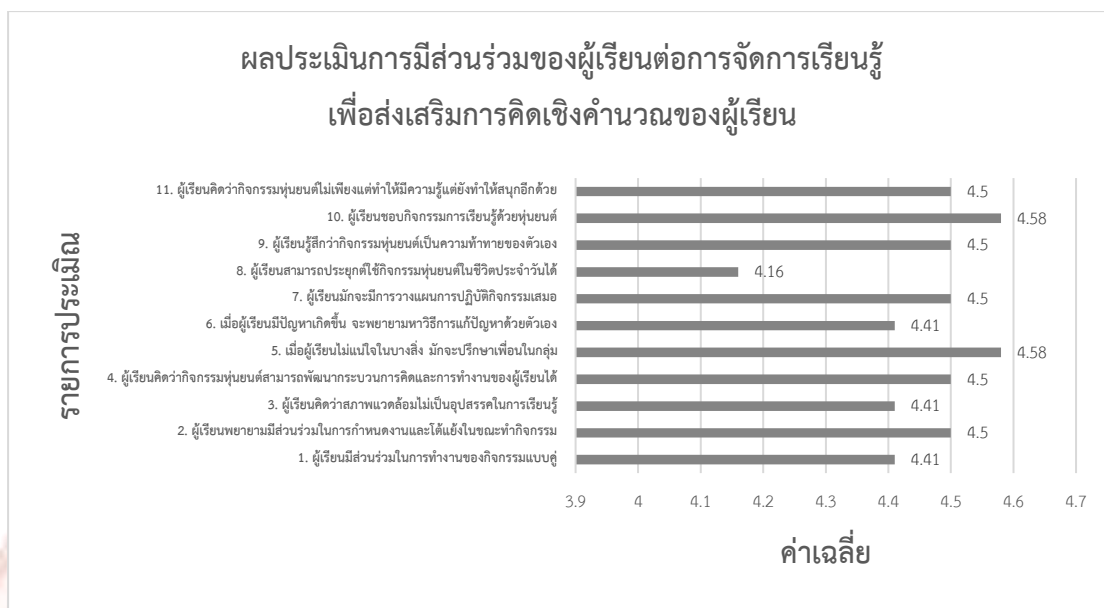
ผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ทั้งนี้รูปแบบการประเมินผู้วิจัยให้ผู้เรียนเป็นผู้ประเมินการมีส่วนร่วมต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

คำถามในการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
การมีส่วนร่วมด้านพฤติกรรม (Behavioral Engagement)			
1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานของกิจกรรมแบบคู่	4.41	0.51	มาก
2. ผู้เรียนพยายามมีส่วนร่วมในการกำหนดงานและโต้แย้งในขณะทำกิจกรรม	4.50	0.52	มาก
3. ผู้เรียนคิดว่าสภาพแวดล้อมไม่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้	4.41	0.90	มาก
รวม	4.44	0.65	มาก
การมีส่วนร่วมด้านปัญญา (Cognitive Engagement)			
4. ผู้เรียนคิดว่ากิจกรรมหุ้ยนยนต์สามารถพัฒนากระบวนการคิดและการทำงานของนักเรียนได้	4.50	0.52	มาก
5. เมื่อผู้เรียนไม่แน่ใจในบางสิ่ง มักจะปรึกษาเพื่อนในกลุ่ม	4.58	0.51	มากที่สุด
6. เมื่อผู้เรียนมีปัญหาเกิดขึ้น จะพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง	4.41	0.51	มาก
7. ผู้เรียนมักจะมีการวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมเสมอ	4.50	0.52	มาก
รวม	4.50	0.51	มาก
การมีส่วนร่วมด้านอารมณ์ (Emotional Engagement)			
8. ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้กิจกรรมหุ้ยนยนต์ในชีวิตประจำวันได้	4.16	0.72	มาก
9. ผู้เรียนรู้สึกว่าการหุ้ยนยนต์เป็นความท้าทายของตัวเอง	4.50	0.52	มาก
10. ผู้เรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหุ้ยนยนต์	4.58	0.51	มากที่สุด
11. ผู้เรียนคิดว่ากิจกรรมหุ้ยนยนต์ไม่เพียงแต่ทำให้มีความรู้แต่ยังทำให้สนุกอีกด้วย	4.50	0.80	มาก
รวม	4.43	0.65	มาก

การแปลผลค่าเฉลี่ย (อ้างอิงจาก บุญศรี, 2561)

ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1.00 – 1.50	น้อยที่สุด
1.51 – 2.50	น้อย
2.51 – 3.50	ปานกลาง
3.51 – 4.50	มาก
4.51 – 5.00	มากที่สุด



ภาพที่ 4-4 ผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

จากตารางที่ 4-3 หลังจากผู้วิจัยประเมินผลการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนแล้ว แสดงผลของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามรายการผู้วิจัยนำผลมาวิเคราะห์แยกตามพฤติกรรมการมีส่วนร่วมพบว่า การมีส่วนร่วมด้านพฤติกรรม (Behavioral Engagement) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.65 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด การมีส่วนร่วมด้านปัญญา (Cognitive Engagement) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.51 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก และการมีส่วนร่วมด้านอารมณ์ (Emotional Engagement) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.65 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า 1. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันได้ดี มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกัน 2. ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3. ผู้เรียนมีความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหุ่นยนต์

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยการศึกษาผลกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) โดยใช้แบบแผนการทดลองรูปแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest - Posttest Design) มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้คือ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน 2) เพื่อศึกษาการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน 3) เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ในรายวิชา 20127-2106 หุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 2/2567 จำนวน 12 คน มีข้อสรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

จากการวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยชุดกิจกรรมดังกล่าวถูกออกแบบให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้หลากหลายรูปแบบ ผ่านการรับค่าจากเซ็นเซอร์ สามารถเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง และสนามยังถูกออกแบบให้สอดคล้องกับหุ่นยนต์เคลื่อนที่นี้ ทำให้สามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ได้เป็นอย่างดี

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน

ผลการวิเคราะห์ Wilcoxon Signed Ranks เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียนของผู้เรียน 12 คน ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าคะแนนหลังเรียนมีค่ามากกว่าคะแนนก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) เท่ากับ 0.002 และค่าสถิติ z (z-score) เท่ากับ -3.065 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบมามีผลต่อการพัฒนาทักษะของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ 2) การใช้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดเชิงคำนวณและความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ดี

5.1.3 สรุปผลประเมินการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ผลการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน แสดงผลของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามรายการ ผู้วิจัยนำผลมาวิเคราะห์แยกหัวข้อการคิดเชิงคำนวณพบว่า ด้านการแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.72 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.76 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง การสรุปแบบแผน (Abstraction) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.82 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.77 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่า 1) ผู้เรียนมีการคิดเชิงคำนวณในระดับสูงเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นด้าน การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นๆ 2) การสรุปแบบแผน (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) อยู่ในระดับสูง สะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนในการจัดโครงสร้างปัญหาและวางแผนแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.1.4 สรุปผลประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ประเมินผลการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนแล้ว แสดงผลของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามรายการ ผู้วิจัยนำผลมาวิเคราะห์แยกตามพฤติกรรมการมีส่วนร่วมพบว่า การมีส่วนร่วมด้านพฤติกรรม (Behavioral Engagement) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.65 จัดอยู่ในเกณฑ์มีความเหมาะสมมากที่สุด การมีส่วนร่วมด้านปัญญา (Cognitive Engagement) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.51 จัดอยู่ในเกณฑ์มีความเหมาะสมมาก และการมีส่วนร่วมด้านอารมณ์ (Emotional Engagement) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ที่ 0.65 จัดอยู่ในเกณฑ์มีความเหมาะสมมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า 1) ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันได้มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกัน 2) ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3) ผู้เรียนมีความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหุ่นยนต์ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน โดยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน มาทดลองใช้กับ ผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิค อ่างทอง ในรายวิชา 20127-2106 หุ่นยนต์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 2/2567 จำนวน 12 คน จากผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน อยู่ในระดับ ปานกลางถึงสูง เห็นได้จากตารางที่ 4-6 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wing (2006) (Wing, 2006) ที่ระบุว่ากระบวนการเรียนรู้ที่พัฒนาโดยใช้แนวคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ยัง

พบว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะใน 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ Decomposition, Pattern Recognition, Abstraction, และ Algorithm Design ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยงานวิจัยของ Bers et al. (2014) (Bers et al., 2014) ที่ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านหุ่นยนต์และการเขียนโค้ดสามารถช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคะแนนการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนหลังจากเข้าร่วมกิจกรรมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะด้าน การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) และ การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Algorithm Design) ซึ่งอยู่ในระดับสูง เห็นได้จากตารางที่ 4-6 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Merrill (2002) (Merrill, 2002) ที่เสนอว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้แนวคิด Problem-Based Learning (PBL) และ Task-Based Learning (TBL) สามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ด้านการระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition) มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ซึ่งอาจเกิดจากความซับซ้อนของการจดจำรูปแบบและความต้องการในการฝึกฝนที่มากขึ้น ตามข้อค้นพบของ Slavin (1995) (Slavin, 1995) ที่กล่าวถึง Collaborative Learning ว่าอาจช่วยเสริมสร้างการจดจำและวิเคราะห์รูปแบบได้ดีขึ้นเมื่อมีการทำงานร่วมกันในกลุ่ม

ผลการประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าอยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงความสนใจและการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีของผู้เรียนต่อกิจกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bonwell และ Eison (1991) (Bonwell & Eison, 1991) ที่เสนอว่า Active Learning สามารถช่วยเพิ่มความสนใจและส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยี หุ่นยนต์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้อย่างช่วยให้ผู้เรียนสามารถทดลอง ปรับปรุง และพัฒนาแนวคิดของตนเอง ซึ่งตรงกับแนวคิด Experiential Learning ของ Kolb (1984) (Kolb, 1984) ที่ระบุว่าการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงเป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างความเข้าใจและการคิดเชิงระบบของผู้เรียน

5.3 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการวิจัย

5.3.1 ข้อเสนอแนะ

5.3.1.1 การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ต้องมีการวางแผนเรื่องรูปแบบหรือลักษณะของกิจกรรมที่นำมาประกอบการทำกิจกรรมให้เหมาะสมกับช่วงชั้นของผู้เรียน เพราะอาจจะทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจกิจกรรม แล้วส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมตามวัตถุประสงค์ได้

5.3.1.2 ควรระมัดระวังในการกำหนดระดับความยากหรือง่ายของกิจกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียน ไม่ควรทำให้ยากหรือง่ายเกินไป

5.3.1.3 การนำวิจัยนี้ไปใช้งาน ควรเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์สำรองเผื่อไว้ในกรณีที่อุปกรณ์เกิดการไม่สามารถใช้งานได้และเผื่อระยะเวลาในการทำกิจกรรม ให้ผู้เรียนได้มีเวลาเตรียมตัวในการทำกิจกรรม

5.3.1.4 ควรวางลำดับการนำเสนอกิจกรรมให้ดี เพราะจะส่งผลให้ผู้เรียนไม่เข้าใจลำดับการแก้ปัญหา ลำดับการคิด ทำให้การดำเนินกิจกรรมมีปัญหา

5.3.1.5 ควรเน้นกระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ซึ่งเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

5.3.2 ข้อจำกัด

5.3.2.1 การศึกษานี้เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ทำให้ผลการวิจัยอาจไม่สามารถสรุปไปใช้กับกลุ่มผู้เรียนในระดับอื่นได้ การศึกษาในอนาคตต้องเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

5.3.2.2 นักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมและการคิดเชิงคำนวณที่ต่างกัน ซึ่งอาจมีผลต่อความสามารถในการเรียนรู้และการพัฒนา ทักษะในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ อาจมีพัฒนาการที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กรมอาชีวศึกษา. (2562). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น. สำนักพิมพ์กรมอาชีวศึกษา.
- บุญธรรม. (2556). หุ่นยนต์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- บุญศรี พรหมมาพันธุ์. (2562). เทคนิคการแปลผลคอมพิวเตอร์สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการวิจัย. วารสารวิชาการสังคมศาสตร์เครือข่ายวิจัยประชาชื่น, 1(1), 37-40.
- รัตติกาล. (2560). ดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับตัวชี้วัดการเรียนรู้ในระดับอาชีวศึกษา. วารสารวิจัยทางการศึกษา, 15(2), 50-62.
- ศรिति พร้อมเทพ, รุจโรจน์ แก้วอุไร, สิตานันท์ จันทรสมบูรณ์, ภาสกร เรืองรอง, & สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2566). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสาร SMTKPRU, 2(2), 162-164.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. ๒๕๖๑. กรุงเทพฯ: 21 เซ็นจูรี จำกัด.
- สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. (2562). หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.
- เศรษฐกุล โปร่งนุช, อภิรักษ์ รัตนฤมิต, กฤษกร อนิตะวิชัย, ชนมภัทร โตรระสะ, & นารีนาล รักษ์นุทร. (2564). หุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อการศึกษาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง. Engineering Transactions, 24(2), 187-191.
- ยุทธศาสตร์ชาติ. (2566). ราชกิจจานุเบกษา, 135(82 ก), 30.
- วทัญญู สารปริง, อัญญูปารย์ ศิลปะนิลมาลย์, & วรรณธิดา ยลวลิศา. (2567). การศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาวิทยาการคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 3(1), 52-57.

ภาษาอังกฤษ

- Balon, B., Đurić, J., & Simić, M. (2021). Arduino platform as learning tool in high school and college education. In 2021 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), 688-693.
- Barkela, V., Han, A., & Weber, A. M. (2024). Do student teachers experience self-worth threats in computational thinking. Computers in Human Behavior Reports, 100463.
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. Science Robotics, 3(21), eaat5954.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. Computers & Education, 72, 145-157.
- Bogue, R. (2022). Robots in agriculture: Challenges and future prospects. Emerald Publishing.
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. ERIC Digest.
- Budi, A. H. S., Juanda, E. A., Fauzi, D. L. N., Henny, H., & Masek, A. (2021). Implementation of simulation software on vocational high school students in programming and Arduino microcontroller subject. Journal of Technical Education and Training, 13(3), 108-114.
- Chookaew, S., Howimanporn, S., & Hutamarn, S. (2021). Investigating students' computational thinking through STEM robot-based learning activities. Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal.
- de Oliveira Lima, L. V., Magalhaes, L. G., Henriques, P. R., & Cardoso. (2022). AR-based learning resource: A different way to learn data structures. International Conferences e-Society 2023 and Mobile Learning 2023.
- Johnson, T., Miller, R., & Roberts, K. (2023). Designing activity-based learning for computational thinking development in programming education. Journal of Computer Science Education, 31(2), 145-162.

- Klinbumrung, K. (2020). Engineering education management using project-based and MIAP learning model for microcontroller applications. In 2020 7th International Conference on Technical Education (ICTechEd7), 33-36.
- Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall.
- Lee, H., Kim, J., & Park, S. (2020). Implementing gamification strategies in learning activities: Effects on motivation and learning outcomes. Educational Technology & Society, 23(4), 55-70.
- Lu, X., Ma, Y., & Fang, Y. (2023). Learning-by-doing approach to teach microcontroller course with portable training board. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 18(16).
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. Educational Technology Research and Development, 50(3), 43-59.
- Mitnik, R., Recabarren, M., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008). Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. Computers & Education, 51(1), 60-73.
- Moraiti, I., Fotoglou, A., & Drigas, A. (2022). Coding with block programming languages in educational robotics and mobiles, improve problem solving, creativity & critical thinking skills. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 16(20).
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education. Technology for Education and Learning, 1(1), 1-7.
- Murphy, R. R. (2020). Introduction to AI robotics. MIT Press.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education, 93(3), 223-231.
- Rodríguez-Calderón, R., & Belmonte-Izquierdo, R. (2021). Educational platform for the development of projects using Internet of Things. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, 16(3), 276-282.
- Slavin, R. E. (1995). Cooperative learning: Theory, research, and practice. Boston: Allyn & Bacon.

- Smith, A., Brown, C., & Jones, D. (2021). STEM education through real-world problem-solving: A design-based approach. International Journal of STEM Education, 8(1), 34-50.
- Smith, M., Jones, L., & Anderson, R. (2023). The ethics of robotics: A multidisciplinary perspective. Journal of AI Research.
- Turan, S., & Aydoğdu, F. (2020). Effect of coding and robotic education on pre-school children's skills of scientific process. Education and Information Technologies, 25(5), 4353-4363.
- Wang, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2022). Development and evaluation of a problem-based learning model for engineering education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19(4), 45-60.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.
- Yang, G. Z., Nelson, B. J., & Murphy, R. R. (2023). Medical robotics and computer-assisted surgery. Elsevier.
- Yildiz, T., & Seferoğlu, S. S. (2021). The effect of robotic programming on coding attitude and computational thinking skills toward self-efficacy perception. Journal of Learning and Teaching in Digital Age, 6(2), 101-116.
- Yin, Y., Hadad, R., Tang, X., & Lin, Q. (2020). Improving and assessing computational thinking in maker activities: The integration with physics and engineering learning. Journal of Science Education and Technology, 29(2), 189-214.
- Zhang, H., Wang, Y., & Li, J. (2022). Robotics in manufacturing: Trends and technologies. Robotics Journal.
- Zurnaci, B., & Turan, Z. (2024). Educational robotics or unplugged coding activities in kindergartens?: Comparison of the effects on pre-school children's computational thinking and executive function skills. Thinking Skills and Creativity, 53, 101576.

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านเนื้อหา
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรม เรื่อง การอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้
หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
- แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน
- แบบประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านเนื้อหา

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1. นายธนศักดิ์ อรุณไพร
 - ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
 - สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 - สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท
2. นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ
 - ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
 - สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 - สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท
3. นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร
 - ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
 - สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 - สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
4. นายกิตติชัย แซ่ตั้ง
 - ตำแหน่ง : ครูชำนาญการ (คศ.2)
 - สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 - สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี
5. นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์
 - ตำแหน่ง : ครูระดับปฏิบัติการ (คศ.1)
 - สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 - สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

หนังสือขอเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา



ที่ อว 7104.1/84

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

ด้วยนายสิวักร นันทน์ม รหัสนี้ 66-020178-5801-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ให้นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัฒนา นาย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายธนศักดิ์ อรุณไพโร ดำรงตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-162-2092 (นายสิวักร นันทน์ม)



ที่ อว 7104.1/85

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

ด้วยนายศิวกร นันทน์มู รหัสนี้ 66-020178-5801-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณนาไนย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำ สารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-162-2092 (นายศิวกร นันทน์มู)

ภาพที่ ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/88

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

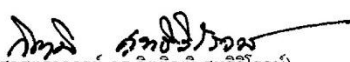
ด้วยนายศิวกร นันทน์มูม รหัสประจำตัว 66-020178-5801-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณานาย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวดี สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-162-2092 (นายศิวกร นันทน์มูม)

ภาพที่ ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/86

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

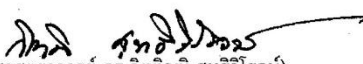
ด้วยนายศิวกร นันทน์นุ่ม รหัสประจำตัว 66-020178-5801-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวชิราโนย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง ตำแหน่งครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำ สารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-162-2092 (นายศิวกร นันทน์นุ่ม)

ภาพที่ ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/87

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนายศิวกร นันทน์นุ่ม รหัสประจำตัว 66-020178-5801-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวชิราโนย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ ตำแหน่งครู แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-162-2092 (นายศิวกร นันทน์นุ่ม)

ภาพที่ ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



**แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรม
เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่
เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน**

คำชี้แจง แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

- ด้านที่ 1 ด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์
- ด้านที่ 2 ด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน
- ด้านที่ 3 ด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมประกอบ
แผนการจัดการเรียนรู้
- ด้านที่ 4 ด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม

ตอนที่ 2

ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อความเหมาะสมเกี่ยวกับรายการประเมินว่ามี
ความเหมาะสมเพียงใด โดยทำ เครื่องหมาย ✓ ลงใน ตารางตามค่าระดับความเห็นดังนี้

- | | | |
|---|---------|---------------------------|
| 5 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับมาก |
| 3 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับน้อย |
| 1 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ



**แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรม
เรื่อง การอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่
เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน**

ตอนที่ 1 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านที่ 1 ด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์					
1. ความสอดคล้องของชุดกิจกรรมกับวัตถุประสงค์					
2. การจัดลำดับความสำคัญของชุดกิจกรรม					
3. ชุดกิจกรรมเข้าใจง่ายและสร้างแรงจูงใจ					
4. ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน					
5. ชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจ					
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน					
7. ง่ายต่อการบำรุงรักษา					
8. ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์					
9. ความชัดเจนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเห็น					
10. ชุดกิจกรรมมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน					
11. ความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับระดับของผู้เรียน					
12. ชุดกิจกรรมมีความคงทนแข็งแรง ทนทาน และปลอดภัย					
ด้านที่ 2 ด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน					
ด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนครบถ้วน					
2. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
3. เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน					
4. การลำดับขั้นตอนในการนำเสนอมีความเหมาะสม					
5. ปริมาณของเนื้อหา					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านรูปภาพ ตัวอักษร สี และภาษา					
6. รูปภาพในเอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสม					
7. รูปภาพในเอกสารประกอบการสอนมีขนาดเหมาะสม					
8. รูปภาพเอกสารประกอบการสอนน่าสนใจ					
9. ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง					
10. รูปเล่มเอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสม					
ด้านที่ 3 ด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และเกมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้					
1. กิจกรรมที่ 1 : เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, บอร์ดคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์, เซอร์โวมอเตอร์, เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ, เซ็นเซอร์อ่านค่าสี, คอมพิวเตอร์ เรื่อง : 1. การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ 2. การเขียนโปรแกรมควบคุมตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์ 3. การเขียนโปรแกรมอ่านค่าเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสี ขาว-ดำ 4. การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี					
2. กิจกรรมที่ 2 : ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, บอร์ดคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์, เซอร์โวมอเตอร์, เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ, เซ็นเซอร์อ่านค่าสี, ล้อ, แบตเตอรี่, สายไฟ เรื่อง : 1. การประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐาน 2. การประกอบเซอร์โวเข้ากับชุดถังลูกบาศก์ 3. การประกอบวงจรควบคุมเข้ากับตัวฐาน 4. การประกอบเซ็นเซอร์เข้ากับตัวฐาน 5. การเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับวงจรควบคุม					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านที่ 3 (ต่อ) ด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และเกมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้					
3. กิจกรรมที่ 3 : การทดสอบ และควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, หุ่นยนต์เคลื่อนที่, คอมพิวเตอร์ เรื่อง : 1. ทดสอบการควบคุมมอเตอร์ 2. ทดสอบการควบคุมเซอร์โว 3. ทดสอบการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสี ขาว-ดำ 4. ทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์สี					
4. กิจกรรมที่ 4 : เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, หุ่นยนต์เคลื่อนที่, คอมพิวเตอร์, สนามหุ่นยนต์ เรื่อง : ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



**แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
เรื่อง กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ**

คำชี้แจง : แบบประเมินความตรง (IOC) ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้ เรื่อง กิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ จัดทำเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยขอความกรุณาท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแบบวัด ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อความไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีระดับความเห็นของท่านว่าข้อความมีความสอดคล้องหรือถูกต้องเพียงใด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อความคำถาม	เฉลี่ย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
คำชี้แจง : จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว							
กิจกรรมที่ 1 เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่							
1.1 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	รู้จำ	1. ข้อใดเป็นคำสั่งที่ใช้ควบคุมมอเตอร์เดินหน้า ก. FD(50); ข. AO(); ค. BK(40); ง. SR(50);	ก.				
1.2 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	รู้จำ	2. หากต้องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้หมุนไปที่ตำแหน่ง 90 องศา ควรใช้คำสั่งใด ก. servo(5, 90); ข. servo(6, 0); ค. servo(5, 45); ง. servo(6, 180);	ก.				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
1.3 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ	รู้จำ	3. เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ ทำงานโดยใช้หลักการใด ก. วัดอุณหภูมิของพื้นผิว ข. วัดค่าความเข้มของแสงสะท้อนจากพื้นผิว ค. ตรวจจับสนามแม่เหล็กที่พื้น ง. วัดระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับพื้น	ข.				
	รู้จำ	4. คำสั่งใดใช้ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น ก. SR(50); ข. servo.read(); ค. Sensor_FL = analog(1); ง. motor.read();	ค.				
1.4 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี	รู้จำ	5. คำสั่งใดใช้ในการอ่านค่าสี RGB ก. PWM ข. servo.write(180); ค. digitalRead(sensorPin); ง. tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);	ง.				
กิจกรรมที่ 2 ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่							
2.1 ปฏิบัติงานประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐาน	รู้จำ	6. ในการประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐานของหุ่นยนต์ ควรใช้เครื่องมือชนิดใด ก. ไขควงและน็อตยึด ข. คีมตัดสายไฟ ค. หัวแร้งบัดกรี ง. เทปพันสายไฟ	ก.				

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
กิจกรรมที่ 2 ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (ต่อ)							
2.2 ปฏิบัติงานประกอบเซอร์โวเข้ากับชุดทั้งลูกบาศก์	รู้จำ	7. การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชุดทั้งลูกบาศก์ ควรคำนึงถึงข้อใดเป็นสำคัญ ก. การยึดให้แน่นและตำแหน่งการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ ข. การใช้มอเตอร์แทนเซอร์โวมอเตอร์ ค. การใช้วงจรรีเลย์แทนเซอร์โวมอเตอร์ ง. การเชื่อมต่อสายไฟโดยไม่คำนึงถึงตำแหน่ง	ก.				
2.3 ปฏิบัติงานประกอบวงจรควบคุมเข้ากับตัวฐาน	รู้จำ	8. ข้อใดเป็นวิธีที่ถูกต้องในการประกอบวงจรควบคุมเข้ากับตัวฐานของหุ่นยนต์ ก. ใช้การบัดกรีวงจรโดยตรง ข. ใช้เทปกาวพันรอบบอร์ดวงจร ค. ใช้สกรูหรือแถบยึดเพื่อให้วงจรแน่นหนาและปลอดภัย ง. ใช้ตะปูยึดวงจรเข้ากับตัวฐาน	ค.				
2.4 ปฏิบัติงานประกอบเซ็นเซอร์เข้ากับตัวฐาน	รู้จำ	9. การติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นเข้ากับตัวฐานของหุ่นยนต์ ควรติดตั้งในตำแหน่งใด ก. ใต้ฐานหุ่นยนต์ ใกล้กับพื้น ข. ด้านบนของหุ่นยนต์ ค. ตรงกลางตัวฐานของหุ่นยนต์ ง. ติดตั้งที่ด้านหลังหุ่นยนต์	ก.				
2.5 ปฏิบัติงานเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับวงจรควบคุม	รู้จำ	10. ข้อใดเป็นข้อควรระวังในการเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับวงจรควบคุมของหุ่นยนต์ ก. เชื่อมต่อสายไฟแบบสุ่มเพื่อลองระบบ	ง.				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ข. ใช้สายไฟขนาดเล็กเกินไป เพื่อลดน้ำหนัก ค. เชื่อมต่อทุกสายไฟเข้าที่ขั้ว เดียวกันเพื่อความสะดวก ง. ตรวจสอบขั้วบวกและขั้ว ลบก่อนเชื่อมต่อ					
กิจกรรมที่ 3 ทดสอบ และควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่							
3.1 ทดสอบ การควบคุมมอ เตอร์	เข้าใจ	11. หากต้องการทดสอบการ ควบคุมมอเตอร์หมุนไป ข้างหน้าความเร็ว 75% ควร ใช้คำสั่งใด ก. FD(75); ข. AO(75); ค. BK(75); ง. SR(75);	ก.				
3.2 ทดสอบ การควบคุม เซอร์โว	เข้าใจ	12. หากต้องการทดสอบเซอร์ โวมอเตอร์ให้หมุนไปที่ตำแหน่ง 135 องศาใช้คำสั่งใด ก. servo(5, 135); ข. servo(135, 6); ค. servo.move(135); ง. analogWrite(servoPin, 135);	ก.				
3.3 ทดสอบ การอ่านข้อมูล จากเซ็นเซอร์ ตรวจจับเส้นสี ขาว-ดำ	เข้าใจ	13. เมื่อทดสอบการทำงานของ ของเซ็นเซอร์ตรวจจับเส้น (Line Sensor) หากเซ็นเซอร์ อยู่เหนือเส้นสีขาว ผลลัพธ์ที่ คาดหวังจากเซ็นเซอร์แบบ ดิจิตอลคืออะไร ก. 0 (LOW) ข. 1 (HIGH) ค. ค่า RGB ที่เปลี่ยนแปลงตามสี ง. ค่าแอนะล็อกที่เปลี่ยนไป ตามระยะทาง	ข.				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
3.4 ทดสอบ การอ่านค่าจาก เซนเซอร์สี	เข้าใจ	14. เซ็นเซอร์สี (TCS34725 RGB) ใช้วิธีใดในการตรวจจับสีของวัตถุ ก. ตรวจจับเฉพาะแสงอินฟราเรด ข. คำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าของพื้นผิว ค. ตรวจจับสนามแม่เหล็กของวัตถุ ง. วัดค่าความเข้มของแสงสะท้อนในช่วงสีแดง เขียว และน้ำเงิน	ง.				
กิจกรรมที่ 4 เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ							
4.1 ปฏิบัติงาน เขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์ ตามภารกิจ	นำไปใช้	15. หากต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามทางในกรอบเส้นสีดำโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้น ควรใช้เงื่อนไขการตัดสินใจแบบใด ก. หากเซ็นเซอร์ตรวจพบสีขาว ให้หมุนมอเตอร์ไปข้างหน้า ข. หากเซ็นเซอร์ตรวจพบสีดำ ให้หยุดมอเตอร์ทันที ค. หากเซ็นเซอร์ตรวจพบสีขาว ให้หมุนไปข้างหน้า หากเจอสีดำให้ปรับทิศทาง ง. ให้หุ่นยนต์หมุนรอบตัวเองตลอดเวลาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม	ค.				
	นำไปใช้	16. หากต้องการให้หุ่นยนต์หยุดเดินเมื่อถึงเส้นสีดำโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ ควรใช้การตัดสินใจแบบใด ก. หากเซ็นเซอร์ตรวจจับสีดำ ให้มอเตอร์หยุด	ก.				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ข. หากเซ็นเซอร์ตรวจจับสีดำ ให้หมุนซ้ายหรือขวาเล็กน้อย ค. ให้หุ่นยนต์เดินสุ่มทิศทางจนกว่าจะเจอเส้น ง. ใช้เซ็นเซอร์สีแทนการตรวจจับเส้น					
	นำไปใช้	17. หากต้องการใช้เซ็นเซอร์สี (TCS34725 RGB) ในการเลือกวางลูกบาศก์ตามสี ควรใช้ค่าข้อมูลแบบใด ก. ค่าแอดเดรสจากเซ็นเซอร์ระยะทาง ข. ค่า RGB (Red, Green, Blue) ที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ ค. ค่าความเข้มแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกลับ ง. ค่าความเร็วรอบของมอเตอร์	ข.				
	นำไปใช้	18. หากต้องการปรับมุมของเซอร์โวมอเตอร์ให้เปลี่ยนจาก 90 องศาเป็น 45 องศาควรใช้คำสั่งใด ก. servo(5, 45); ข. servo(45, 6); ค. servo.move(45); ง. analogWrite(servoPin, 45);	ก.				
	วิเคราะห์	19. พบพื้นที่มีสีน้ำเงิน โดยใช้เซ็นเซอร์สี(TCS34725 RGB) จะได้ค่าใดในโปรแกรม ก. blue >= 10 ข. red >= 11 && green >= 6 && blue >= 6 ค. red >= 10 && green >= 10 && blue >= 10	ค.				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ง. red ≥ 10					
	วิเคราะห์	20. พบพื้นที่มีสีเหลือง โดยใช้ เซ็นเซอร์สี (TCS34725 RGB) จะได้ค่าใดในโปรแกรม ก. blue ≥ 10 ข. red ≥ 11 && green ≥ 6 && blue ≥ 6 ค. red ≥ 10 && green ≥ 10 && blue ≥ 10 ง. red ≥ 10	ก.				

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking Assessment)

คำชี้แจง จงตอบพิจารณาและตอบคำถามต่อไปนี้

ด้านที่ 1 การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition)

1. ในการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โปรแกรมระบุส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่ต้องประกอบก่อนเป็นลำดับ และอธิบายว่าทำไมคุณจึงเลือกลำดับนี้ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

.....

.....

.....

2. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ นักเรียนจะแบ่งการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วย่อย ๆ อย่างไร เช่น การควบคุมการเคลื่อนที่และการใช้งานเซ็นเซอร์ เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการพัฒนา

.....

.....

.....

3. หากนักเรียนต้องการให้หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามเส้นทางในช่องได้ นักเรียนควรวางแผนการแบ่งปัญหาอย่างไร เพื่อให้การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะวางแผนและจัดการการประกอบมอเตอร์และเซ็นเซอร์อย่างไร เพื่อให้มั่นใจว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นไปตามที่ต้องการ

.....

.....

.....

5. เมื่อนักเรียนพบว่าหุ่นยนต์ไม่ทำงานตามที่คาดหวัง นักเรียนจะแบ่งปัญหานี้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างไร เพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพ

.....

.....

.....

ด้านที่ 2 การระบุและวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern Recognition)

6. นักเรียนจะอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่สังเกตได้เมื่อทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์อย่างไร

.....

.....

.....

7. เมื่อนักเรียนทดสอบหุ่นยนต์ พบรูปแบบการตอบสนองต่อคำสั่งการเคลื่อนที่อย่างไรบ้าง เช่น การ เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา

.....

.....

.....

8. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ จงระบุว่าส่วนใดของโปรแกรมที่มีลักษณะเป็นการ ทำงานซ้ำ และอธิบายว่าคุณสามารถปรับปรุงได้อย่างไรเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

.....

.....

.....

9. นักเรียนพบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของหุ่นยนต์กับการทำงานของมอเตอร์และเซ็นเซอร์ หรือไม่ และมีรูปแบบการทำงานที่สอดคล้องกันอย่างไร

.....

.....

.....

10. เมื่อนักเรียนทำการทดสอบหุ่นยนต์หลายครั้ง พบว่ามีรูปแบบการทำงานใดบ้างที่บ่งชี้ถึงปัญหา หรือข้อบกพร่องของหุ่นยนต์หรือไม่ จงอธิบาย

.....

.....

.....

ด้านที่ 3 การสรุปแบบแผน (Abstraction)

11. ในการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ นักเรียนละเว้นรายละเอียดใดบ้างที่ไม่จำเป็น เพื่อให้ สามารถมุ่งเน้นไปที่ฟังก์ชันหลักของหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

.....

.....

.....

12. ในการประกอบหุ่นยนต์ นักเรียนสามารถใช้การสรุปแบบแผนเพื่อลดความซับซ้อนของขั้นตอนการประกอบได้อย่างไร เช่น การใช้ผังงานหรือแผนภาพช่วยอธิบาย

.....

.....

.....

13. นักเรียนจะอธิบายหลักการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแต่ละส่วนอย่างไร เพื่อให้เห็นภาพรวมและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์

.....

.....

.....

14. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ นักเรียนจัดกลุ่มฟังก์ชันการทำงานหรือคำสั่งต่าง ๆ อย่างไร เพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไขและพัฒนาในอนาคต

.....

.....

.....

15. นักเรียนจะใช้การสรุปแบบแผนในการทำนายการทำงานของหุ่นยนต์ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างไร โดยไม่จำเป็นต้องทดสอบในทุกสถานการณ์

.....

.....

.....

ด้านที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)

16. นักเรียนจะออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับการทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทางอย่างไร ให้มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด

.....

.....

.....

17. กรุณาอธิบายขั้นตอนวิธีการตัดสินใจ โดยระบุว่าการตรวจจับเงื่อนไขในแต่ละขั้นตอนควรเป็นอย่างไร เพื่อให้กระบวนการตัดสินใจมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

.....

.....

.....

18. เมื่อนักเรียนเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวซ้ายหรือขวาตามคำสั่งได้ นักเรียนจะออกแบบขั้นตอนวิธีอย่างไร เพื่อให้การเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงสุด

.....

.....

.....

19. นักเรียนจะออกแบบขั้นตอนวิธีอย่างไรเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยใช้การปรับค่าความเร็วของมอเตอร์และการตรวจจับเซ็นเซอร์

.....

.....

.....

20. นักเรียนจะทดสอบและปรับปรุงขั้นตอนวิธีที่ออกแบบไว้อย่างไร หากพบว่าหุ่นยนต์ไม่ทำงานตามที่คาดหวังในสถานการณ์ที่กำหนด

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ

คะแนน	คำอธิบาย
0 คะแนน	ไม่สามารถตอบได้ หรือคำตอบไม่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำถาม
1 คะแนน	ตอบได้บางส่วน แต่ยังขาดความชัดเจน มีข้อผิดพลาด หรือไม่สมบูรณ์
2 คะแนน	ตอบได้ถูกต้องในระดับปานกลาง มีโครงสร้างการอธิบายที่ดี แต่ยังขาดรายละเอียดบางจุด
3 คะแนน	ตอบได้อย่างสมบูรณ์ มีการอธิบายอย่างชัดเจน ครบถ้วน และมีเหตุผลรองรับ

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณในแต่ละข้อคำถาม

คำถาม	เกณฑ์คะแนน			
	0	1	2	3
ข้อที่ 1	ไม่เขียนตอบ	สามารถระบุส่วนประกอบที่ต้องประกอบก่อนบางส่วน แต่ขาดเหตุผลหรือคำตอบคลุมเครือ	สามารถระบุลำดับการประกอบได้อย่างสมเหตุสมผล แต่ขาดรายละเอียดในเหตุผลหรือการเชื่อมโยงกับการเชื่อมโยงกับประสิทธิภาพของหุ่นยนต์	สามารถระบุลำดับการประกอบที่ชัดเจน พร้อมเหตุผลที่มีตรรกะและสัมพันธ์กับการทำงานของหุ่นยนต์
ข้อที่ 2	ไม่เขียนตอบ	สามารถแบ่งโค้ดได้บ้าง แต่ยังไม่ชัดเจน หรือขาดองค์ประกอบสำคัญ	สามารถแบ่งโค้ดเป็นส่วนย่อยที่มีโครงสร้างดี แต่ขาดรายละเอียดเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่าง ๆ	สามารถแบ่งโค้ดออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อย่างสมบูรณ์ และอธิบายเหตุผลในการจัดแบ่งแต่ละส่วนอย่างชัดเจน
ข้อที่ 3	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถแบ่งปัญหาได้อย่างถูกต้อง ทำให้แผนการควบคุมหุ่นยนต์มีความซับซ้อนและยากต่อการเขียนโปรแกรม	นักเรียนสามารถแบ่งปัญหาได้ แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่ชัดเจนหรือไม่สมบูรณ์ เช่น การตรวจจับหรือการตัดสินใจยังไม่ละเอียดพอ	นักเรียนสามารถแบ่งปัญหาวินิจฉัยเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อย่างชัดเจน ครอบคลุมทุกฟังก์ชันที่จำเป็น เช่น การตรวจจับเส้นทาง การเคลื่อนที่ และการตัดสินใจ
ข้อที่ 4	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถแบ่งขั้นตอนได้ชัดเจน ทำให้กระบวนการประกอบซับซ้อนและขาดความเป็นระบบ	นักเรียนแบ่งขั้นตอนได้บางส่วน แต่ยังขาดรายละเอียดในบางขั้นตอน เช่น การตั้งค่าเซ็นเซอร์หรือการปรับเทียบมอเตอร์	นักเรียนสามารถแบ่งการประกอบมอเตอร์และเซ็นเซอร์ออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ชัดเจนและครอบคลุมทุกส่วน ตั้งแต่การเลือกอุปกรณ์ การติดตั้ง การทดสอบ และการปรับเทียบ

คำถาม	เกณฑ์คะแนน			
	0	1	2	3
ข้อที่ 5	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถแบ่งปัญหาได้อย่างถูกต้อง ทำให้การแก้ไขปัญหาลำบากและยากต่อการตรวจสอบ	นักเรียนแบ่งปัญหาได้ แต่ยังขาดรายละเอียดในบางส่วน เช่น การตรวจสอบฮาร์ดแวร์หรือเซ็นเซอร์ยังไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้อย่างชัดเจน ครอบคลุมทั้งการตรวจสอบฮาร์ดแวร์ เซ็นเซอร์ และโปรแกรม โดยมีขั้นตอนการแก้ไขที่ชัดเจน
ข้อที่ 6	ไม่เขียนตอบ	สามารถระบุรูปแบบได้บ้าง แต่ขาดความชัดเจนหรือขาดรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของเซ็นเซอร์	สามารถอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ดี แต่ยังขาดความเชื่อมโยงกับการทำงานของเซ็นเซอร์	สามารถอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ได้อย่างสมบูรณ์ พร้อมเชื่อมโยงกับการทำงานของเซ็นเซอร์ได้อย่างชัดเจน
ข้อที่ 7	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถจดจำรูปแบบการตอบสนองของหุ่นยนต์ได้ ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์หรืออธิบายการทำงานได้อย่างสมบูรณ์	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบการตอบสนองได้บางส่วน แต่ยังขาดความเข้าใจในรายละเอียดหรือไม่สามารถอธิบายการตอบสนองได้ทั้งหมด	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบการตอบสนองของหุ่นยนต์ต่อคำสั่งการเคลื่อนที่ได้ เช่น หุ่นยนต์ตอบสนองต่อการเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาอย่างไร และมีความสอดคล้องกับคำสั่งโปรแกรมหรือข้อมูลจากเซ็นเซอร์
ข้อที่ 8	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถจดจำรูปแบบการทำงานซ้ำได้ ทำให้โค้ดยังคงซ้ำซ้อนและไม่เป็นระเบียบ	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบได้บางส่วน แต่ยังไม่สามารถสร้างฟังก์ชันหรือวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงโค้ด	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบการทำงานซ้ำ ๆ ของหุ่นยนต์และนำมาใช้ในการปรับปรุงโค้ด เช่น การสร้างฟังก์ชันย่อยที่สามารถเรียกใช้ซ้ำได้
ข้อที่ 9	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถจดจำรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของหุ่นยนต์ มอเตอร์ และเซ็นเซอร์ได้ ทำให้การวิเคราะห์ไม่สมบูรณ์	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบได้บางส่วน แต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์หรือนำไปใช้ในการปรับปรุงการทำงานของหุ่นยนต์ได้อย่างเต็มที่	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของหุ่นยนต์กับการทำงานของมอเตอร์และเซ็นเซอร์ได้อย่างถูกต้อง และนำมาวิเคราะห์หรือปรับปรุงการทำงานของหุ่นยนต์ได้

คำถาม	เกณฑ์คะแนน			
	0	1	2	3
ข้อที่ 10	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถจดจำรูปแบบการทำงานที่ผิดปกติได้ ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องได้ถูกต้อง	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบได้บางส่วน แต่ยังขาดความเชื่อมโยงที่ชัดเจนระหว่างการทำงานที่ผิดปกติกับปัญหาที่พบ	นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบการทำงานที่ผิดปกติของหุ่นยนต์ได้ เช่น การตอบสนองช้า การเลี้ยวผิดพลาด หรือการตรวจจับเซ็นเซอร์ผิดพลาด และสามารถเชื่อมโยงกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้
ข้อที่ 11	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถย่อความซับซ้อนได้ ทำให้โปรแกรมมีรายละเอียดที่ไม่จำเป็นมากเกินไป	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนได้บางส่วน แต่ยังคงมีรายละเอียดที่ไม่จำเป็นในโปรแกรม	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนของโปรแกรมได้ โดยละเว้นฟังก์ชันหรือรายละเอียดที่ไม่จำเป็น เพื่อให้มุ่งเน้นไปที่ฟังก์ชันหลักของหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ข้อที่ 12	ไม่เขียนตอบ	สามารถอธิบายได้บ้าง แต่ขาดตัวอย่าง หรือมีคำอธิบายที่ไม่สมบูรณ์	สามารถอธิบายการใช้การสรุปแบบแผนได้ดี แต่ยังขาดตัวอย่างการใช้ที่ชัดเจน	สามารถอธิบายการใช้การสรุปแบบแผนได้อย่างสมบูรณ์ และยกตัวอย่างที่เหมาะสม เช่น การใช้ผังงานหรือแผนภาพ
ข้อที่ 13	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถย่อความซับซ้อนได้ ทำให้การอธิบายการทำงานของหุ่นยนต์ยุ่งยากและไม่เข้าใจง่าย	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนได้บางส่วน แต่ยังมีบางจุดที่การอธิบายขาดความชัดเจนหรือมีรายละเอียดที่ซับซ้อนเกินไป	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนของการทำงานของหุ่นยนต์แต่ละส่วนได้ โดยอธิบายหน้าที่ของแต่ละส่วนอย่างเข้าใจง่าย พร้อมเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน
ข้อที่ 14	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถย่อความซับซ้อนได้ ทำให้โปรแกรมยุ่งยากในการแก้ไขและเติมไปด้วยคำสั่งที่ไม่เป็นระบบ	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนได้บางส่วน แต่ยังมีบางฟังก์ชันที่ไม่ถูกจัดกลุ่มอย่างเหมาะสม ทำให้โปรแกรมยังซับซ้อนเกินไป	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนของโปรแกรมได้ โดยการจัดกลุ่มฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกัน ทำให้การแก้ไขหรือปรับแต่งฟังก์ชันทำได้ง่ายและรวดเร็ว

คำถาม	เกณฑ์คะแนน			
	0	1	2	3
ข้อที่ 15	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถย่อความซับซ้อนได้ ทำให้ต้องทดสอบทุกกรณีเพื่อเข้าใจการทำงานของหุ่นยนต์ในสถานการณ์ที่ซับซ้อน	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนได้บางส่วน แต่ยังมีบางสถานการณ์ที่ไม่สามารถสรุปหรือทำนายได้อย่างชัดเจน	นักเรียนสามารถย่อความซับซ้อนของสถานการณ์โดยใช้การสรุปแบบแผนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถทำนายการทำงานของหุ่นยนต์ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนโดยไม่ต้องทดสอบทุกกรณี
ข้อที่ 16	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถสร้างขั้นตอนวิธีที่ชัดเจนได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไม่สอดคล้องกับเป้าหมายและมีข้อผิดพลาด	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีได้บางส่วน แต่ยังมีบางจุดที่ขั้นตอนวิธีไม่เป็นระบบหรือขาดความชัดเจนในการจัดการการทำงานของหุ่นยนต์	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยมีการจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสม เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ การตรวจจับสิ่งกีดขวาง และการติดตามเส้นทางอย่างถูกต้อง
ข้อที่ 17	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถสร้างขั้นตอนวิธีการตัดสินใจที่ชัดเจนได้ ทำให้การตัดสินใจมีข้อผิดพลาดและไม่เป็นระบบ	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีการตัดสินใจได้บางส่วน แต่ยังมีบางจุดที่ขาดความเป็นระบบหรือการจัดการเงื่อนไขไม่ถูกต้อง	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีการตัดสินใจที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยมีการจัดการกับเงื่อนไขในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม
ข้อที่ 18	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถสร้างขั้นตอนวิธีการเลี้ยวที่ชัดเจนได้ ทำให้การเลี้ยวของหุ่นยนต์ไม่แม่นยำและมีข้อผิดพลาด	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีได้บางส่วน แต่ยังมีบางจุดที่ขาดความเป็นระบบหรือการจัดการเงื่อนไขไม่ถูกต้อง	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีการเลี้ยวซ้ายและขวาที่มีระบบและมีประสิทธิภาพ โดยการจัดการกับเงื่อนไขและการทำงานของมอเตอร์อย่างเหมาะสม เช่น การปรับความเร็วและมุมการเลี้ยวอย่างแม่นยำ

คำถาม	เกณฑ์คะแนน			
	0	1	2	3
ข้อที่ 19	ไม่เขียนตอบ	สามารถอธิบายแนวทางการเคลื่อนที่ได้บ้าง แต่ยังขาดรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้มอเตอร์หรือเซ็นเซอร์	สามารถอธิบายขั้นตอนวิธีได้ดี แต่ยังขาดการวิเคราะห์ปัจจัยบางอย่าง เช่น การปรับค่าความเร็วของมอเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ	สามารถอธิบายขั้นตอนวิธีได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงการใช้เซ็นเซอร์และการปรับค่ามอเตอร์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ
ข้อที่ 20	ไม่เขียนตอบ	นักเรียนไม่สามารถสร้างขั้นตอนวิธีการทดสอบและปรับปรุงได้ ทำให้การแก้ปัญหาไม่เป็นระบบ และไม่มีประสิทธิภาพ	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีได้บางส่วน แต่ยังขาดความเป็นระบบในการจัดการกับปัญหาหรือการทดสอบซ้ำไม่สม่ำเสมอ	นักเรียนสามารถสร้างขั้นตอนวิธีการทดสอบและปรับปรุงที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยจัดการปัญหาแต่ละจุดอย่างเหมาะสมและสามารถทดสอบซ้ำได้อย่างเป็นระบบ



แบบประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Student Engagement Questionnaire)

ตอนที่ 1 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- 1 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยน้อยที่สุด
- 2 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยน้อย
- 3 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยปานกลาง
- 4 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยมาก
- 5 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยมากที่สุด

คำถามในการประเมิน	ระดับการมีส่วนร่วม				
	1	2	3	4	5
การมีส่วนร่วมด้านพฤติกรรม (Behavioral Engagement)					
1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานของกิจกรรมแบบคู่					
2. ผู้เรียนพยายามมีส่วนร่วมในการกำหนดงานและได้แบ่งปันในขณะทำกิจกรรม					
3. ผู้เรียนคิดว่าสภาพแวดล้อมไม่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้					
การมีส่วนร่วมด้านปัญญา (Cognitive Engagement)					
4. ผู้เรียนคิดว่ากิจกรรมหุ้มนยนต์สามารถพัฒนากระบวนการคิดและการทำงานของผู้เรียนได้					
5. เมื่อผู้เรียนไม่แน่ใจในบางสิ่ง มักจะปรึกษาเพื่อนในกลุ่ม					
6. เมื่อผู้เรียนมีปัญหาเกิดขึ้น จะพยายามหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง					
7. ผู้เรียนมักจะมีการวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมเสมอ					
การมีส่วนร่วมด้านอารมณ์ (Emotional Engagement)					
8. ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้กิจกรรมหุ้มนยนต์ในชีวิตประจำวันได้					
9. ผู้เรียนรู้สึกว่าการหุ้มนยนต์เป็นความท้าทายของตัวเอง					
10. ผู้เรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหุ้มนยนต์					
การมีส่วนร่วมด้านอารมณ์ (Emotional Engagement)					
11. ผู้เรียนคิดว่ากิจกรรมหุ้มนยนต์ไม่เพียงแต่ทำให้มีความรู้แต่ยังทำให้สนุกอีกด้วย					
รวมคะแนน					
รวมคะแนนทั้งหมด					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

หมายเหตุ การแปลผลการมีส่วนร่วม

1.00-1.49	หมายถึง	ผู้เรียนเห็นด้วยน้อยที่สุด
1.50-2.49	หมายถึง	ผู้เรียนเห็นด้วยน้อย
2.50-3.49	หมายถึง	ผู้เรียนเห็นด้วยปานกลาง
3.50-4.49	หมายถึง	ผู้เรียนเห็นด้วยมาก
4.50-5.00	หมายถึง	ผู้เรียนเห็นด้วยมากที่สุด



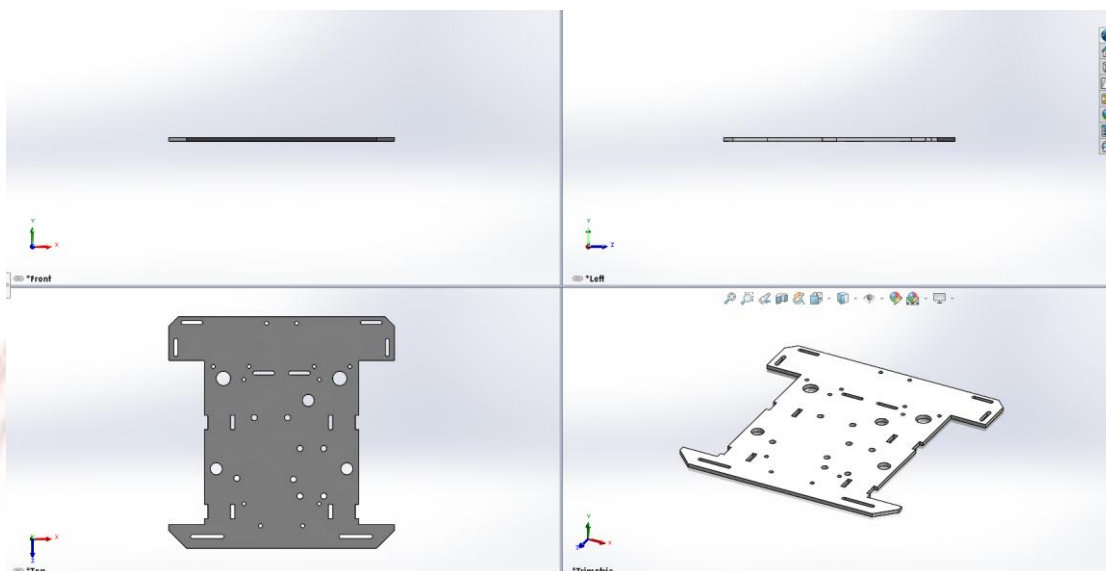
The seal of the Ministry of Education and Higher Education of Thailand is a circular emblem. It features a central five-tiered umbrella (parasol) with a flame-like finial, flanked by two lotus flowers. Above the parasol is a sunburst. The entire emblem is encircled by a border containing the text 'กระทรวงศึกษาธิการ' (Ministry of Education) at the top and 'เพื่อพระปณิธาน' (for the royal determination) at the bottom.

ภาคผนวก ข

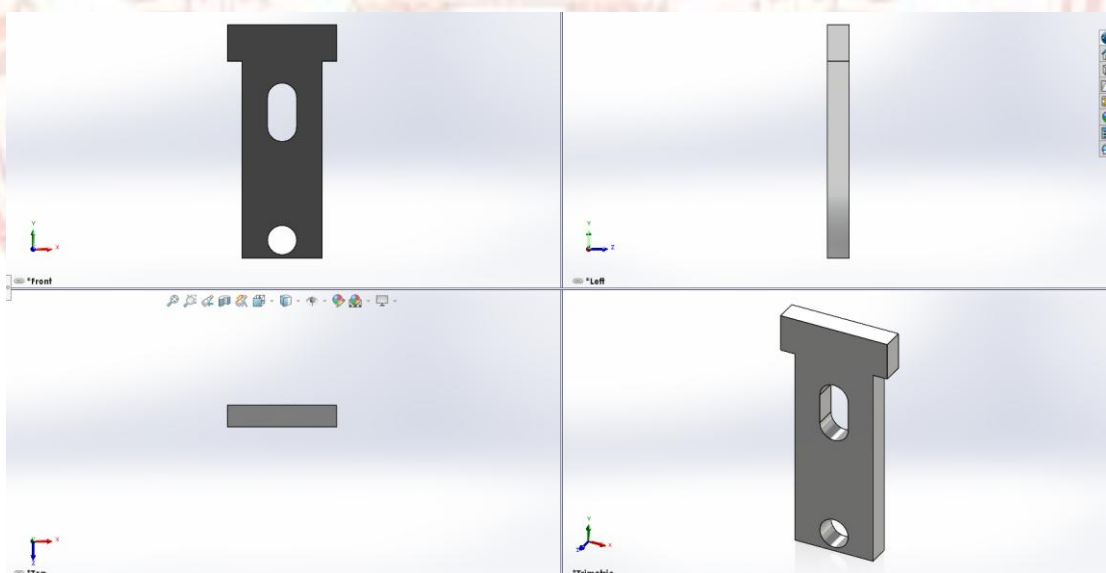
- การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์
- การเลือกวงจรควบคุมและสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
- การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์
- การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของวงจรควบคุมหุ่นยนต์
- การออกแบบสนามแข่งขัน

การออกแบบและการสร้างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์

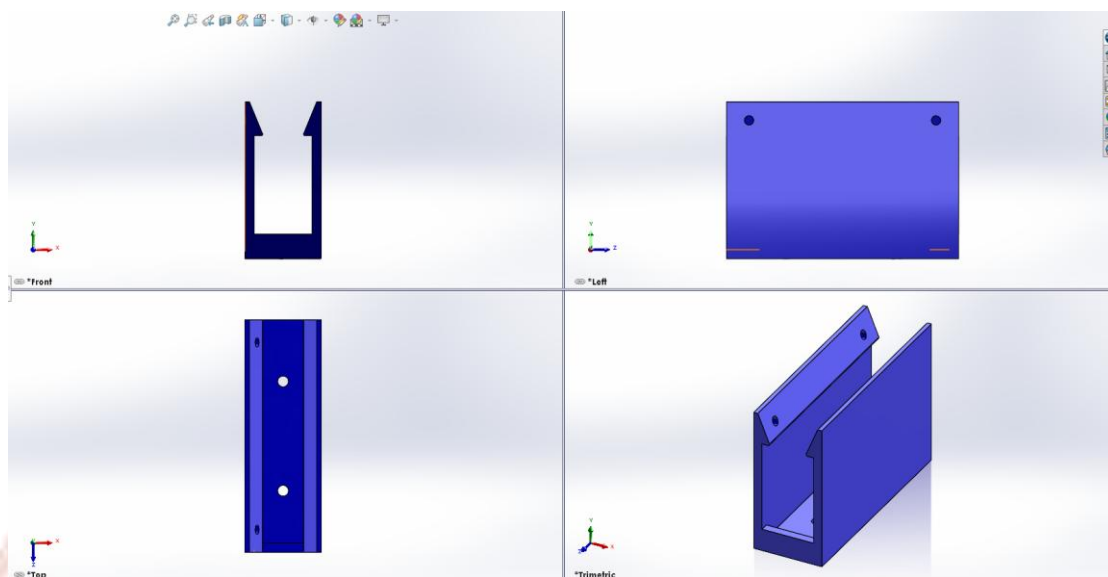
ออกแบบภาพ 3 มิติของหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก



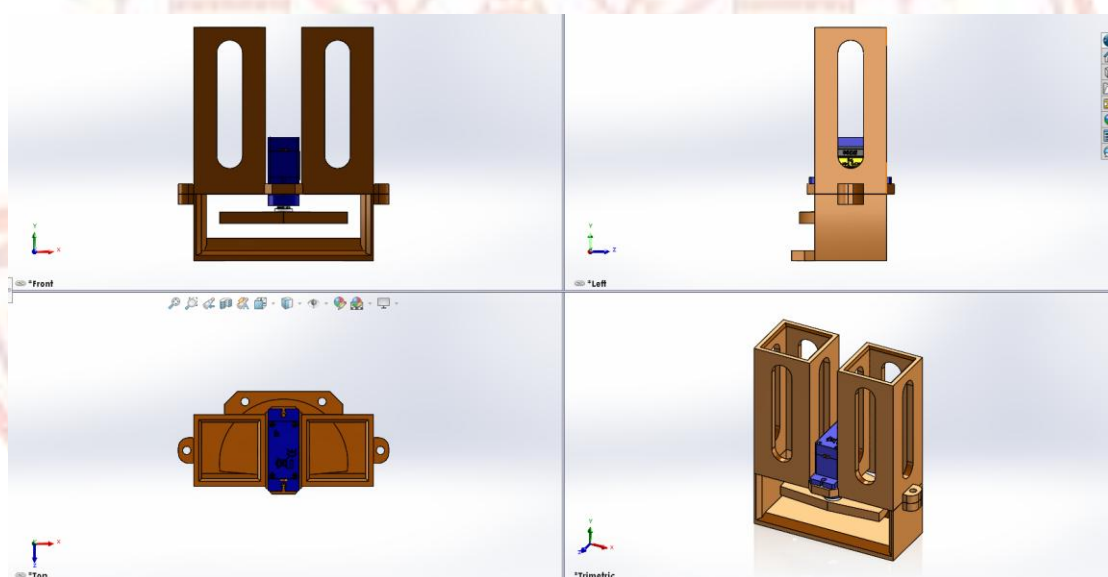
ภาพที่ ข-1 ออกแบบตัวฐานหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก



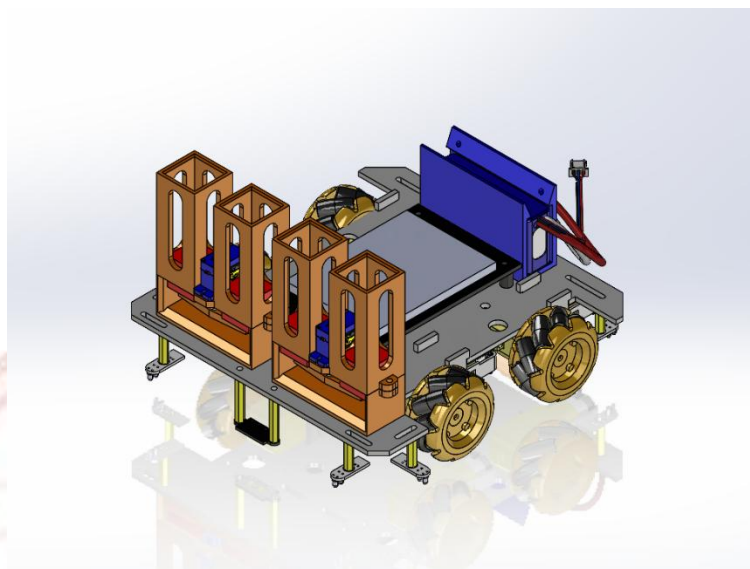
ภาพที่ ข-2 ออกแบบตัวล็อกมอเตอร์หุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก



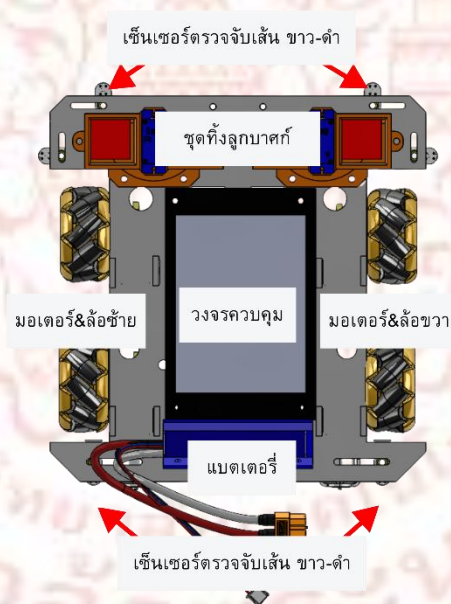
ภาพที่ ข-3 ออกแบบตัวล็อกแบตเตอรี่หุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก



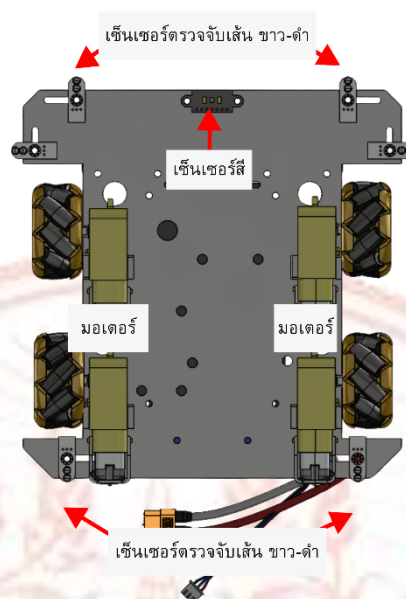
ภาพที่ ข-4 ออกแบบชุดถังลูกบาศก์หุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ก



ภาพที่ ข-5 ต้นแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่เสร็จสมบูรณ์

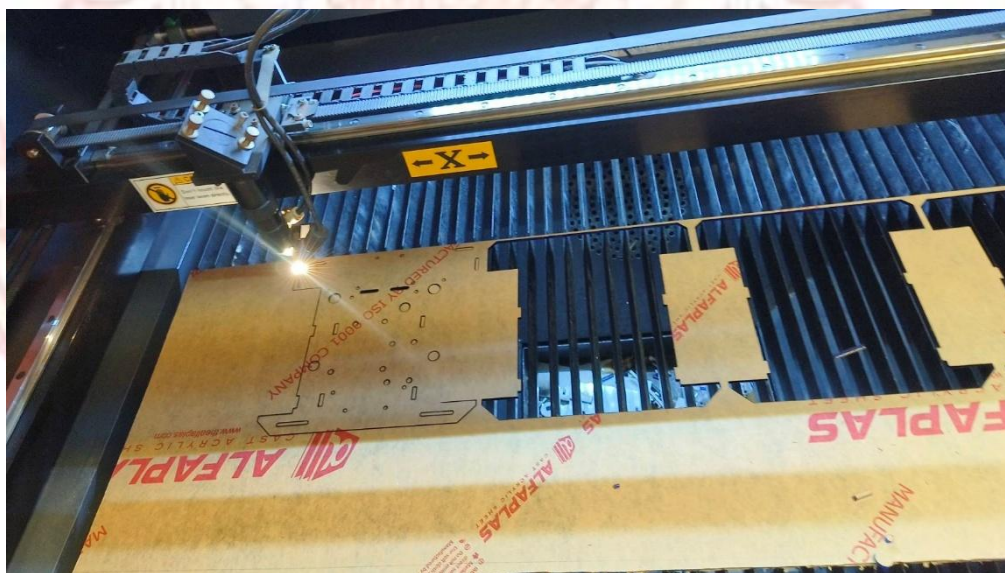


ภาพที่ ข-6 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ (มุมมองด้านบน)



ภาพที่ ข-7 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ (มุมมองด้านล่าง)

นำแบบ 3 มิติที่ได้จากการออกแบบนำสู่กระบวนการผลิตเป็นชิ้นส่วนจริง



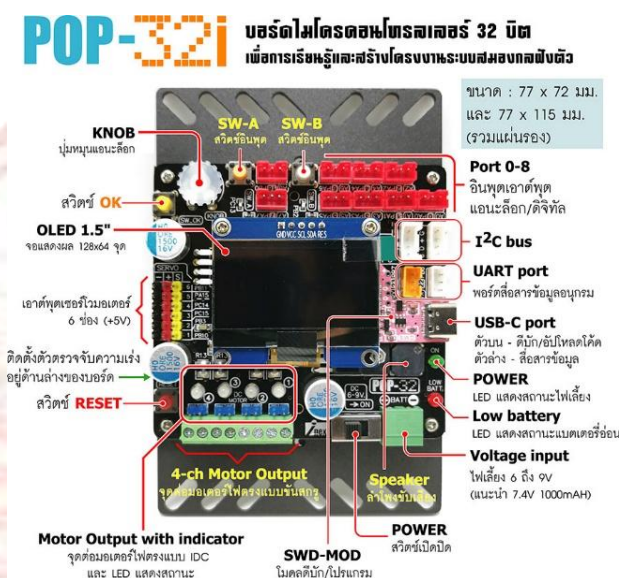
ภาพที่ ข-8 การใช้เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) ขึ้นรูปชิ้นงาน



ภาพที่ ข-9 การใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) ขึ้นรูปชิ้นงาน

การเลือกวงจรควบคุมและการสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

การเลือกวงจรควบคุม



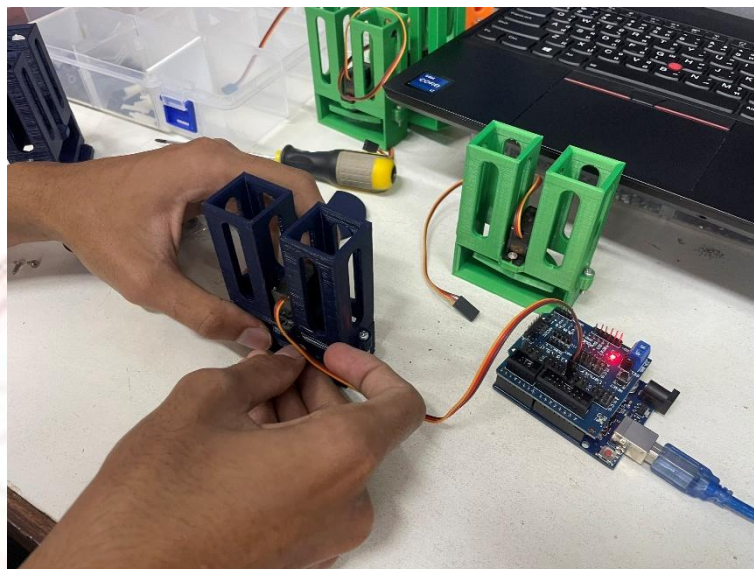
ภาพที่ ข-10 การเลือกวงจรควบคุม

การสร้างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

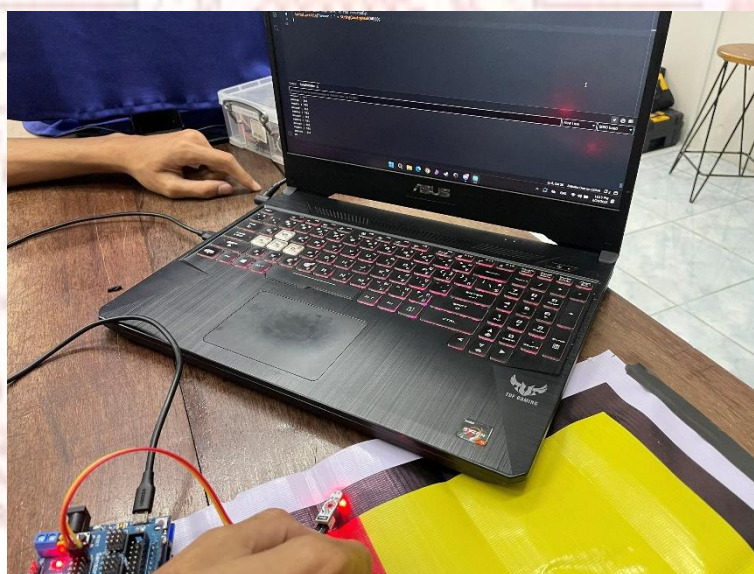


ภาพที่ ข-11 ภาพการทำสายเชื่อมต่อมอเตอร์กับบอร์ดคอนโทรลเลอร์

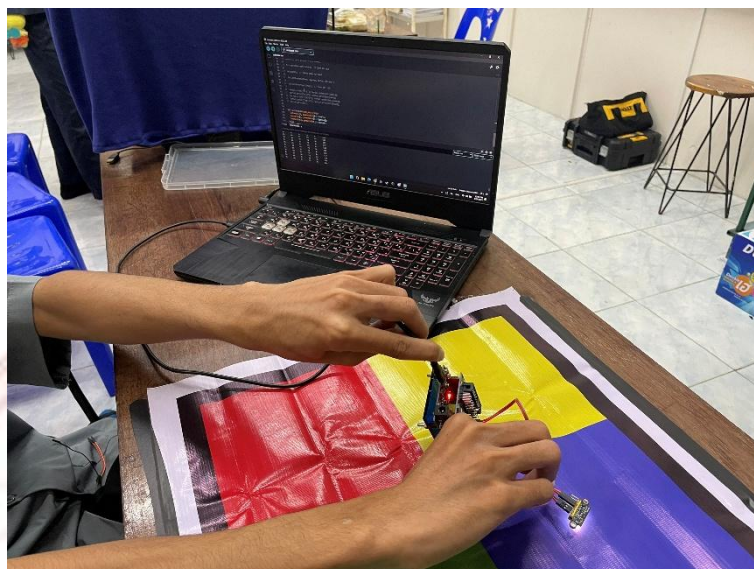
การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์



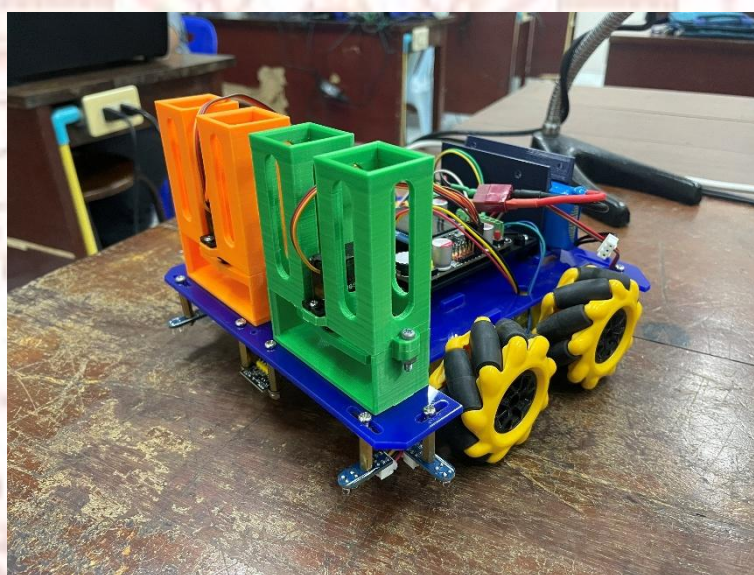
ภาพที่ ข-12 ภาพการทดสอบเซอร์โวมอเตอร์กับชุดทิ้งลูกบาศก์



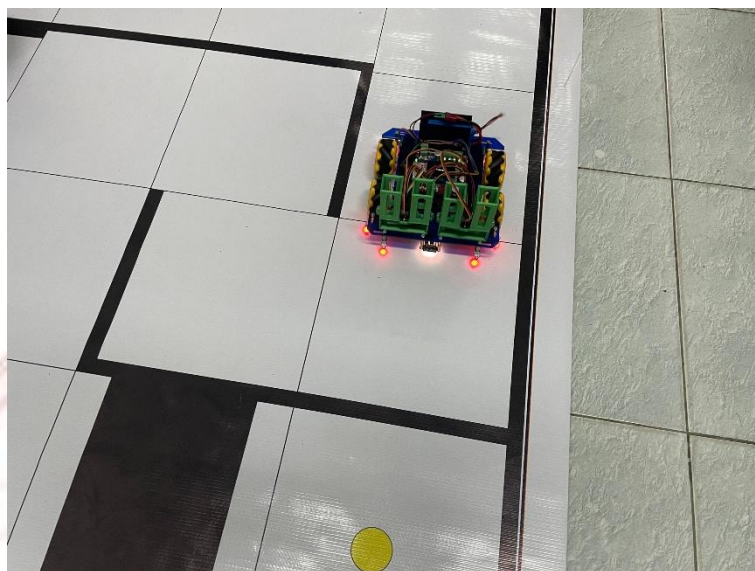
ภาพที่ ข-13 ภาพการทดสอบเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ



ภาพที่ ข-14 ภาพการทดสอบเซนเซอร์อ่านค่าสี



ภาพที่ ข-15 ภาพการประกอบหุ่นต์เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ ข-16 ภาพการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของการควบคุมหุ่นยนต์

1. แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ ใช้เป็นการกำหนดความเร็วตามฟังก์ชันของบอร์ดคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ ข-17

```

//----- Movement -----//
void Walk_front() { // เดินตรงจนกว่าจะเจอเส้นดำ
  oled.clear();
  while (1) {
    IRSensor(false);
    RGBSensor(false);
    if (Sensor_FL <= 1200 && Sensor_FR <= 1200) {
      AO();
      delay(100);
      BK(50);
      delay(225);
      AO();
      break;
    } else {
      FD(40);
    }
  }
}

void Walk_back() { // คอยหลังจนกว่าจะเจอเส้นดำ
  oled.clear();
  while (1) {
    IRSensor(false);
    RGBSensor(false);
    if (Sensor_BL <= 1000 && Sensor_BR <= 1000) {
      AO();
      delay(100);
      FD(50);
      delay(225);
      AO();
      break;
    } else {
      BK(40);
    }
  }
}

void TurnLeft() { // หมุนซ้าย 90 องศา
  SR(50);
  delay(780);
  AO();
  delay(100);
}

void TurnRight() { // หมุนขวา 90 องศา
  SL(50);
  delay(780);
  AO();
  delay(100);
}

void checkBack() { // คอยหลังเช็คเส้นดำ ทำให้อินเซนเซอร์หน้าตรง
  BK(22);
  checkBack_left = false;
  checkBack_right = false;
  delay(50);
  while (1) {
    IRSensor(false);
    if (Sensor_BL <= 1000) {
      motor(1, 0);
      motor(2, 0);
      checkBack_right = true;
    }
    if (Sensor_BR <= 1000) {
      motor(3, 0);
      motor(4, 0);
      checkBack_left = true;
    }
    if (checkBack_left && checkBack_right) {
      AO();
      delay(250);
      break;
    }
  }
}

```

ภาพที่ ข-17 ภาพการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

2. แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรมรับค่าเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ เป็นการรับค่าแอนาล็อกเข้ามาเก็บไว้ในตัวแปร ดังภาพที่ ข-18

```

void IRSensor(bool show) { // รับค่า IR เซ็นเซอร์ | (Boolean) true = โหลดค่าบนจอ OLED / false = ไม่โหลดค่าบนจอ OLED
  Sensor_FL = analog(1);
  Sensor_FR = analog(2);
  Sensor_ML = analog(3);
  Sensor_MR = analog(4);
  Sensor_BL = analog(5);
  Sensor_BR = analog(6);
  if (show) {
    oled.text(2, 1, " FL=%d / ", analog(1)); //FL
    oled.text(2, 11, " FR=%d ", analog(2)); //FR
    oled.text(4, 1, " ML=%d / ", analog(3)); //ML
    oled.text(4, 11, " MR=%d ", analog(4)); //MR
    oled.text(6, 1, " BL=%d / ", analog(5)); //BL
    oled.text(6, 11, " BR=%d ", analog(6)); //BR
    oled.show();
  }
}

void RGBSensor(bool show) { // รับค่า RGB เซ็นเซอร์ | (Boolean) true = โหลดค่าบนจอ OLED / false = ไม่โหลดค่าบนจอ OLED
  uint16_t clear, red, green, blue;
  tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);
  if (show) {
    oled.text(2, 1, " r=%d ", red);
    oled.text(4, 1, " g=%d ", green);
    oled.text(6, 1, " b=%d ", blue);
    oled.show();
  }
}

```

ภาพที่ ข-18 ภาพการเขียนโปรแกรมรับค่าเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ

3. แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรมรับค่าเซนเซอร์อ่านค่าสี และควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เป็นการอ่านค่าสี RGB มาเปรียบเทียบเพื่อสั่งเซอร์โวให้ทำงานตามสีที่กำหนด ดังภาพที่ ข-19

```
void RGBSensor(bool show) { // รับค่า RGB เซนเซอร์ | (Boolean) true
  uint16_t clear, red, green, blue;
  tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);
  if (show) {
    oled.text(2, 1, " r=%d ", red);
    oled.text(4, 1, " g=%d ", green);
    oled.text(6, 1, " b=%d ", blue);
    oled.show();
  }
}

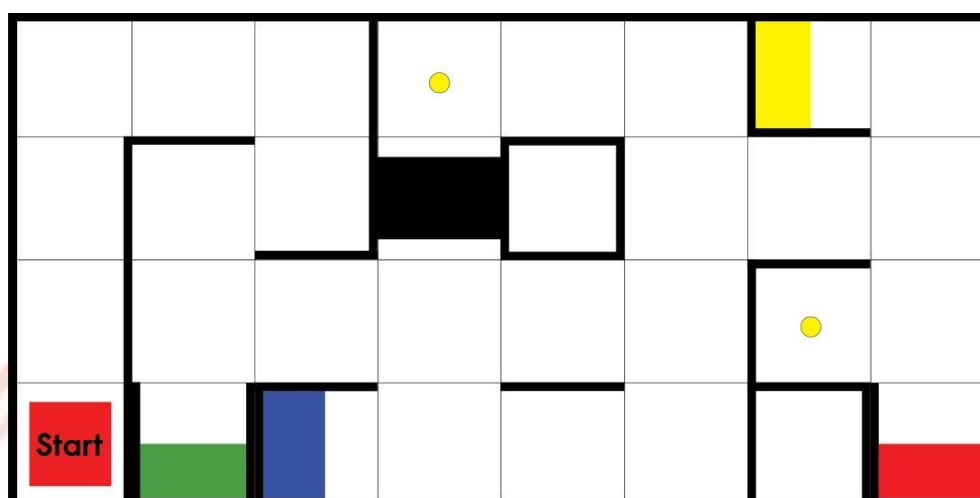
//----- RGB -----//
void green_area() { // เดินหน้าจนกว่าจะเจอโซน สีเขียว
  oled.clear();
  while (1) {
    IRSensor(false);
    RGBSensor(false);
    uint16_t clear, red, green, blue;
    tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);
    if (red >= 10 && green >= 10 && blue >= 10) {
      FD(50);
    } else {
      AO();
      delay(250);
      servo(5, 0);
      delay(1000);
      servo(5, 90);
      delay(500);
      break;
    }
  }
}

void blue_area() { // เดินหน้าจนกว่าจะเจอโซน สีน้ำเงิน
  oled.clear();
  while (1) {
    IRSensor(false);
    RGBSensor(true);
    uint16_t clear, red, green, blue;
    tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);
    if (red >= 10 && green >= 10 && blue >= 10) {
      FD(50);
    } else {
      AO();
      delay(250);
      servo(5, 180);
      delay(1000);
      servo(5, 90);
      delay(500);
      break;
    }
  }
}

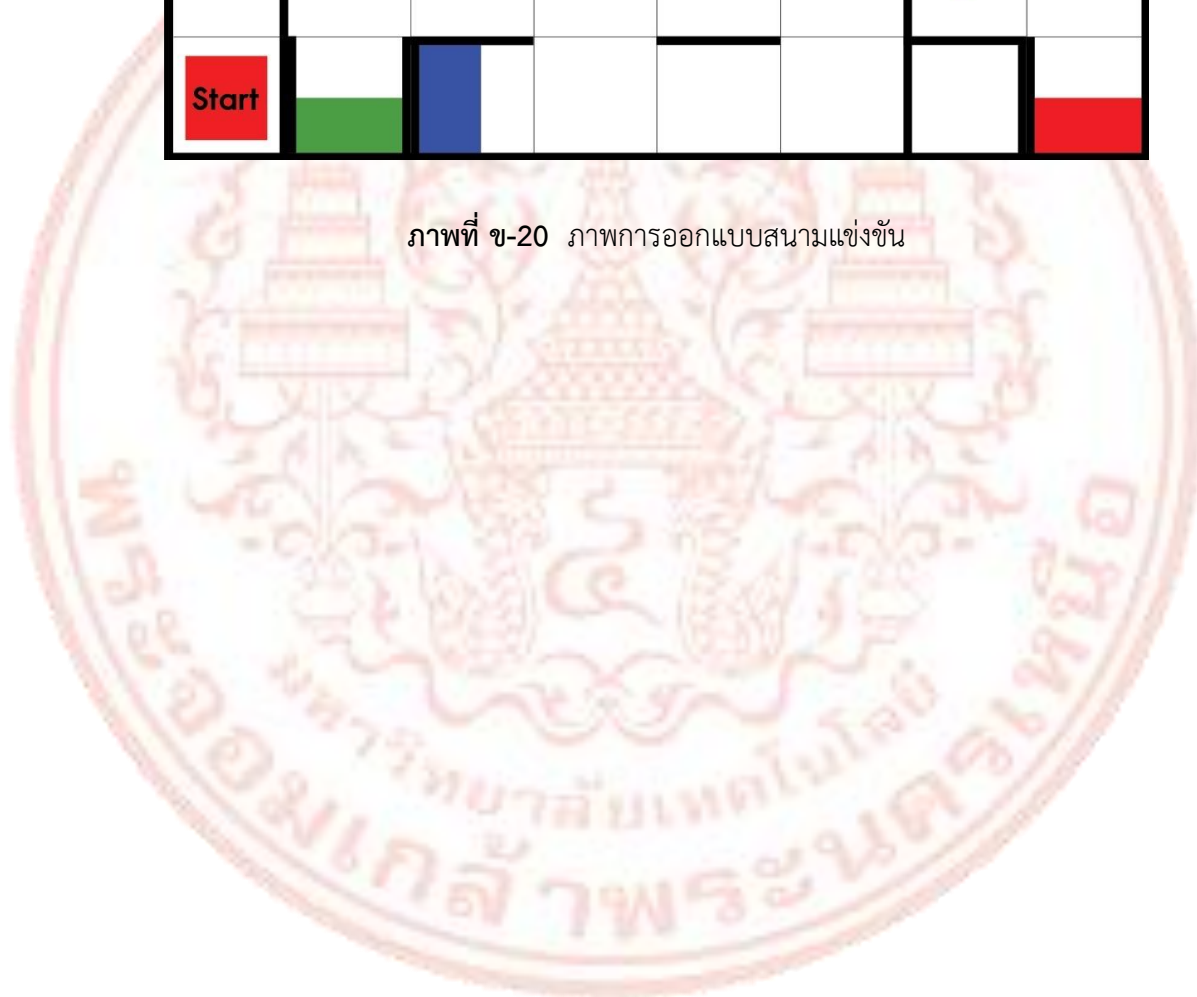
void red_area() { // เดินหน้าจนกว่าจะเจอโซน สีแดง
  oled.clear();
  while (1) {
    IRSensor(false);
    RGBSensor(true);
    uint16_t clear, red, green, blue;
    tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);
    if (red >= 11 && green >= 6 && blue >= 6) {
      FD(50);
    } else {
      AO();
      delay(250);
      servo(6, 0);
      delay(1000);
      servo(6, 90);
      delay(500);
    }
  }
}
```

ภาพที่ ข-19 ภาพการเขียนโปรแกรมรับค่าเซนเซอร์อ่านค่าสี และควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

การออกแบบสนามแข่งขัน



ภาพที่ ข-20 ภาพการออกแบบสนามแข่งขัน



ภาคผนวก ค

- ตาราง Test Blueprint
- ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
- ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง Test Blueprint

ตารางที่ ค-1 แสดงตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ Test Blueprint

รหัสวิชา 20127-2106 ชื่อวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น							
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรมการวัด						รวมข้อ
	รู้	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	
1. เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่							
1.1 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	1						1
1.2 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	1						1
1.3 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ	2						2
1.4 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี	1						1
2. ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่							
2.1 ปฏิบัติงานประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐาน	1						1
2.2 ปฏิบัติงานประกอบเซอร์โวเข้ากับชุดตั้งลูกบาศก์	1						1
2.3 ปฏิบัติงานประกอบวงจรควบคุมเข้ากับตัวฐาน	1						1
2.4 ปฏิบัติงานประกอบเซ็นเซอร์เข้ากับตัวฐาน	1						1
2.5 ปฏิบัติงานเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับวงจรควบคุม	1						1
3. ทดสอบ และควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่							
3.1 ทดสอบการควบคุมมอเตอร์		1					1
3.2 ทดสอบการควบคุมเซอร์โว		1					1
3.3 ทดสอบการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ		1					1
3.4 ทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์สี		1					1
4. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ							
4.1 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ			4	2			5
รวม	10	4	4	2			20
อันดับ	1	2	2	3			

ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

หัวข้อ	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	การแปลผล
			1	2	3	4	5		
1. เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่	1.1	1	+1	0	+1	0	+1	0.6	ใช้ได้
	1.2	2	+1	+1	0	0	+1	0.6	ใช้ได้
	1.3	3	+1	0	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
		4	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
	1.4	5	0	0	+1	+1	+1	0.6	ใช้ได้
2. ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่	2.1	6	+1	0	+1	0	+1	0.6	ใช้ได้
	2.2	7	0	0	+1	+1	+1	0.6	ใช้ได้
	2.3	8	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
	2.4	9	0	+1	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
	2.5	10	+1	+1	0	0	+1	0.6	ใช้ได้
3. ทดสอบและควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่	3.1	11	0	0	+1	+1	+1	0.6	ใช้ได้
	3.2	12	+1	+1	0	+1	0	0.6	ใช้ได้
	3.3	13	0	+1	0	+1	+1	0.6	ใช้ได้
	3.4	14	+1	+1	0	0	+1	0.6	ใช้ได้
4. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ	4.1	15	+1	+1	+1	+1	0	0.8	ใช้ได้
		16	0	0	+1	+1	+1	0.6	ใช้ได้
		17	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		18	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		19	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		20	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้

จากตารางที่ ค-2 ข้อสอบที่ผู้วิจัยออกยัดจากเนื้อหา 4 กิจกรรม มีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรวมทั้งหมด 14 จุดประสงค์ รวมข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ ผู้วิจัยนำเสนอผู้เชี่ยวชาญประเมิน 5 ท่านพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่าระดับ 0.60 ขึ้นไปทุกข้อ สามารถนำไปใช้ในการวัดความรู้ได้

ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ
คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 KR-20)

ตารางที่ ค-3 ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ
คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 KR-20)

ข้อที่	ตัวแปร		
	p	q	S_t^2
1	0.75	0.25	10.90
2	0.66	0.33	
3	0.66	0.33	
4	0.75	0.25	
5	0.91	0.08	
6	0.91	0.08	
7	0.58	0.41	
8	0.50	0.50	
9	0.75	0.25	
10	0.75	0.25	
11	0.75	0.25	
12	0.75	0.25	
13	0.75	0.25	
14	0.75	0.25	
15	0.66	0.33	
16	0.83	0.166	
17	0.83	0.166	
18	0.83	0.166	
19	0.75	0.25	
20	0.75	0.25	
ความเชื่อมั่น			
$KR_{20} = \left(\frac{K}{K-1} \right) \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] = \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{3.60}{10.90} \right] = 0.705$			

จากตารางที่ ค-3 พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ที่ 0.705 ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับได้จะมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ เรื่อง การหาคุณภาพของแบบทดสอบ) แสดงว่าแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อนี้อยู่ในเกณฑ์ที่สูง เป็นแบบทดสอบที่สามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการวิจัยได้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ ค-4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

กิจกรรมที่ 1 เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่		
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
1.1 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	รู้จำ	1. ข้อใดเป็นคำสั่งที่ใช้ควบคุมมอเตอร์เดินหน้า ก. FD(50); ข. AO(); ค. BK(40); ง. SR(50);
1.2 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	รู้จำ	2. หากต้องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้หมุนไปที่ตำแหน่ง 90 องศาควรใช้คำสั่งใด ก. servo(5, 90); ข. servo(6, 0); ค. servo(5, 45); ง. servo(6, 180);
1.3 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสี ขาว-ดำ	รู้จำ	3. เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ ทำงานโดยใช้หลักการใด ก. วัดอุณหภูมิของพื้นผิว ข. วัดค่าความเข้มของแสงสะท้อนจากพื้นผิว ค. ตรวจจับสนามแม่เหล็กที่พื้น ง. วัดระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับพื้น
	รู้จำ	4. คำสั่งใดใช้ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น ก. SR(50); ข. servo.read(); ค. Sensor_FL = analog(1); ง. motor.read();
1.4 ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี	รู้จำ	5. คำสั่งใดใช้ในการอ่านค่าสี RGB ก. PWM ข. servo.write(180); ค. digitalRead(sensorPin); ง. tcs.getRawData(&red, &green, &blue, &clear);
กิจกรรมที่ 2 ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่		
2.1 ปฏิบัติงานประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐาน	รู้จำ	6. ในการประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐานของหุ่นยนต์ ควรใช้เครื่องมือชนิดใด ก. ไขควงและนอตยึด ข. คีมตัดสายไฟ ค. หัวแร้งบัดกรี ง. เทปพันสายไฟ

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
	นำไปใช้	18. หากต้องการปรับมุมของเซอร์โวมอเตอร์ให้เปลี่ยนจาก 90 องศาเป็น 45 องศาควรใช้คำสั่งใด ก. servo(5, 45); ข. servo(45, 6); ค. servo.move(45); ง. analogWrite(servoPin, 45);
	วิเคราะห์	19. พบพื้นที่ที่มีสีน้ำเงิน โดยใช้เซ็นเซอร์สี(TCS34725 RGB) จะได้ค่าใดในโปรแกรม ก. blue >= 10 ข. red >= 11 && green >= 6 && blue >= 6 ค. red >= 10 && green >= 10 && blue >= 10 ง. red >= 10
	วิเคราะห์	20. พบพื้นที่ที่มีสีเหลือง โดยใช้เซ็นเซอร์สี (TCS34725 RGB) จะได้ค่าใดในโปรแกรม ก. blue >= 10 ข. red >= 11 && green >= 6 && blue >= 6 ค. red >= 10 && green >= 10 && blue >= 10 ง. red >= 10

ภาคผนวก ง

- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม
- เอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน
- ภาพกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ง-1 การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ด้านเนื้อหา								
1. ความสอดคล้องของชุดกิจกรรมกับวัตถุประสงค์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. การจัดลำดับความสำคัญของชุดกิจกรรม	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
รวม						4.50	0.53	มาก
ด้านการใช้งาน								
3. ชุดกิจกรรมเข้าใจง่ายและสร้างแรงจูงใจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5. ชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจ	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7. ง่ายต่อการบำรุงรักษา	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม						4.72	0.46	มากที่สุด
ด้านคุณลักษณะของสื่อ								
8. ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
9. ความชัดเจนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเห็น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
10. ชุดกิจกรรมมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
11. ความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับระดับของผู้เรียน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
12. ชุดกิจกรรมมีความคงทนแข็งแรงทนทาน และปลอดภัย	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
รวม						4.68	0.48	มากที่สุด

การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ง-2 การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ด้านเนื้อหา								
1. เนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนครบถ้วน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
4. การลำดับขั้นตอนในการนำเสนอมีความเหมาะสม	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
5. ปริมาณของเนื้อหา	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
รวม						4.56	0.51	มากที่สุด
ด้านรูปภาพ ตัวอักษร สี และภาษา								
6. รูปภาพในเอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสม	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
7. รูปภาพในเอกสารประกอบการสอนมีขนาดเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
8. รูปภาพเอกสารประกอบการสอนน่าสนใจ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
9. ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
10. รูปเล่มเอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสม	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
รวม						4.64	0.49	มากที่สุด

**การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
และกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้**

ตารางที่ ง-3 การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. กิจกรรมที่ 1 : เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, บอร์ดคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์, เซอร์โวมอเตอร์, เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ, เซ็นเซอร์อ่านค่าสี, คอมพิวเตอร์ เรื่อง : 1. การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ 2. การเขียนโปรแกรมควบคุมตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์ 3. การเขียนโปรแกรมอ่านค่าเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสี ขาว-ดำ 4. การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี	4	5	4	4	5	4.4	0.55	มาก
2. กิจกรรมที่ 2 : ประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, บอร์ดคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์, เซอร์โวมอเตอร์, เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ, เซ็นเซอร์อ่านค่าสี, ล้อ, แบตเตอรี่, สายไฟ เรื่อง : 1. การประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวฐาน 2. การประกอบเซอร์โวเข้ากับชุดหิ้งลูกบาศก์ 3. การประกอบวงจรควบคุมเข้ากับตัวฐาน 4. การประกอบเซ็นเซอร์เข้ากับตัวฐาน 5. การเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับวงจรควบคุม	4	4	5	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ง-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
3. กิจกรรมที่ 3 : การทดสอบ และควบคุม หุ่นยนต์เคลื่อนที่ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, หุ่นยนต์เคลื่อนที่, คอมพิวเตอร์ เรื่อง : 1. ทดสอบการควบคุมมอเตอร์ 2. ทดสอบการควบคุมเซอร์โว 3. ทดสอบการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับ เส้นสี ขาว-ดำ 4. ทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์สี	5	4	4	5	5	4.6	0.55	มากที่สุด
4. กิจกรรมที่ 4 : เขียนโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์ตามภารกิจ สื่อที่ใช้ : พาวเวอร์พอยต์, หุ่นยนต์เคลื่อนที่, คอมพิวเตอร์, สนามหุ่นยนต์ เรื่อง : ปฏิบัติงานเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตาม ภารกิจ	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
รวม						4.64	0.49	มากที่สุด

การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม

ตารางที่ ง-4 การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	4	4	5	4.40	0.55	มาก
2. ความเหมาะสมของกระบวนการดำเนินการ	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. รูปแบบการจัดกิจกรรมมีความทันสมัยเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน	5	4	4	4	5	4.40	0.55	มาก
รวม						4.53	0.51	มากที่สุด

ภาพที่ 1-1 ส่วนประกอบของบอร์ด POP-32i

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง	
บทที่ 1 คุณสมบัติของบอร์ด POP-32i	ใบเนื้อหา
	หน้าที่ 2
- จุดต่อพอร์ตแบบ JST 3 ขา จำนวน 11 จุด สำหรับต่ออุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์ต่อพ่วง - มี LED แสดงสถานะไฟเลี้ยง, แจ้งเตือนแบตเตอรี่อ่อน และสถานะการเชื่อมต่อพอร์ต USB - มี สวิตช์ RESET - มีจุดต่อพอร์ต USB 2 จุด • จุดที่ 1 (ตัวบน): SWD ใช้สำหรับอัปเดตโปรแกรมผ่าน Serial Debug Wire (SWD) • จุดที่ 2 (ตัวล่าง): COM ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ - มีจุดต่อไฟเลี้ยงผ่านทางจุดต่อสายแบบขันสกรู รับไฟเลี้ยง 6 ถึง 9V และมี สวิตช์เปิด-ปิด - รองรับ แบตเตอรี่ลิเทียมโพลีเมอร์สูงสุด 2 เซล (7.4V สูงสุดไม่เกิน 8.4V) - มีวงจรควบคุมไฟเลี้ยง 3.3V สำหรับจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์, จอแสดงผล OLED, และจุดต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุตหลัก - จุดต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ดิจิตอลหรืออะนาล็อก 9 ช่อง (A0 ถึง A8 ตรงกับขา PA0 ถึง PA7 และ PB0) รองรับการทำงานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากภายนอก - จุดต่อพอร์ต ดิจิตอลรองรับระบบบัส I2C 2 ชุด (SDA และ SCL) ใช้คอนเน็กเตอร์แบบ PH4 จัดขาแบบ GROVE - มีจุดต่อพอร์ต UART (PB7 - RxD และ PB6 - TxD) - มีวงจรขับ มอเตอร์ไฟตรง 4 ช่อง พร้อม LED แสดงสถานะการทำงาน • จุดต่อแบบ IDC 2 ขา และแบบ เทอร์มินอลบล็อก 2 ขาต่อช่อง • รองรับ มอเตอร์ไฟตรง 3 ถึง 9V • ขับกระแสไฟฟ้าได้ ต่อเนื่อง 1.5A ต่อช่อง สูงสุดไม่เกิน 2A • มีวงจรจำกัดกระแสไฟฟ้าเกิน - มีจุดต่อขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับขับ เซอร์โวมอเตอร์ 6 ช่อง ได้แก่: • SERVO1 (PB10) • SERVO2 (PB3) • SERVO3 (PC15) • SERVO4 (PC14) • SERVO5 (PA15) • SERVO6 (PB11) - มี ลำโพง piezo สำหรับขับเสียง (ต่อกับขาพอร์ต PB5) - มี จอแสดงผล OLED 1.5 นิ้ว ความละเอียด 128 x 64 จุด แสดงภาพกราฟิก ลายเส้น และพื้นสี • แสดงผลเป็นตัวอักษรขนาดปกติ (5 x 7 จุด) ได้ 21 ตัวอักษร 8 บรรทัด • ติดต่อผ่านบัส I2C	

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง	
บทที่ 1 คุณสมบัติของบอร์ด POP-32i	ใบเนื้อหา
	หน้าที่ 3
- มี สวิตช์กดติดปล่อยดับ พร้อมใช้งาน 3 จุด 1. สวิตช์ OK (ปุ่มสีเหลือง) ต่อร่วมกับ ตัวต้านทานปรับค่าได้ (KNOB) เชื่อมต่อไปยัง PB1 ทำให้สามารถอ่านค่าสัญญาณ ดิจิทัลและแอนะล็อก ได้จากพอร์ตเดียวกัน 2. สวิตช์ A (ปุ่มสีส้ม) ต่อกับขาพอร์ต PC13 และมี LED สีฟ้า แสดงสถานะลอจิก 3. สวิตช์ B (ปุ่มสีขาว) ต่อกับขาพอร์ต PB2 และมี LED สีเขียว แสดงสถานะลอจิก - มีวงจร ตัวต้านทานปรับค่าได้ (KNOB) พร้อมปุ่มปรับ สำหรับใช้ทดสอบวงจรแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) • ต่อกับขาพอร์ต PB1 และใช้งานร่วมกับสวิตช์ OK	

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 1

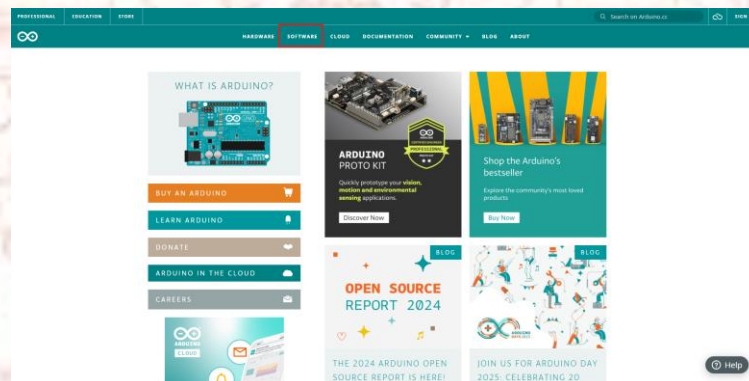
การพัฒนาโปรแกรมให้กับบอร์ด POP-32i ในที่นี้ใช้ ภาษา C/C++ โดยใช้แพลตฟอร์มระบบเปิดที่ชื่อ Arduino ซอฟต์แวร์หลักคือ Arduino IDE ที่จัดการทั้งกระบวนการจบด้วยโปรแกรมเพียงตัวเดียว ตั้งแต่มีส่วนของการสร้างโค้ดภาษา C/C++ มีไลบรารีมาตรฐาน ตัวแปลภาษา C/C++ หรือคอมไพเลอร์ ลิงเกอร์ และส่วนของการอัปโหลดโค้ดที่เขียนลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในบทนี้เสนอขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino ไปจนถึงการทดสอบใช้งานเบื้องต้น

2.1 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE บนระบบปฏิบัติการ Windows

2.1.1 การติดตั้ง Arduino IDE และไดรเวอร์ USB

มีขั้นตอนดังนี้

1. เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากนั้นเปิดเว็บเบราว์เซอร์ไปยังเว็บไซต์ Arduino ที่ <https://www.arduino.cc> จากนั้นคลิกที่หัวข้อ SOFTWARE ตามภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 หน้าเว็บของ Arduino

Downloads



ภาพที่ 2-2 แสดงการเลือกดาวน์โหลดไฟล์ติดตั้งซอฟต์แวร์

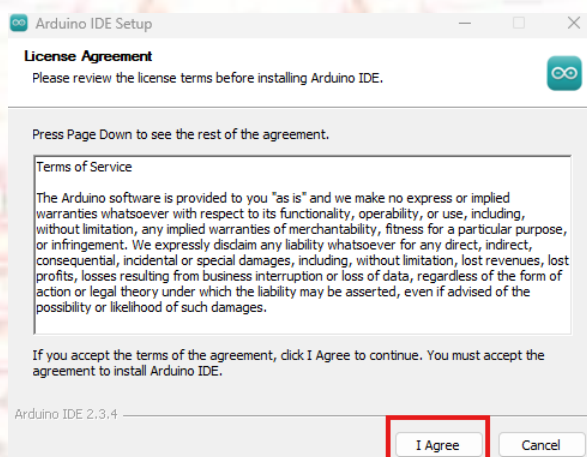
แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

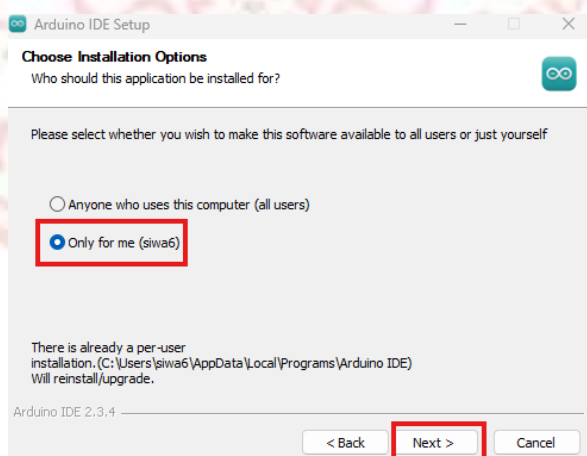
หน้าที่ 2

2. ไปที่หัวข้อ Download Option ไปที่ Windows Win10 and newer, 64 bits ตามภาพที่ 2-2
3. จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างเลือกดาวน์โหลดหรือเลือกสนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมทำการคลิกที่ปุ่ม Just Download เพื่อดาวน์โหลดไฟล์ติดตั้ง
4. ทำการดับเบิลคลิกที่ไฟล์ติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE จะปรากฏหน้าต่างสำหรับเริ่มต้นการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ตามภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 แสดงหน้าต่างแจ้งยอมรับลิขสิทธิ์ก่อนเริ่มต้นการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

5. จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างเลือกส่วนประกอบของโปรแกรมที่ต้องการติดตั้งแสดงขึ้นมากด Next ไปจนติดตั้งเสร็จตามภาพที่ 2-4, 2-5, 2-6, 2-7



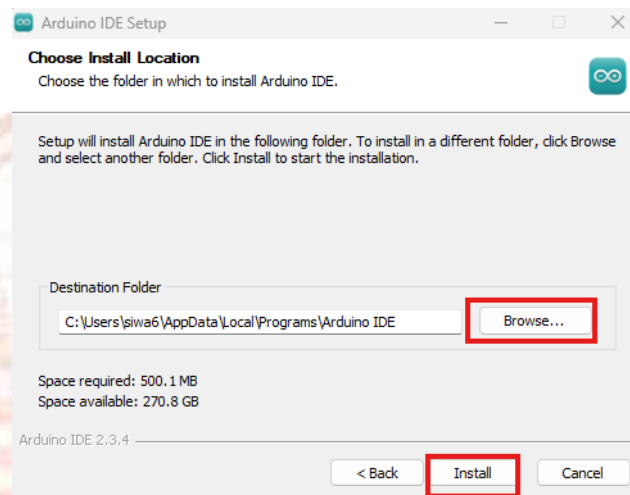
ภาพที่ 2-4 หน้าต่างเลือกส่วนประกอบ

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

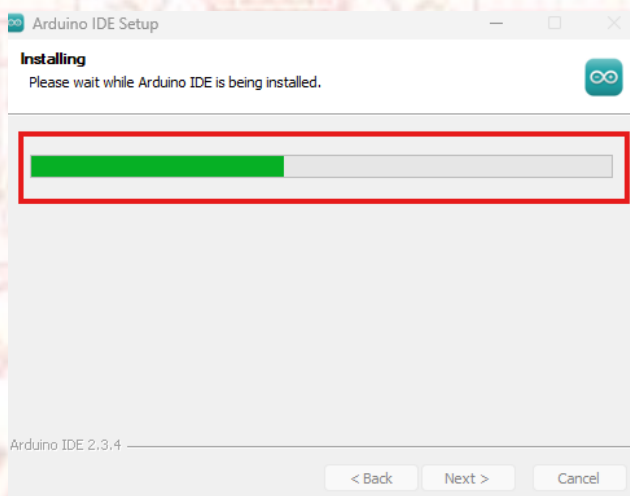
บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 3



ภาพที่ 2-5 หน้าต่างเลือกสถานที่ติดตั้ง



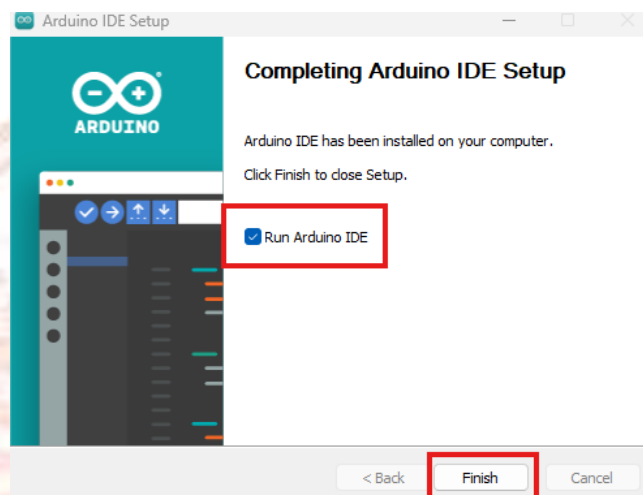
ภาพที่ 2-6 หน้าต่างรอการติดตั้ง

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 4



ภาพที่ 2-7 หน้าต่างติดตั้งเสร็จแล้ว

2.1.2 การติดตั้งฮาร์ดแวร์และไลบรารีสำหรับใช้งานบอร์ด POP-32i

เมื่อติดตั้ง Arduino IDE เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการตั้งค่าให้ Arduino IDE รองรับบอร์ด POP-32i โดยต้องเพิ่มข้อมูลฮาร์ดแวร์และติดตั้งไลบรารีสำหรับพัฒนาโปรแกรมด้วย ภาษา C/C++

ขั้นตอนการตั้งค่าและติดตั้งไลบรารีมีดังนี้:

1. เปิดโปรแกรม Arduino IDE
 - ระบบจะแสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม Arduino IDE (ดังภาพที่ 2-8)
2. ไปที่ เมนู File > Preferences...
3. ในหน้าต่าง Preferences ให้กำหนดค่าต่อไปนี้: (ดังภาพที่ 2-9)
 - นำเครื่องหมายถูกออก จากตัวเลือก
 - Verify code after upload
 - Check for updates on startup
 - ในช่อง Additional Boards Manager URLs: ให้ใส่ลิงก์ต่อไปนี้:

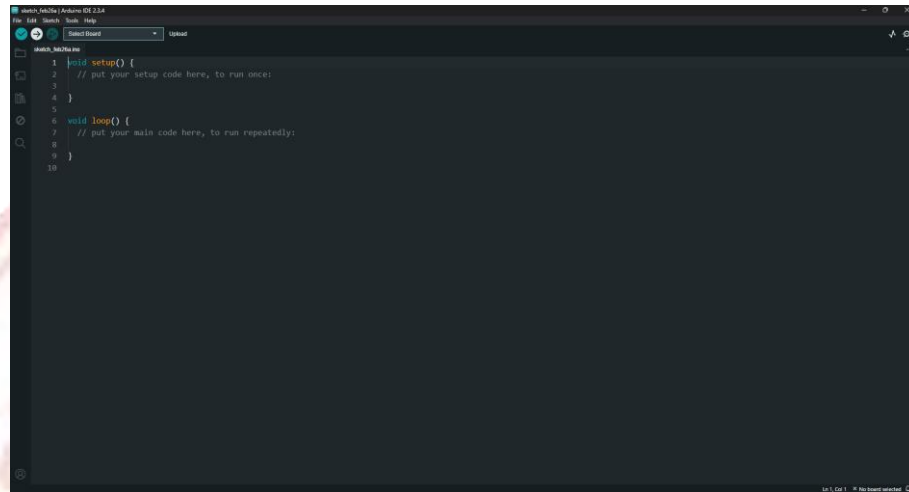
https://github.com/INEXdev/ArduinoSTM32/raw/main/package_inex_stm32_index.json

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

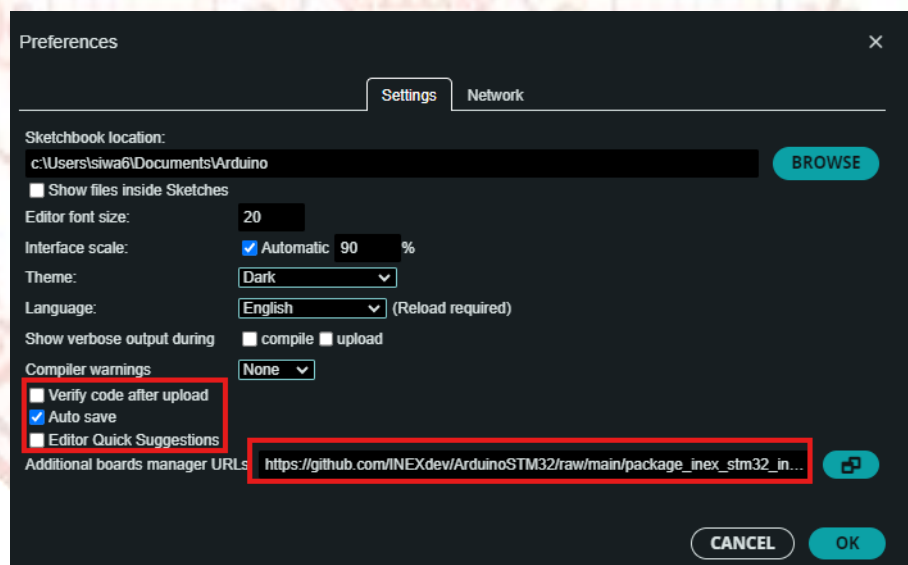
บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 5



ภาพที่ 2-8 หน้าต่างหลักของโปรแกรม Arduino IDE



ภาพที่ 2-9 หน้าต่างหลักของโปรแกรม Arduino IDE

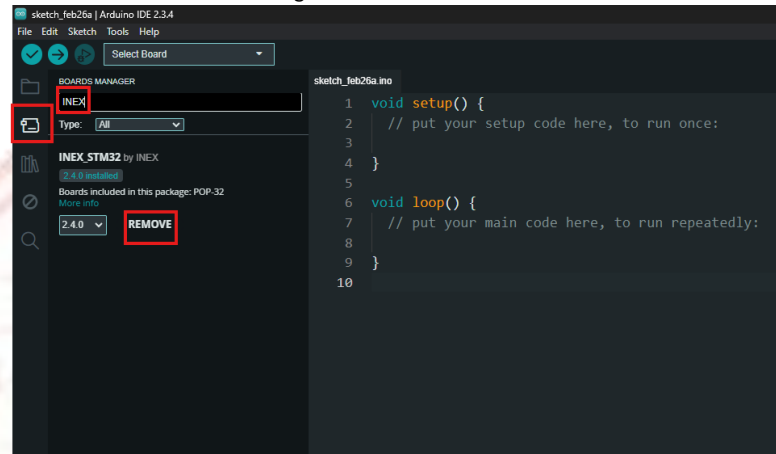
แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 6

4. ไปที่ Board Manager... > พิมพ์คำว่า INEX > กด Install



ภาพที่ 2-10 ติดตั้งบอร์ด INEX_STM32

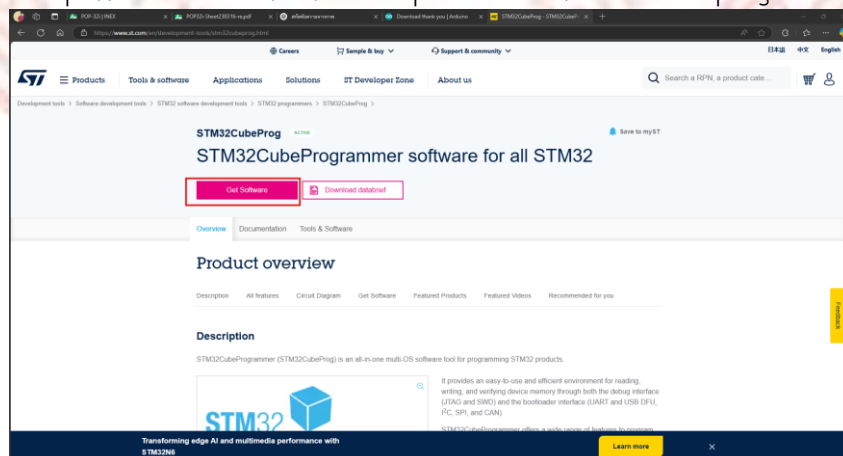
2.1.3 ติดตั้งโปรแกรม STM32 Cube Programmer

บอร์ด POP-32i จะใช้การโปรแกรมหรือเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F103 ด้วยกระบวนการ Serial Wire Debugger หรือ SWD บนบอร์ดติดตั้งส่วนของวงจร SWD ที่เชื่อมต่อกับพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ไว้แล้วทำให้การอัปโหลดโค้ดจาก Arduino IDE ทำได้เร็วมากเพียงไม่กี่วินาที

ขั้นตอนการติดตั้งมีดังนี้:

1. เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับอินเทอร์เน็ต และเปิดเว็บเบราว์เซอร์
2. ไปที่เว็บไซต์ของ STMicroelectronics ที่ลิงก์ต่อไปนี้ แสดงด้วยภาพที่ 2-11

<https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeprog.html>



ภาพที่ 2-11 เว็บไซต์ของ STM32CubeProgrammer

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 8

3. สมัครสมาชิกเพื่อทำการดาวน์โหลดโปรแกรม แสดงดังภาพที่ 2-12, 2-13

ภาพที่ 2-12 การใช้งานเว็บของ STM32CubeProgrammer

ภาพที่ 2-13 แบบลงทะเบียน

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 10

4. หลังจากตั้งรหัสผ่านเสร็จแล้วทำการเข้าสู่ระบบตามภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 การเข้าสู่ระบบของเว็บ STMicroelectronics

5. จากนั้นเข้าไปหน้าเว็บเพจของ STM32CubeProgrammer ที่ <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeprog.html> อีกครั้งแล้วเลื่อนหน้าเว็บลงมาจนพบรายการ Get Software ให้เลือก STM32CubePrg-W64 โดย Get Last เพื่อเลือกเวอร์ชันล่าสุดจะเริ่มตนการดาวน์โหลดทันทีบนที่กเป็นไฟล์ .zip

6. ทำการแตกไฟล์ .zip แล้วเข้าไปในโฟลเดอร์ ที่ได้จากการแตกไฟล์ ดับเบิ้ลคลิกที่ไฟล์ SetupSTM32 CubeProgrammer_win64.exe เพื่อเข้าสู่ การติดตั้งโปรแกรม STM32 Cube Programmer

7. มี 2 ขั้นตอนย่อยดังนี้

7.1 หน้าต่างต้อนรับเข้าสู่การติดตั้งโปรแกรม STM32CubeProgrammer คลิกปุ่ม Next



ภาพที่ 2-17 ภาพหน้าต่างแรก

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 11

7.2 เข้าสู่หน้าต่างแสดงข้อมูล คลิกปุ่ม Next > Accept > Next.... > Done

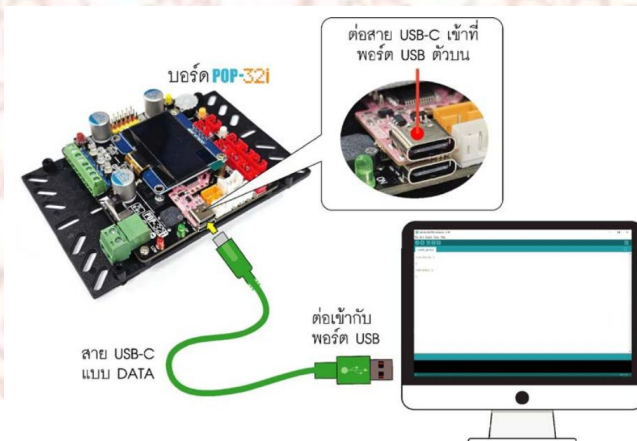


ภาพที่ 2-18 ภาพหน้าต่างสุดท้าย

2.1.4 ทดสอบอัปโหลดโปรแกรมไปยังบอร์ด POP-32i

ขั้นตอนถัดไปเป็นทดสอบอัปโหลดโปรแกรมไปยังบอร์ด POP-32i เพื่อยืนยันว่าการติดตั้งข้อมูลอาร์ดแวร์และไลบรารีของบอร์ด POP-32i ให้กับโปรแกรม Arduino IDE ถูกต้องและพร้อมใช้งาน

1. ต่อสาย USB ที่ช่อง USB ตัวบนของโมดูล SWD บนบอร์ด POP-32i ดังรูปที่ 2-18 เพื่อเชื่อมต่อบอร์ด POP-32i กับคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2-18 การต่อบอร์ด POP-32i เข้ากับคอมพิวเตอร์โหลดโปรแกรม

2. จ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด POP-32i และปิดสวิตช์ POWER

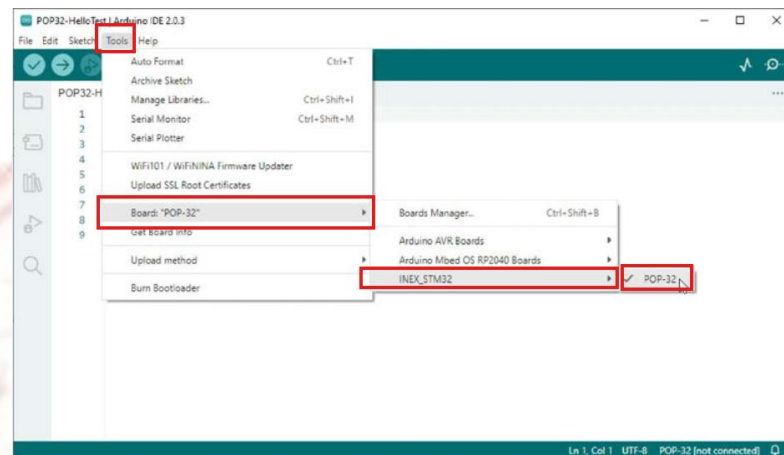
3. ที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม Arduino IDE เลือกเมนู Tools>Board:xxx>INEX STM32>POP-32 ตามภาพที่ 2-19

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

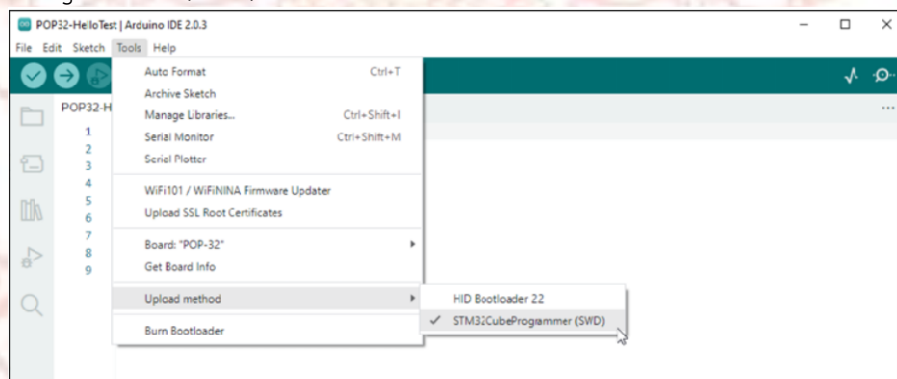
ใบเนื้อหา

หน้าที่ 12



ภาพที่ 2-19 แสดงการเลือกบอร์ด POP-32i

4. เลือกวิธีการอัปโหลดโค้ด โดยเลือกเมนู Tools > Upload method > STM32Cube Programmer (SWD) ตามภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 แสดงการเลือกวิธีอัปโหลดโปรแกรมเป็น STM32 Cube Programmer

5. พิมพ์โค้ดภาพที่ 2-21 สำหรับทดสอบการทำงาน จากนั้นคลิกปุ่ม Upload

```
#include <POP32.h>
void setup()
{
  oled.text(0,0,"Hello POP-32");
  oled.show();
}
void loop()
{
}
```

ภาพที่ 2-21 แสดงการอัปโหลดโปรแกรมสำเร็จ เมื่อใช้กับบอร์ด POP-32i

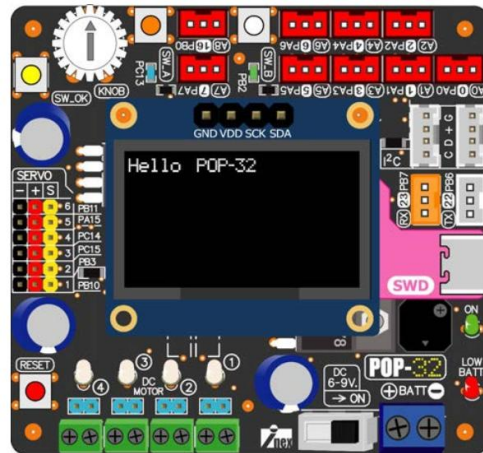
แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 13

6. เมื่อการอัปโหลดโปรแกรมสิ้นสุดลง ที่หน้าต่างแสดงสถานะของโปรแกรมจะแจ้งสถานะการคอมไพล์ ขั้นตอนการอัปโหลดโปรแกรม และสถานการณ์อัปโหลดโปรแกรม ดังภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-22 สถานการณ์คอมไพล์

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 3 การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 14

การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์บนบอร์ด POP-32i จะเป็นชุดคำสั่งการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ที่เดียวทั้ง 4 ล้อ

คำสั่ง	คำอธิบาย
AO();	สั่งมอเตอร์หยุดทั้ง
FD(50);	เดินหน้าด้วยความเร็ว 50
BK(50);	ถอยหลังด้วยความเร็ว 50
SL(50);	เลี้ยวซ้ายด้วยความเร็ว 50
SR(50);	เลี้ยวขวาด้วยความเร็ว 50

```

Motor | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

Motor.ino
1 #include <POP32.h>
2
3 void setup() {
4   AO(); // หยุดยั้ง
5 }
6
7 void loop() {
8   if (SW_OK()) { // ถ้าสวิตช์ OK บนบอร์ดถูกกด
9     FD(100); // เดินหน้าด้วยความเร็ว (PWM) 100
10    delay(1000); // หน่วงเวลา 1 วินาที
11
12    BK(100); // ถอยหลังด้วยความเร็ว (PWM) 100
13    delay(1000); // หน่วงเวลา 1 วินาที
14
15    SL(50); // เลี้ยวซ้ายด้วยความเร็ว (PWM) 100
16    delay(1000); // หน่วงเวลา 1 วินาที
17
18    SR(50); // เลี้ยวขวาด้วยความเร็ว (PWM) 100
19    delay(1000); // หน่วงเวลา 1 วินาที
20
21    AO(); // หยุดยั้ง
22    delay(1000); // หน่วงเวลา 1 วินาที
23  }
24 }
25
  
```

ภาพที่ 3-1 แสดงตัวอย่างโปรแกรมควบคุมมอเตอร์กับบอร์ด POP-32i

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง	
บทที่ 3 การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์	ใบเนื้อหา
	หน้าที่ 15
ใบงานที่ 1 การเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ จงเขียนโปรแกรมต่อไปนี้ เมื่อกดสวิตซ์ - ใช้คำสั่งเดินหน้าด้วยความเร็ว 100 เป็นเวลา 2 วินาที - ใช้คำสั่งเลี้ยวซ้ายด้วยความเร็ว 20 เป็นเวลา 3 วินาที - ใช้คำสั่งเดินหน้าด้วยความเร็ว 100 เป็นเวลา 4 วินาที - ใช้คำสั่งเลี้ยวขวาด้วยความเร็ว 20 เป็นเวลา 3 วินาที - ใช้คำสั่งถอยหลังด้วยความเร็ว 20 เป็นเวลา 5 วินาที - ใช้คำสั่งหยุด ผู้ตรวจ 	

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 4 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 16

การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์บนบอร์ด POP-32i จะเป็นชุดคำสั่งการเขียนเซอร์โวมอเตอร์ที่ละตัว

คำสั่ง	คำอธิบาย
servo(5,0)	สั่งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 หมุนไปที่มุม 0 องศา
servo(6,0)	สั่งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 หมุนไปที่มุม 0 องศา

```
Servo.ino
1  #include <POP32.h>
2
3  void setup() {
4      servo(5, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 90 องศา
5      servo(6, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 90 องศา
6  }
7
8  void loop() {
9      if (SW_OK()) { // ถ้าสวิตช์ OK บนบอร์ดถูกกด
10         servo(5, 0); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 0 องศา
11         servo(6, 0); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 0 องศา
12     }
13     if (SW_A()) { // ถ้าสวิตช์ A บนบอร์ดถูกกด
14         servo(5, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 90 องศา
15         servo(6, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 90 องศา
16     }
17     if (SW_B()) { // ถ้าสวิตช์ B บนบอร์ดถูกกด
18         servo(5, 180); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 180 องศา
19         servo(6, 180); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 180 องศา
20     }
21 }
```

ภาพที่ 4-1 แสดงตัวอย่างโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์กับบอร์ด POP-32i

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง	
บทที่ 4 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	ใบเนื้อหา
	หน้าที่ 17
ใบงานที่ 2 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ จงเขียนโปรแกรมต่อไปนี้ เมื่อกดสวิตซ์ - ใช้คำสั่งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1, 2 หมุนไปที่ 0 องศา เป็นเวลา 2 วินาที - ใช้คำสั่งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1, 2 หมุนไปที่ 90 องศา เป็นเวลา 2 วินาที - ใช้คำสั่งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1, 2 หมุนไปที่ 180 องศา เป็นเวลา 2 วินาที - ใช้คำสั่งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1, 2 หมุนไปที่ 0 องศา เป็นเวลา 2 วินาที ผู้ตรวจ 	

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 5 การเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 18

การเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้น สีขาว-ดำ บนบอร์ด POP-32i

คำสั่ง	คำอธิบาย
analog(1)	จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ตัวที่ 1
analog(2)	จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ตัวที่ 2
analog(3)	จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ตัวที่ 3
analog(4)	จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ตัวที่ 4
analog(5)	จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ตัวที่ 5
analog(6)	จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ตัวที่ 6

```

IRSensor.ino
1  #include <POP32.h>
2
3  // ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่า IR เซนเซอร์
4  uint16_t Sensor_FL, Sensor_FR, Sensor_ML, Sensor_MR, Sensor_BL, Sensor_BR = 0;
5
6  void setup() {
7      Serial.begin(9600); // เปิดพอร์ตอนุกรมที่ความเร็ว 9600
8  }
9
10 void loop() {
11     Sensor_FL = analog(1); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 1 เก็บในตัวแปร Sensor_FL
12     Sensor_FR = analog(2); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 2 เก็บในตัวแปร Sensor_FR
13     Sensor_ML = analog(3); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 3 เก็บในตัวแปร Sensor_ML
14     Sensor_MR = analog(4); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 4 เก็บในตัวแปร Sensor_MR
15     Sensor_BL = analog(5); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 5 เก็บในตัวแปร Sensor_BL
16     Sensor_BR = analog(6); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 6 เก็บในตัวแปร Sensor_BR
17
18     Serial.println("Sensor_FL : " + String(Sensor_FL)); // ----- //
19     Serial.println("Sensor_FR : " + String(Sensor_FR)); //
20     Serial.println("Sensor_ML : " + String(Sensor_ML)); //
21     Serial.println("Sensor_MR : " + String(Sensor_MR)); // แสดงค่าเซนเซอร์ที่อ่านออกทาง
22     Serial.println("Sensor_BL : " + String(Sensor_BL)); //
23     Serial.println("Sensor_BR : " + String(Sensor_BR)); //
24     Serial.println(); // ----- //
25 }

```

ภาพที่ 5-1 แสดงตัวอย่างโปรแกรมควบคุมเซอร์ไวโมเตอร์กับบอร์ด POP-32i

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 6 การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 19

การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสี บนบอร์ด POP-32i

จุดเชื่อมต่อ	คำอธิบาย
I ² C bus	จุดเชื่อมต่อแบบ I ² C

```

RGBSensor.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include "Adafruit_TCS34725.h"
3
4  // กำหนดตัวแปรสำหรับเรียกใช้งานไลบรารี
5  Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_50MS, TCS34725_GAIN_4X);
6
7  void setup() {
8      Serial.begin(9600); // เปิดพอร์ตอนุกรมที่ความเร็ว 9600
9      tcs.begin();        // เริ่มต้นการใช้ RGB เซ็นเซอร์
10 }
11
12 void loop() {
13     float red, green, blue; // ประกาศตัวแปรสำหรับอ่านค่าสี
14     delay(50);              // หน่วงเวลา 0.05 วินาที
15     tcs.getRGB(&red, &green, &blue); // อ่านค่าสีเก็บใส่ตัวแปรที่ประกาศไว้
16
17     Serial.print("R:\t"); // ----- //
18     Serial.print(int(red)); //
19     Serial.print("\tG:\t"); //
20     Serial.print(int(green)); // แสดงค่าสีที่อ่านออกทาง Serial Monitor
21     Serial.print("\tB:\t"); //
22     Serial.print(int(blue)); //
23     Serial.print("\n"); // ----- //
24 }

```

ภาพที่ 6-1 แสดงตัวอย่างอ่านค่าสีกับบอร์ด POP-32i

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 20

1. การประกอบชุดถังลูกบาศก์
ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	โครงส่วนบน	2
2	โครงส่วนล่าง	2
3	เซอร์โวมอเตอร์	2
4	ปีกเซอร์โวมอเตอร์	2
5	ใบด้นลูกบาศก์	2
6	น็อต m3 ตัวผู้	4
7	น็อต m3 ตัวเมีย	4
8	สกรูเกลียวปล่อย	6

ขั้นตอนการประกอบ



ภาพที่ 7-1 การประกอบใบด้นลูกบาศก์เข้ากับปีกเซอร์โวมอเตอร์

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

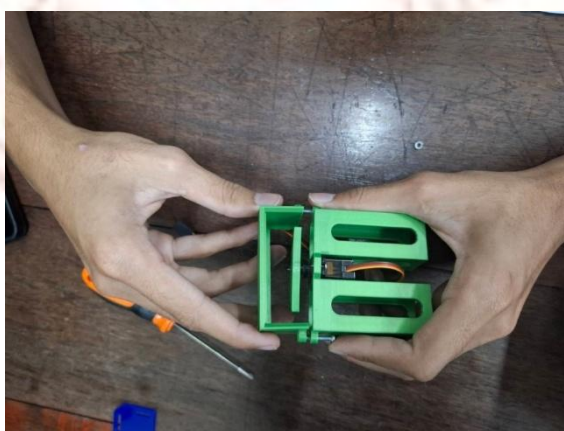
หน้าที่ 21



ภาพที่ 7-2 การยึดเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับโครงชุดปล่อยลูกบาศก์ส่วนบน



ภาพที่ 7-3 การยึดใบดันลูกบาศก์เข้ากับแกนหมุนของเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 7-4 การยึดโครงส่วนล่างเข้ากับโครงส่วนบน

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 22



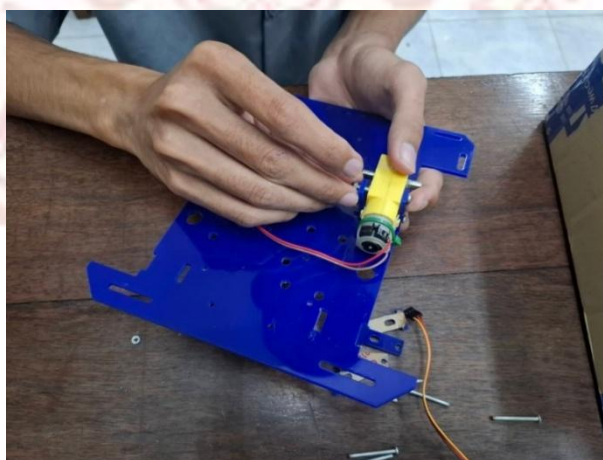
ภาพที่ 7-5 ภาพชุดทั้งลูกบาศก์ประกอบสมบูรณ์

2. การประกอบมอเตอร์เข้ากับฐาน

ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	มอเตอร์	4
2	ที่ยึดมอเตอร์	8
3	น็อต m3 ตัวผู้	8
4	น็อต m3 ตัวเมีย	8

ขั้นตอนการประกอบ



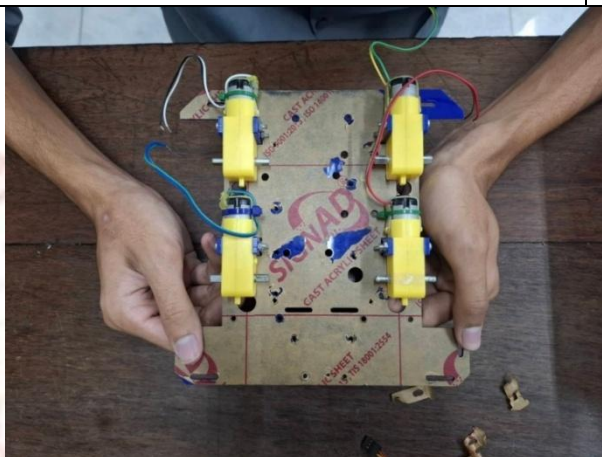
ภาพที่ 7-6 นำที่ยึดมอเตอร์ใส่ไปในช่องบนฐาน จากนั้นใส่มอเตอร์ระหว่างที่ยึดแล้วยึดน็อตทั้งบนและล่าง

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 23



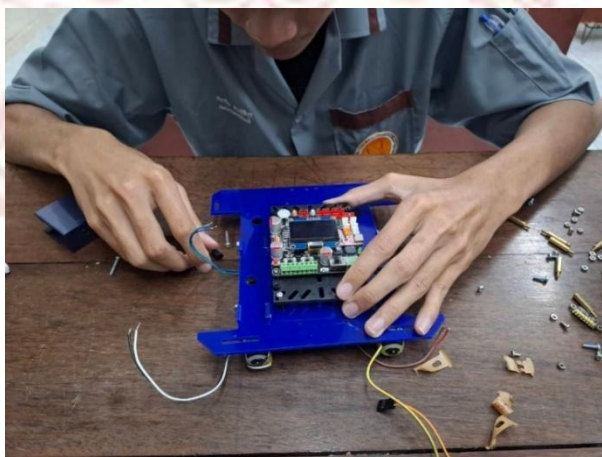
ภาพที่ 7-7 หลังจากติดตั้งมอเตอร์ครบทั้ง 4 ตัว

3. การประกอบบอร์ด POP32 เข้ากับฐาน

ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	บอร์ด POP32	1
2	ก้านลองบอร์ด	4
3	น็อต m3 ตัวผู้	4
4	น็อต m3 ตัวเมีย	4

ขั้นตอนการประกอบ



ภาพที่ 7-8 นำบอร์ดวางลงบนก้านลองบอร์ด

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 24



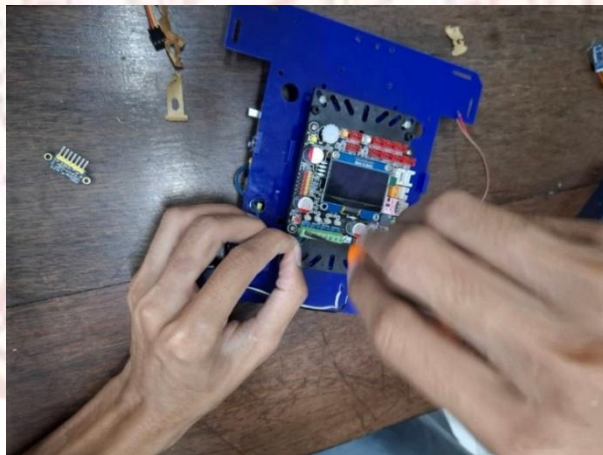
ภาพที่ 7-9 ใส่ล้อแล้วขันยึด

4. การต่อสายไฟมอเตอร์

ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	ไขควง	1

ขั้นตอนการประกอบ



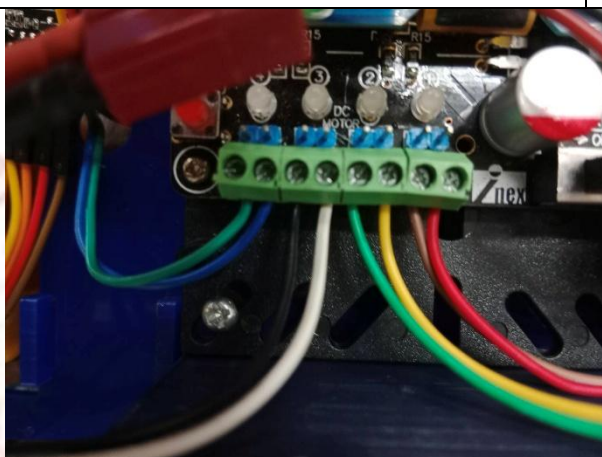
ภาพที่ 7-10 การต่อสายมอเตอร์เข้ากับเทอร์มินอลของบอร์ด POP32 แล้วขันให้แน่น

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 25



ภาพที่ 7-11 หลังจากยัดสายมอเตอร์ครบทั้ง 8 สาย

5. การประกอบเซนเซอร์เข้ากับฐาน

ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	เซนเซอร์ IR	6
2	เซนเซอร์สี RGB	1
3	สเปซเซอร์	8
4	น็อต m3 ตัวผู้	8
5	น็อต m3 ตัวเมีย	8
6	สายไฟ JST 3 pin	6
7	สาย jumper 4 pin	1

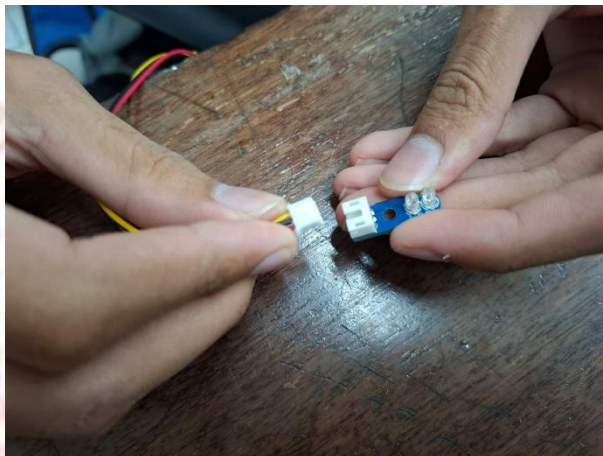
แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

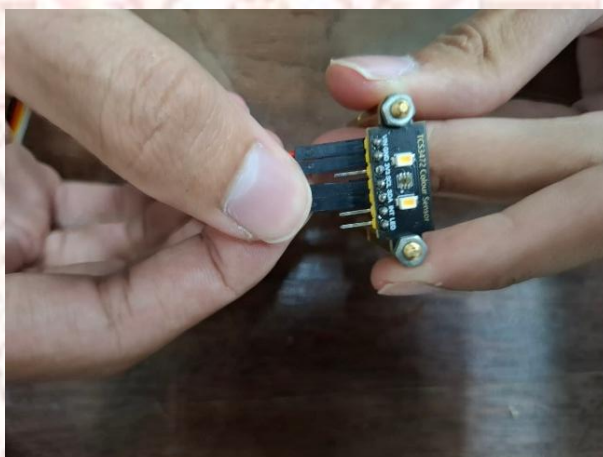
ใบเนื้อหา

หน้าที่ 26

ขั้นตอนการประกอบ



ภาพที่ 7-12 การต่อสายเซนเซอร์ IR



ภาพที่ 7-13 การต่อสายเซนเซอร์ RGB



ภาพที่ 7-14 การใส่สเปซเซอร์แล้วยัดน็อตเข้ากับเซนเซอร์ IR

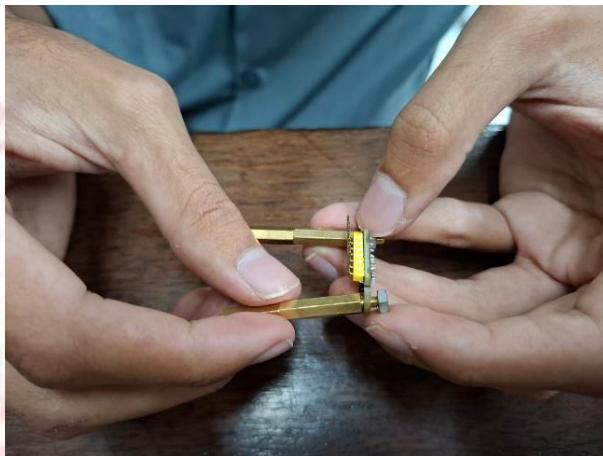
แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

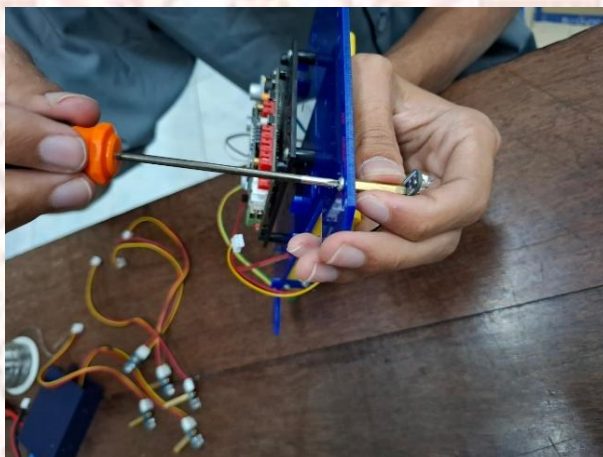
ใบเนื้อหา

หน้าที่ 27

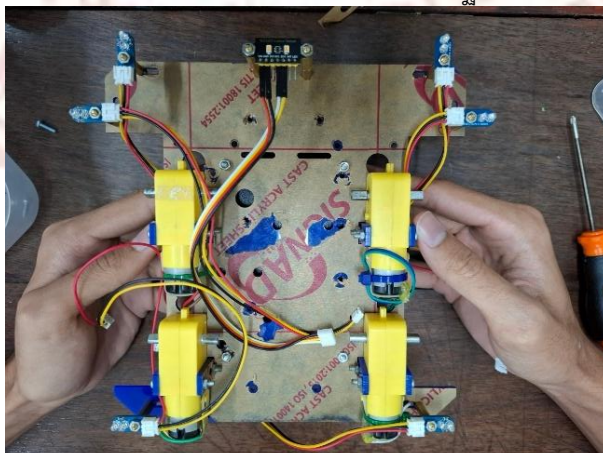
ขั้นตอนการประกอบ



ภาพที่ 7-15 การใส่สเปซเซอร์แล้วยึดน็อตเข้ากับเซนเซอร์ RGB



ภาพที่ 7-16 การยึดเซนเซอร์ IR เข้ากับฐานด้านข้าง



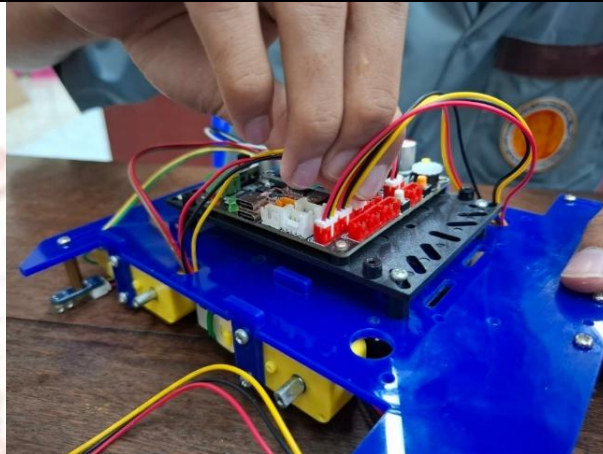
ภาพที่ 7-17 หลังจากการยึดเซนเซอร์เสร็จทั้งหมด

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

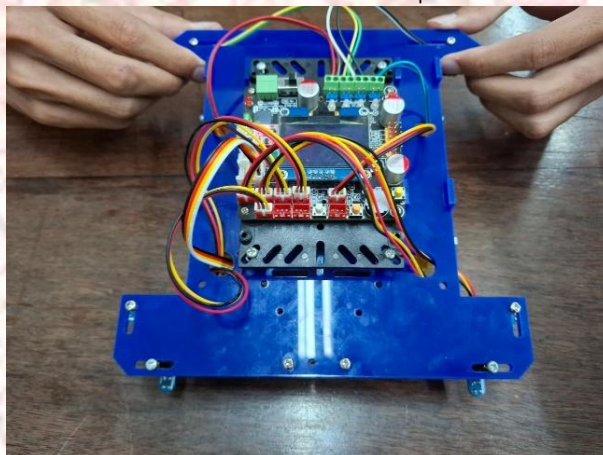
บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 28



ภาพที่ 7-18 การต่อสายเซนเซอร์เข้ากับ pin บนบอร์ด POP32



ภาพที่ 7-19 หลังจากการต่อสายเซนเซอร์เสร็จแล้ว

6. การยัดตัวล็อกแบตเตอรี่

ส่วนประกอบที่ใช้

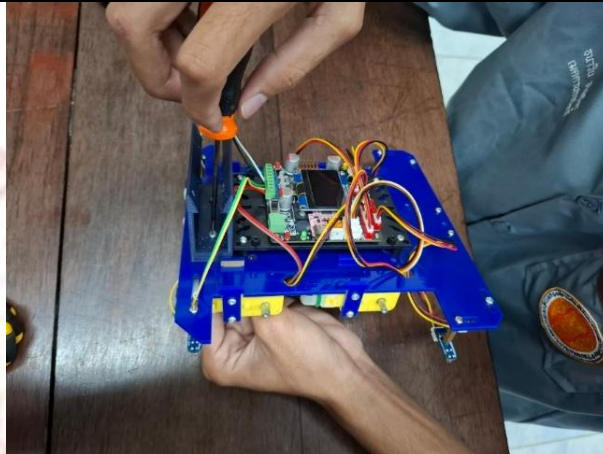
ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	ตัวล็อกแบตเตอรี่	1
2	น็อต m3 ตัวผู้	2
3	น็อต m3 ตัวเมีย	2

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 29



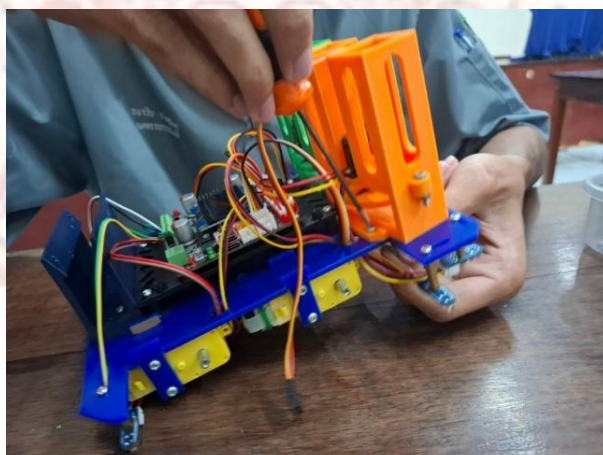
ภาพที่ 7-20 การยึดตัวล็อกแบตเตอรี่เข้ากับฐาน

7. การยึดชุดทิ้งลูกบาศก์เข้ากับฐาน

ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	ชุดทิ้งลูกบาศก์	2
2	น็อต m3 ตัวผู้	2
3	น็อต m3 ตัวเมีย	2

ขั้นตอนการประกอบ



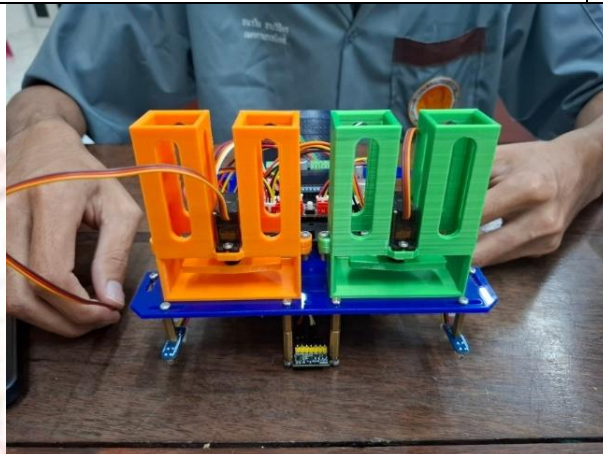
ภาพที่ 7-21 การยึดชุดทิ้งลูกบาศก์เข้ากับฐาน

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 30



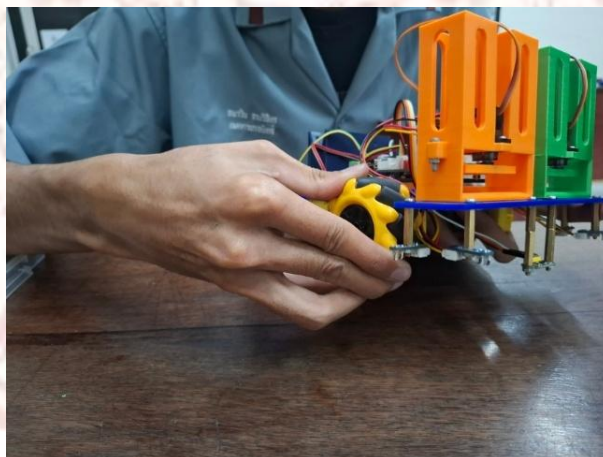
ภาพที่ 7-21 หลังจากยึดชุดทั้งลูกบาศก์เข้ากับฐานเสร็จแล้ว

7. การใส่ล้อแมคคานัม

ส่วนประกอบที่ใช้

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน/ชิ้น
1	ล้อแมคคานัม	4

ขั้นตอนการประกอบ



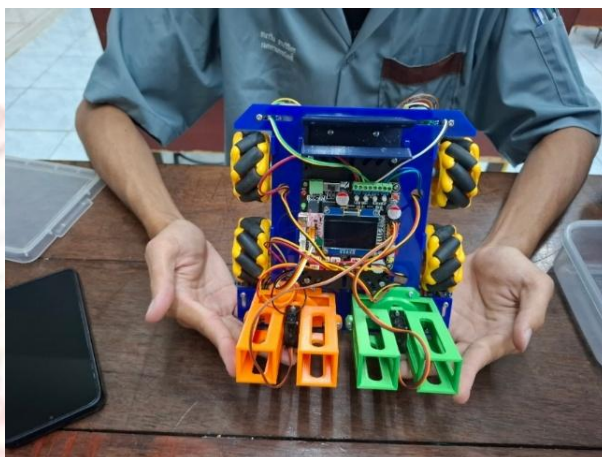
ภาพที่ 7-22 การใส่ล้อแมคคานัม

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 7 การประกอบหุ่นยนต์

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 31



ภาพที่ 7-23 หลังจากใส่ล๊อตแมคคานัมเสร็จแล้ว

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 8 ทดสอบและควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 32

ที่	ภารกิจ	ลงชื่อผู้ตรวจ
1	ทดสอบการควบคุมมอเตอร์	
2	ทดสอบการควบคุมเซอร์โว	
3	ทดสอบการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ	
4	ทดสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์สี	

1. ตัวอย่างโปรแกรมควบคุมมอเตอร์และเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ

```

1  #include <POP32.h> // ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่า IR เซนเซอร์
2  uint16_t Sensor_FL, Sensor_FR, Sensor_ML, Sensor_MR, Sensor_BL, Sensor_BR = 0; // ประกาศตัวแปรสำหรับการถอยเข็ดหลัง
3  bool checkBack_left, checkBack_right = false;
4  void setup() {
5  }
6  void loop() {
7  }
8  void Walk_front() { // เดินตรงจนกว่าจะเจอเส้นดำ
9      while (1) {
10         IRSensor(); // เรียกใช้งานเพื่ออ่านค่า IR เซนเซอร์
11         if (Sensor_FL <= 1200 && Sensor_FR <= 1200) { // ถ้าเซนเซอร์หน้าซ้าย และ หน้าขวา เจอสีดำ
12             AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
13             delay(100); // หน่วงเวลา 0.1 วินาที
14             BK(50); // ถอยหลังด้วยความเร็ว (PWM) 50
15             delay(225); // หน่วงเวลา 0.225 วินาที
16             AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
17             break; // หยุดการทำงาน while
18         } else { // 
19             FD(40); // เดินหน้าด้วยความเร็ว (PWM) 40
20         }
21     }
22 }
23 void Walk_back() { // ถอยหลังจนกว่าจะเจอเส้นดำ
24     while (1) {
25         IRSensor(); // เรียกใช้งานเพื่ออ่านค่า IR เซนเซอร์
26         if (Sensor_BL <= 1000 && Sensor_BR <= 1000) {
27             AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
28             delay(100); // หน่วงเวลา 0.1 วินาที
29             FD(50); // เดินหน้าด้วยความเร็ว (PWM) 40
30             delay(225); // หน่วงเวลา 0.225 วินาที
31             AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
32             break; // หยุดการทำงาน while
33         } else { // 
34             BK(40); // ถอยหลังด้วยความเร็ว (PWM) 40
35         }
36     }
37 }

```

ภาพที่ 8-1 ตัวอย่างโปรแกรมควบคุมมอเตอร์และเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาว-ดำ

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 8 ทดสอบและควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 33

```

Motor-IRSensor.mo
38 void TurnLeft() { // หันซ้าย 90 องศา
39   SL(50); // เลี้ยวซ้ายด้วยความเร็ว (PWM) 50
40   delay(780); // หน่วงเวลา 0.78 วินาที
41   AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
42   delay(100); // หน่วงเวลา 0.1 วินาที
43 }
44 void TurnRight() { // หันขวา 90 องศา
45   SR(50); // เลี้ยวขวาด้วยความเร็ว (PWM) 50
46   delay(780); // หน่วงเวลา 0.78 วินาที
47   AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
48   delay(100); // หน่วงเวลา 0.1 วินาที
49 }
50 void checkBack() { // ถอยหลังเช็คเส้นดำ ทำให้หุ่นยนต์หันหน้าตรง
51   BK(22); // ถอยหลังด้วยความเร็ว (PWM) 22
52   checkBack_left = false; // เปลี่ยนค่าตัวแปร ให้เป็น False(0)
53   checkBack_right = false; // เปลี่ยนค่าตัวแปร ให้เป็น False(0)
54   delay(50); // หน่วงเวลา 0.05 วินาที
55   while (1) {
56     IRSensor(); // เรียกใช้งานเพื่ออ่านค่า IR เซนเซอร์
57     if (Sensor_BL <= 1000) { // ถ้าเซนเซอร์หลังซ้ายเจอสีดำ
58       motor(1, 0); // หยุดการทำงานของมอเตอร์ 1
59       motor(2, 0); // หยุดการทำงานของมอเตอร์ 2
60       checkBack_right = true; // เปลี่ยนค่าตัวแปร ให้เป็น True(1)
61     }
62     if (Sensor_BR <= 1000) { // ถ้าเซนเซอร์หลังขวาเจอสีดำ
63       motor(3, 0); // หยุดการทำงานของมอเตอร์ 3
64       motor(4, 0); // หยุดการทำงานของมอเตอร์ 4
65       checkBack_left = true; // เปลี่ยนค่าตัวแปร ให้เป็น True(1)
66     }
67     if (checkBack_left && checkBack_right) { // ถ้าตัวแปร checkBack_left และ checkBack_right เป็นจริง
68       AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
69       delay(250); // หน่วงเวลา 0.25 วินาที
70       break; // หยุดการทำงานของ while
71     }
72   }
73 }

```

ภาพที่ 8-1 (ต่อ)

```

74 void reverse() { // กลับหลังหัน 180 องศา
75   SR(50); // เลี้ยวขวาด้วยความเร็ว (PWM) 50
76   delay(1640); // หน่วงเวลา 1.64 วินาที
77   AO(); // หยุดอยู่นิ่ง
78   delay(100); // หน่วงเวลา 0.1 วินาที
79 }
80 void IRSensor() { // Function สำหรับอ่านค่า IR เซนเซอร์
81   Sensor_FL = analog(1); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 1 เก็บในตัวแปร Sensor_FL
82   Sensor_FR = analog(2); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 2 เก็บในตัวแปร Sensor_FR
83   Sensor_ML = analog(3); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 3 เก็บในตัวแปร Sensor_ML
84   Sensor_MR = analog(4); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 4 เก็บในตัวแปร Sensor_MR
85   Sensor_BL = analog(5); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 5 เก็บในตัวแปร Sensor_BL
86   Sensor_BR = analog(6); // อ่านค่าเซนเซอร์จากขา Analog 6 เก็บในตัวแปร Sensor_BR
87 }

```

ภาพที่ 8-1 (ต่อ)

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

บทที่ 8 ทดสอบและควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 34

2. ตัวอย่างโปรแกรมอ่านค่าสีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

```

RGBSensor-Servo.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include "Adafruit_TCS34725.h"
3  #include <POP32.h>
4
5  // กำหนดตัวแปรสำหรับเรียกใช้งานไลบรารี
6  Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_50MS, TCS34725_GAIN_4X);
7
8  void setup() {
9      Serial.begin(9600); // เปิดพอร์ตอนุกรมที่ความเร็ว 9600
10     tcs.begin(); // เริ่มต้นการใช้ RGB เซ็นเซอร์
11     servo(5, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 90 องศา
12     servo(6, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 90 องศา
13     waitSW_OK(); // รอการกดสวิตช์ OK
14 }
15
16 void loop() {
17     float red, green, blue; // ประกาศตัวแปรสำหรับอ่านค่าสี
18     delay(50); // หน่วงเวลา 0.05 วินาที
19     tcs.getRGB(&red, &green, &blue); // อ่านค่าสีเก็บใส่ตัวแปรที่ประกาศไว้
20
21     Serial.print("R:\t"); // ----- //
22     Serial.print(int(red)); //
23     Serial.print("\tG:\t"); //
24     Serial.print(int(green)); // แสดงค่าสีที่อ่านออกทาง Serial Monitor
25     Serial.print("\tB:\t"); //
26     Serial.print(int(blue)); //
27     Serial.print("\n"); // ----- //
28
29     // ***ค่าสีอาจเปลี่ยนไปตามเซนเซอร์แต่ละตัว*** //
30     if (red >= 100 && green <= 100 && blue <= 100) { // ถ้าเจอสีแดง
31         servo(5, 0); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 0 องศา
32         servo(6, 0); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 0 องศา
33     } else if (red <= 100 && green >= 100 && blue <= 100) { // ถ้าเจอสีเขียว
34         servo(5, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 90 องศา
35         servo(6, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 90 องศา

```

ภาพที่ 8-2 ตัวอย่างโปรแกรมอ่านค่าสีควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

```

36     } else if (red <= 100 && green <= 100 && blue >= 100) { // ถ้าเจอสีน้ำเงิน
37         servo(5, 180); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 180 องศา
38         servo(6, 180); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 180 องศา
39     } else { // นอกเหนือจากนั้น
40         servo(5, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 5 ไปที่ 90 องศา
41         servo(6, 90); // สั่งเซอร์โว ที่แชนเนล 6 ไปที่ 90 องศา
42     }
43 }
44

```

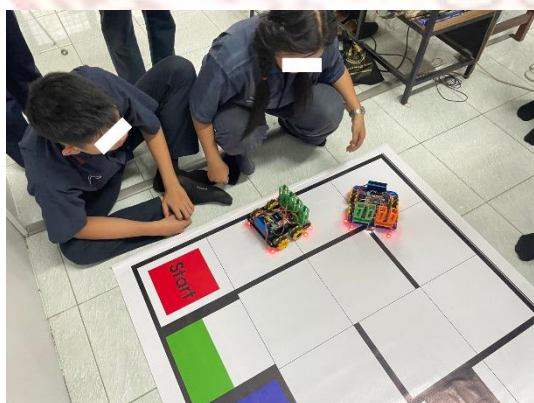
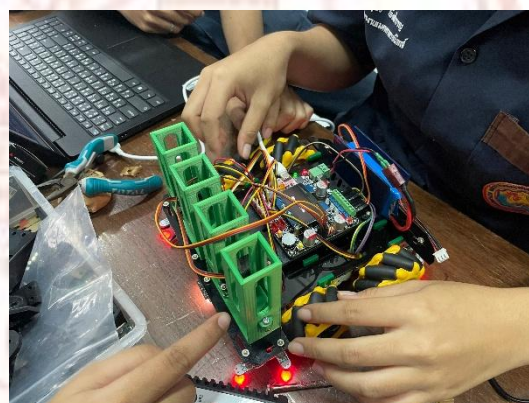
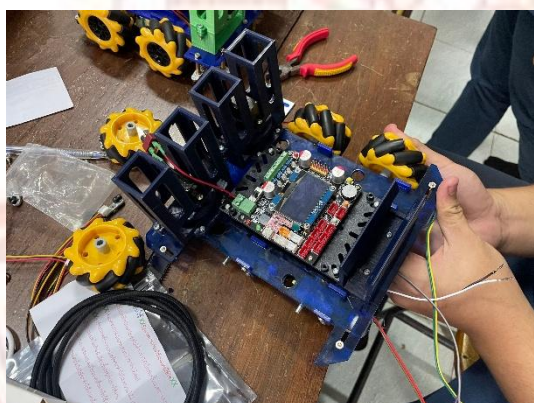
ภาพที่ 8-2 (ต่อ)

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน



ภาพที่ ง-1 การอธิบายและนำเสนอกิจกรรม

ผู้สอนดำเนินการอธิบายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และดำเนินการสอนกิจกรรมที่ 1 เขียนโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่



ภาพที่ ง-2 การดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนดไว้

ผู้สอนดำเนินกิจกรรมที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับที่วางไว้โดยเริ่มจากการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ทดสอบและควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ และเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามภารกิจ

ภาคผนวก จ

- นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



ภาพที่ จ-1 นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025
ประเภท Oral Presentation



ภาพที่ จ-2 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายศิวกร นันทน์ม
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิง คำนวณของผู้เรียน
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา แขนงวิชา วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ประวัติ	การศึกษา สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เมื่อปีพุทธศักราช 2563 การทำงาน พ.ศ.2565 – ปัจจุบัน ครูแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง พ.ศ.2562 – 2564 นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในสถานศึกษา แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์และแมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิค สิงห์บุรี