



การรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

Recognition of Human Motions for Imitation and Control of Arm Robot

นายธิดุติ วงศ์ชื้อ

นางสาวธารตะวัน เมืองแสน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

ปีการศึกษา 2566

การรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

นายธิดิวิทย์ วงศ์ชื้อ

นางสาวธารตะวัน เมืองแสน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

ปีการศึกษา 2566

RECOGNITION OF HUMAN MOTIONS FOR IMITATION AND CONTROL OF ARM
ROBOT

MR. THITIWUT WONGSUE

MS. TANTAWAN MUANGSAEN

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE BACHELOR DEGREE OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

RAJAMANGLA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY LANNA

ACADEMIC YEAR 2023

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุมหุ่นยนต์แขนกล
	Recognition of Human Motions for Imitation and Control of Arm Robot
ชื่อนักศึกษา	นายธิดิวิทย์ วงศ์เชื้อ รหัส 62543206012-1 นางสาวธารตะวัน เมืองแสน รหัส 62543206011-3
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อรรถพล วิเวก
ปีการศึกษา	2566

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....	รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนนท์ นำอิน)	

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....	ประธานกรรมการ
(อาจารย์ อรรถพล วิเวก)	

.....	กรรมการ
(อาจารย์ ภาณุเดช ทิพย์อักษร)	

.....	กรรมการ
(อาจารย์ อนุพงศ์ ไพโรจน์)	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุมหุ่นยนต์แขนกล	
ชื่อนักศึกษา	นาย อธิวุฒิ วงศ์เชื้อ	รหัส 62543206012-1
	นางสาว ธารตะวัน เมืองแสน	รหัส 62543206011-3
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อรรถพล วิเวก	
ปีการศึกษา	2566	

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลให้สามารถควบคุมผ่านการเคลื่อนไหวของมือมนุษย์ได้ และหุ่นยนต์มีการตอบสนองกับมนุษย์ได้ทันที โดยหุ่นยนต์แขนกลสามารถควบคุมได้ผ่านการควบคุมแบบชุดคำสั่งสำเร็จรูป และการควบคุมผ่านการเคลื่อนไหวของมือ โครงการนี้ได้นำคอมพิวเตอร์วิทัศน์มาช่วยในการตรวจจับข้อต่อและโครงร่างของมือ แนวคิดพื้นฐานในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลเพื่อให้สามารถรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุมได้ มีการออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์แขนกลที่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ผ่านชุดคำสั่งที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป และสามารถควบคุมได้ด้วยการเคลื่อนไหวของมนุษย์ผ่านกล้องแบบเรียลไทม์ กล้องจะรับข้อมูลภาพเข้ามาเพื่อประมวลผลและทำการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อตรวจจับโครงร่างของมือ เมื่อประมวลผลเสร็จแล้วจะได้ชุดข้อมูลที่เป็นองศาของมุมข้อต่อต่างๆ และจะส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino Nano เพื่อสั่งการให้เซอร์โวแต่ละตัวทำงานตามการเคลื่อนไหวของมนุษย์

จากการทดสอบหุ่นยนต์แขนกล พบว่า หุ่นยนต์แขนกลสามารถควบคุมได้ผ่านการควบคุมแบบชุดคำสั่งสำเร็จรูปจำนวน 4 ชุด และสามารถควบคุมได้ผ่านการเคลื่อนไหวตามมือได้ทันที สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ การทดสอบใช้งานโปรแกรมจากกลุ่มผู้ทดลองจำนวน 20 คน แล้วทำการประเมิน โดยการประเมินความพึงพอใจนั้นได้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 2. ด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 3. ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: หุ่นยนต์แขนกล, คอมพิวเตอร์วิทัศน์, การเลียนแบบ, การควบคุมหุ่นยนต์

Project Title	Recognition of Human Motions for Imitation and Control of Arm Robot
Student	Mr. Thitiwut Wongsue Ms. Tantawan Muangsaen
Project Advisor	Mr. Attapon Wiwek
Curriculum	Bachelor of Engineering
Major Field	Computer Engineering
Academic Year	2023

ABSTRACT

This paper describes aims to develop a robotic arm that can be controlled by human hand movements. The robot is designed to respond immediately to human interactions. The robotic arm can be operated both through preset command sequences and by mimicking human hand movements. For this, computer vision technology is employed to detect the structure and joints of the hand. The core idea behind the robotic arm creation is to recognize human hand motions to mirror and control them. A robotic arm has been designed and constructed which can control movements through predefined motion command sequences and can also be controlled in real-time by human movements using a camera. This camera captures visual data which is then processed by computer vision to detect the structure of the hand. Upon completion of this processing, the dataset containing the angles of various joints is sent to an Arduino Nano board, which then directs the Servo Motor's to operate based on the human hand movements.

Conclusion from the tests conducted on the robotic arm, it was determined that the arm could be controlled through four preset command sequences and could also immediately mimic hand movements, meeting the project's objectives. Upon testing the software among a group of 20 trial users, evaluations were divided into three main areas: 1. The efficiency of using the "Arm Robot Control" program, which received the highest satisfaction level. 2. The design of the "Arm Robot Control"

program, which also achieved the highest satisfaction level. 3. The operational efficiency of the robotic arm, which received the highest level of satisfaction.

Keywords: Arm Robot, Computer Vision, Imation, Robot Controlling

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ อาจารย์ อรรถพล วิเวก อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการทำโครงงานมา โดยตลอดและทุนการการทำโครงงานบางส่วนได้รับทุนอุดหนุนทำโครงการของมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จึงขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยที่ได้ให้การอุดหนุนทำโครงการครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณเพื่อนๆที่ช่วยในการสืบค้นข้อมูลแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และให้กำลังใจในการศึกษาค้นคว้าตลอดมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้จัดทำ

นายธิตูฒิ วงศ์ชื่อ

นางสาวธารตะวัน เมืองแสน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	๗
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ฐ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับโครงการ	5
2.1 นิยามศัพท์	5
2.2 ทฤษฎีและหลักการ	8
2.3 รายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีการออกแบบ	24
3.1 แนวคิดและหลักการดำเนินงานของอุปกรณ์หรือระบบที่ทำการออกแบบ	24
3.2 การวางแผนดำเนินงาน	25
3.3 ขั้นตอนการออกแบบ	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
4.1 วิธีการทดสอบระบบ	40
4.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ	40
4.3 ตัวอย่างการทำงานของระบบ	47
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	51
5.1 การอภิปรายผลการศึกษา	51
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	51
5.3 ข้อเสนอแนะ	51
5.4 สรุปผลการศึกษา	51
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานของระบบ	55
ภาคผนวก ข สรุปสถิติผลการทำงานของระบบ	60
ประวัติผู้ทำปริญญานิพนธ์	65

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตราสัญลักษณ์โปรแกรม Python	5
รูปที่ 2.2 ตราสัญลักษณ์ MediaPipe	6
รูปที่ 2.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE	7
รูปที่ 2.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano	7
รูปที่ 2.5 เซอร์โวมอเตอร์	8
รูปที่ 2.6 หุ่นยนต์แขนกล	9
รูปที่ 2.7 หุ่นยนต์ Cartesian Coordinate Robot	9
รูปที่ 2.8 หุ่นยนต์ Spherical Robot	10
รูปที่ 2.9 หุ่นยนต์ Cylindrical Robot	10
รูปที่ 2.10 หุ่นยนต์ Scara Robot	11
รูปที่ 2.11 หุ่นยนต์ Articulated Robot	11
รูปที่ 2.12 หุ่นยนต์ Parallel Robot	12
รูปที่ 2.13 ตัวอย่าง End Effector	13
รูปที่ 2.14 การใช้หุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนย้ายวัตถุ	13
รูปที่ 2.15 การใช้หุ่นยนต์แขนกลในการประกอบรถยนต์	14
รูปที่ 2.16 การใช้หุ่นยนต์แขนกลเพื่อคัดแยกสินค้า	14
รูปที่ 2.17 การใช้หุ่นยนต์แขนกลในการผ่าตัด	15
รูปที่ 2.18 หุ่นยนต์ YuMi	16
รูปที่ 2.19 หุ่นยนต์เพาะปลูก	17
รูปที่ 2.20 การตรวจจับวัตถุ	18
รูปที่ 2.21 การตรวจจับลักษณะของมือ	19
รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของโรงงาน	24

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.2 แสดงโพล์ชาร์ตการทำงานของหลักของโปรแกรม	25
รูปที่ 3.3 แสดงโพล์ชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์	26
รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อของฮาร์ดแวร์	27
รูปที่ 3.5 เซอร์โวมอเตอร์ ทั้ง 4 ตัว	28
รูปที่ 3.6 ภาพวงจรภายในหุ่นยนต์แกนกล	28
รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แกนกลชิ้นส่วน A	29
รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แกนกลชิ้นส่วน B	30
รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แกนกลชิ้นส่วน C	31
รูปที่ 3.10 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชิ้นส่วน A-1	32
รูปที่ 3.11 การประกอบชิ้นส่วน A-2 และเซอร์โวมอเตอร์	32
รูปที่ 3.12 การประกอบชิ้นส่วน A-3	33
รูปที่ 3.13 ประกอบชิ้นส่วน B-1	33
รูปที่ 3.14 ประกอบชิ้นส่วน B-2	34
รูปที่ 3.15 ประกอบชิ้นส่วน B-4	34
รูปที่ 3.16 ประกอบชิ้นส่วน B-6	35
รูปที่ 3.17 ประกอบชิ้นส่วน B-3	35
รูปที่ 3.18 ประกอบชิ้นส่วน C-2	36
รูปที่ 3.19 ประกอบชิ้นส่วน C-3	36
รูปที่ 3.20 ประกอบมือคืบ	37
รูปที่ 3.21 ติดตั้งเซอร์โว	37

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.22 UI ของโปรแกรม Arm Robot Control	38
รูปที่ 3.23 UI ของฟังก์ชัน Pattern set Control	38
รูปที่ 3.24 UI ของฟังก์ชัน Gesture Control	39
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล	43
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control	47
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการประเมินด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control	47
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล	48
รูปที่ 4.5 การควบคุมโดยการใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป	49
รูปที่ 4.6 การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ	50
รูปที่ 4.7 คิวอาร์โค้ดคลิปแสดงตัวอย่างการทำงาน	50

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป	41
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ	41
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล	44
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล	45

ประมวลศัพท์และคำย่อ

AI = Artificial intelligence

UI = User interface

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้รับการพัฒนาจากอดีตมาอย่างต่อเนื่อง องค์กรหรือหน่วยงานทั้งภาคเอกชนและรัฐบาลได้ให้ความสนใจและความสำคัญในการพัฒนาหุ่นยนต์เพิ่มมากขึ้น ในอดีตเทคโนโลยีหุ่นยนต์ยังคงถูกจำกัดอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ และถูกใช้งานอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ที่มีส่วนช่วยให้มนุษย์มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น และเทคโนโลยีหุ่นยนต์เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ หุ่นยนต์ได้กลายเป็นผู้ให้ความบันเทิงตอบสนองความพึงพอใจของมนุษย์ หุ่นยนต์เพื่อความบันเทิงนั้นได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเติบโตเพิ่มขึ้น

หุ่นยนต์แขนกลมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับแขนและมือของมนุษย์ มีข้อต่อและทำงานคล้ายกับแขนของมนุษย์ ถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ ลดภาระในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ลดความเสี่ยงจากอันตรายในการทำงานของมนุษย์ และใช้ในการศึกษา หุ่นยนต์แขนกลสามารถควบคุมสั่งการได้ผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟนและคำสั่งโปรแกรม ซึ่งการสั่งการควบคุมผ่านโปรแกรมหรืออุปกรณ์สมาร์ตโฟนนั้นไม่สามารถควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวได้ทันทีที่ต้องการเขียนคำสั่งจึงจะสามารถเคลื่อนไหวได้

ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาให้หุ่นยนต์แขนกลที่สามารถควบคุมได้ผ่านการเลียนแบบพฤติกรรมท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์ได้แบบเรียลไทม์แทนการควบคุมสั่งการเคลื่อนไหวผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟนและคำสั่งโปรแกรมแบบเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 พัฒนาหุ่นยนต์แขนกลให้สามารถควบคุมผ่านการเคลื่อนไหวของมนุษย์ได้
- 1.2.2 เพื่อให้หุ่นยนต์มีการตอบสนองกับมนุษย์ได้ทันที

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สามารถรับส่งชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวของมือเพื่อสั่งการหุ่นยนต์แขนกลผ่านกล้อง
- 1.3.2 มีกล้องตรวจจับโครงร่างของมือด้วย Computer Vision
- 1.3.3 สามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ทั้ง 4 ของหุ่นยนต์แขนกล จำนวน 1 ตัว
- 1.3.4 สามารถควบคุมผ่านโปรแกรม Arm Robot Control
- 1.3.5 มีคู่มือการใช้งานเบื้องต้น

1.3.6 มีชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูปไม่น้อยกว่า 4 ชุด

1.3.7 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวตามมือได้ทันที

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

1.4.2 ประกอบหุ่นยนต์

1.4.3 เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

1.4.4 ทดสอบการใช้งาน

1.4.5 ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด

1.4.6 สรุปผลและจัดทำเอกสารโครงการ

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน / ปี 65-66												ผู้รับผิดชอบ
	มิ.ย.65	ก.ค.65	ส.ค.65	ก.ย.65	ต.ค.65	พ.ย.65	มี.ค.66	เม.ย.66	พ.ค.66	มิ.ย.66	ก.ค.66	ส.ค.66	
1. ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการงาน	↔			↔					↔↔				ร่วมกัน
2. ประกอบหุ่นยนต์				↔	↔				↔↔				ร่วมกัน
3. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์					↔		↔			↔↔			ร่วมกัน
4. ทดสอบการใช้งาน										↔↔	↔		ร่วมกัน
5.ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด										↔↔	↔		ร่วมกัน
6. สรุปผลและจัดทำเอกสารโครงการงาน											↔↔		ร่วมกัน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

- 1.5.1 พัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถควบคุมผ่านการเคลื่อนไหวของมนุษย์
- 1.5.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย
- 1.5.3 สามารถเพิ่มศักยภาพความสามารถให้กับหุ่นยนต์
- 1.5.4 เพิ่มความสะดวกสบายในการควบคุมหุ่นยนต์

บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับโครงงาน

2.1 นิยามศัพท์

2.1.1 AI คือ สมอที่ถูกรังด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีฟังก์ชันความสามารถเลียนแบบการคิดได้เหมือนสมอของมนุษย์ สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้กำหนดคำจำกัดความของปัญญาประดิษฐ์ไว้ว่า หมายถึง ศาสตร์ที่รวบรวมองค์ความรู้ในหลายสาขาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านวิทยาศาสตร์และ วิศวกรรมศาสตร์มาพัฒนาให้เครื่องจักรหรือระบบคอมพิวเตอร์มีความชาญฉลาดสามารถคิด คำนวณ วิเคราะห์ เรียนรู้และตัดสินใจ โดยใช้เหตุผลได้เหมือนสมอของมนุษย์ และสามารถเรียนรู้พัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์เองได้

2.1.2 Python คือ ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูง โดยถูกออกแบบมาให้เป็นภาษาสคริปต์ที่อ่านง่าย โดยตัดความซับซ้อนของโครงสร้างและไวยากรณ์ของภาษาออกไป ในส่วนของการแปลงชุดคำสั่งที่เขียนให้เป็นภาษาเครื่อง Python มีการทำงานแบบ Interpreter คือเป็นการแปลชุดคำสั่งทีละบรรทัด เพื่อป้อนเข้าสู่หน่วยประมวลผลให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามต้องการ นอกจากนั้นภาษาโปรแกรม Python ยังสามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายประเภท โดยไม่ได้จำกัดอยู่ที่งานเฉพาะทางใดทางหนึ่ง (General-purpose language) จึงทำให้มีการนำไปใช้กันแพร่หลายในหลายองค์กรใหญ่ระดับโลก เช่น Google, YouTube, Instagram, Dropbox และ NASA เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ตราสัญลักษณ์โปรแกรม Python
(ที่มา: <https://www.python.org>)

2.1.3 MediaPipe คือ ไลบรารีด้านการตรวจจับวัตถุ โดยภายในไลบรารีจะรวบรวมอัลกอริทึมจากนักวิจัยอื่น ๆ เอาไว้เพื่อให้สามารถเรียกใช้งานได้สะดวก เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยการใช้เทคนิคการกำหนดจุด (Landmark) เพื่อหาค่าพิกเซอร์ที่สำคัญของภาษามือ (Feature Extracture) MediaPipe จะแสดงตำแหน่งของจุดพิกัด

แกน x, y และ z บนมือทั้งสอง โดยมีตำแหน่ง ทั้งหมด 21 จุดต่อมือ 1 ข้าง ดังนั้นจะได้จุดทั้งหมด 42 ตำแหน่ง (มือซ้าย-ขวา) หลังจากได้ตำแหน่งทั้งหมด 42 จุดก็จะถูกส่งต่อ และเก็บไว้ที่ CSV ไฟล์



รูปที่ 2.2 ตราสัญลักษณ์ MediaPipe
(ที่มา: <https://medium.com>)

2.1.4 OpenCV คือ ไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม โดยจะมีเป้าหมายไปที่การแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ OpenCV ถูกพัฒนาขึ้นโดย Intel เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ Open Source ที่นำมาใช้สร้าง Machine Learning หรือ AI ในการจำแนกวัตถุ หรือ การจดจำใบหน้า และไลบรารีนี้มีภาษาที่ใช้ในการพัฒนาคือ C++ และรองรับภาษา Python, Java และ MathLab โดย OpenCV เป็นไลบรารีแบบข้ามแพลตฟอร์ม และสามารถใช้งานได้ฟรีภายใต้ ลิขสิทธิ์ของ BSD แบบ Open Source โดย OpenCV ยังรองรับ Frame Work การเรียนรู้เชิงลึก Deep Learning Frameworks เช่น TensorFlow, Torch, PyTorch เป็นต้น

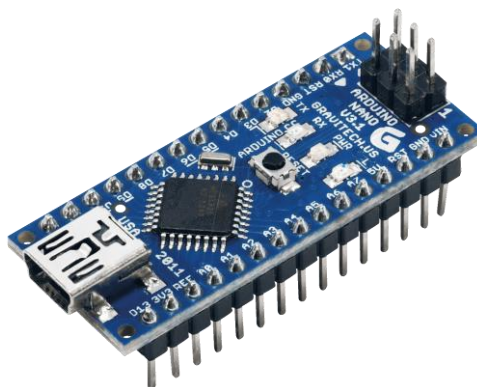
2.1.5 Image Processing หรือ การประมวลผลภาพ เป็นกระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในแบบดิจิทัล โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามความต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ มีหลากหลายรูปแบบซึ่งเราเรียกโดยรวมว่าปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) การปรับเปลี่ยนหรือแปลงรูปภาพทั้งขนาดและรูปร่าง (Image Transformation) การกรองภาพหรือการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (Image Filters) การซ้อนทับภาพ (Image Registration) การคืนสภาพของภาพ (Image Restoration) การตัดแบ่งภาพหรือคัดเลือกส่วนที่ต้องการและการหาขอบภาพในวัตถุ (Image Segmentation and Edge Detection) การบีบอัดภาพ (Image Compression) การสร้างภาพ 3 มิติ (3D Image Reconstruction) เป็นต้น

2.1.6 Arduino IDE เป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส ซึ่งใช้สำหรับเขียนและอัปโหลดโค้ดไปยังบอร์ด Arduino โปรแกรม IDE เหมาะสำหรับการใช้งานในระบบปฏิบัติการต่างๆ เช่น Windows, Mac OS X และ Linux รองรับการเขียนโปรแกรมภาษา C และ C++ การอัปโหลดโค้ดหรือโปรแกรมที่เขียนในซอฟต์แวร์ Arduino IDE จำเป็นต้องเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับ Arduino IDE ก่อน ไฟล์ที่ได้รับการบันทึกจากโปรแกรม Arduino IDE จะถูกบันทึกด้วยนามสกุล .ino



รูปที่ 2.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE
(ที่มา: <https://en.m.wikipedia.org>)

2.1.7 Arduino Nano เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์ ATmega328P-AU เป็นไอซีหลัก ซึ่งภายในตัวไอซีจะขา INPUT และ OUTPUT แบบดิจิตอลจำนวน 14 ขา สามารถใช้เป็นขา PWM output จำนวน 6 ขา นอกจากนั้นยังมีขาแบบ Analog ให้งานจำนวน 8 ขา บนบอร์ดยังมีสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายสำหรับผู้เริ่มต้น เช่น ขั้ว USB แบบ MiniUSB ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ ขั้วต่อ ICSP และปุ่ม Reset เป็นต้น บอร์ด NANO 3.0 สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE ได้ทุกเวอร์ชัน ขนาดของ Flash Memory คือ 32 กิโลไบต์ โดยถูกจองด้วยโปรแกรม bootloader เป็นจำนวน 0.5 กิโลไบต์ ขนาดของ SRAM คือ 2 กิโลไบต์ และขนาดของ EEPROM คือ 1 กิโลไบต์



รูปที่ 2.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano
(ที่มา: <https://amazin.su>)

2.1.8 เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed) ควบคุมแรงบิด (Torque) ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position) ระยะทางในการเคลื่อนที่(หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง



รูปที่ 2.5 เซอร์โวมอเตอร์
(ที่มา: <https://shopee.co.th>)

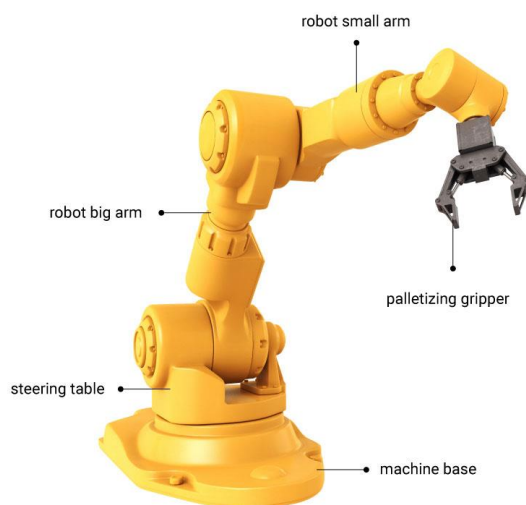
2.2 ทฤษฎีและหลักการ

2.2.1 หุ่นยนต์ (Robot)

หุ่นยนต์หรือเรียกทับศัพท์ว่า โรบอต คือ เครื่องจักรกล ชนิดหนึ่งทำงานด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ ที่สามารถทำงานซ้ำ ๆ และซับซ้อนได้ดี และงานที่มีความยากลำบากที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้ หุ่นยนต์เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น ระบบอัตโนมัติในเครื่องซักผ้า เครื่องล้างจาน เป็นต้น หุ่นยนต์เป็นการรวมศาสตร์ทางวิศวกรรมต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างหุ่นยนต์ เช่น วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น และมีการพัฒนาให้หุ่นยนต์มีลักษณะที่เสมือนมนุษย์มากขึ้น 2.2.2 หุ่นยนต์แขนกล

หุ่นยนต์แขนกล (Arm Robot) คือ เครื่องจักรกลที่มีฟังก์ชันการทำงานคล้ายกับแขนของมนุษย์ ควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน สถาปัตยกรรมของหุ่นยนต์ ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงาน, สื่อกลาง สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ หุ่นยนต์แขนกล และ หุ่นยนต์แขนกล โดยหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ตัว

ควบคุมหุ่นยนต์แขนกล เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) และอุปกรณ์เสริมสำหรับงานโดยเฉพาะ เช่น กริปเปอร์ (Gripper) หรือกริปเปอร์สุญญากาศ (Vacuum Gripper)

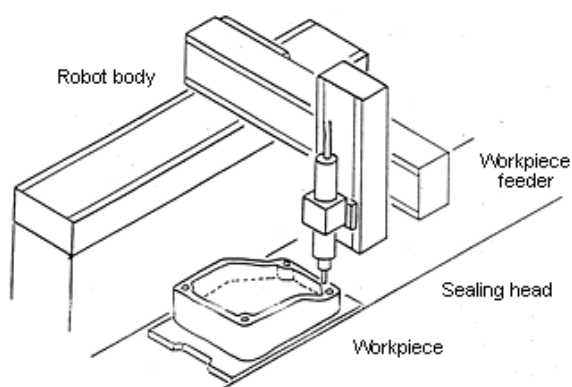


รูปที่ 2.6 หุ่นยนต์แขนกล
(ที่มา: <https://www.jenbunjerd.com>)

2.2.3 ประเภทของแขนกล

2.2.3.1 Cartesian Coordinate Robot

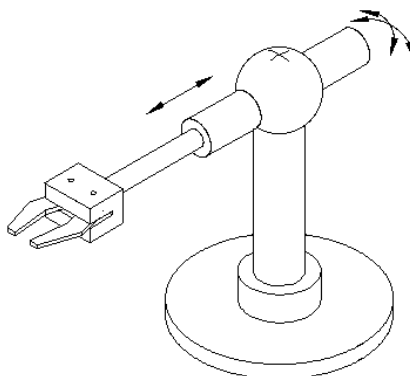
เป็นหุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานในลักษณะทรงลูกบาศก์ที่มีการเคลื่อนที่ของรอยต่อแกน X แกน Y และแกน Z เป็นแบบเลื่อน (Prismatic; P) หรือเรียกว่า หุ่นยนต์ PPP ดังนั้นจะง่ายต่อการโปรแกรม มีความละเอียดแม่นยำในการทำงานสูง ใช้ในงานหยิบจับและวางชิ้นงาน ประกอบชิ้นงานเครื่อง CNC และงานเชื่อม



รูปที่ 2.7 หุ่นยนต์ Cartesian Coordinate Robot
(ที่มา: <https://www.shibaura-machine.co.jp>)

2.2.3.2 Spherical Robot หรือ Polar Robot

เป็นหุ่นยนต์ที่มีรอยต่อ 2 รอยต่อเป็น แบบหมุน (Revolute; R) และ 1 รอยต่อเป็นแบบเลื่อน (Prismatic; P) ด้วยแกนหมุน 2 แกนและแกนเลื่อน 1 แกน หรือเรียกว่า หุ่นยนต์ RPR ทำให้แขนของหุ่นยนต์มีพื้นที่การทำงาน มีลักษณะเป็นทรงกลม นิยมใช้ในงานจับยกหรือเคลื่อนย้ายสิ่งของ งานเชื่อมไฟฟ้า และเชื่อมแก๊ส

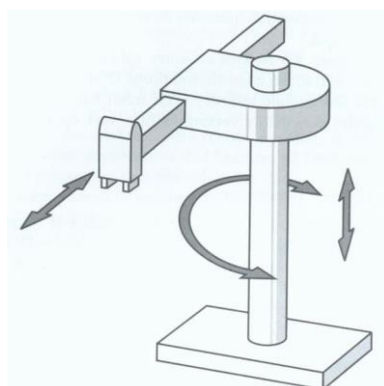


รูปที่ 2.8 หุ่นยนต์ Spherical Robot

(ที่มา: <https://uaslprobotics101.home.blog>)

2.2.3.3 Cylindrical Robot

เป็นหุ่นยนต์ที่มีรอยต่อ 2 รอยต่อเป็นแบบเลื่อน และ 1 รอยต่อเป็นแบบหมุน หรือเรียกว่า หุ่นยนต์ RPP ทำให้มีพื้นที่การทำงานในลักษณะเป็นทรงกระบอก นิยมใช้ในงานประกอบชิ้นส่วน งานเชื่อมจุด

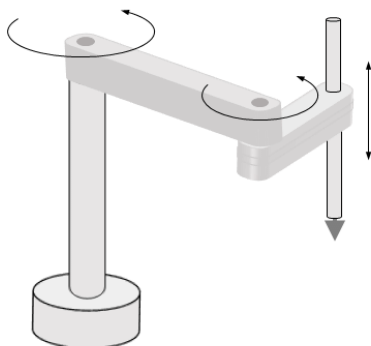


รูปที่ 2.9 หุ่นยนต์ Cylindrical Robot

(ที่มา: <https://www.researchgate.net>)

2.2.3.4 Scara Robot

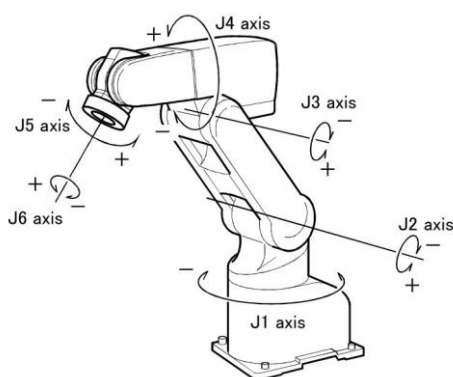
เป็นหุ่นยนต์ที่แกนของแขนกลหมุนขนาน กัน 2 แกน และเลื่อน 1 แกน หรือเรียกว่า หุ่นยนต์ RRP ใช้ในงานหยิบจับและวางวัตถุ งานประกอบชิ้นส่วน และงานเครื่องมือกล



รูปที่ 2.10 หุ่นยนต์ Scara Robot
(ที่มา: <https://www.researchgate.net>)

2.2.3.5 Articulated Robot (Joint Arm Robot)

เป็นหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยรอยต่อหมุนการทำงานของจุดต่อต่าง ๆ คล้ายกับการทำงานของมนุษย์โดยจุดต่อต่าง ๆ ได้แก่ เอว (Waist) ไหล่ (Shoulder) ข้อศอก (Elbow) และข้อมือ (Wrist) หรือเรียกว่า หุ่นยนต์ 6R สามารถเคลื่อนที่หมุนขึ้นลง และทางด้านข้างของตัวเองได้ เช่น หุ่นยนต์ Puma560 นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่าชนิดอื่นๆ เพราะมีความแข็งแรง และมีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง อีกทั้งยังต้องการระบบควบคุมที่ซับซ้อน



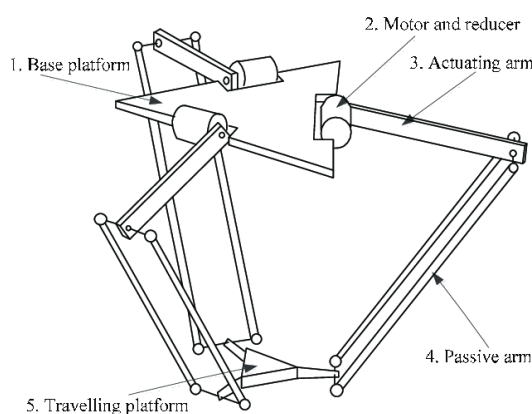
รูปที่ 2.11 หุ่นยนต์ Articulated Robot
(ที่มา: <https://www.researchgate.net>)

2.2.3.6 Spine Robot

หรือเรียกว่า หุ่นยนต์งู (Snakebot) เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ไปมาคล้ายงู มีความซับซ้อนในการควบคุมพิกัดตำแหน่ง เหมาะอย่างยิ่งกับการทำงานในพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง เช่น การค้นหาสิ่งมีชีวิตในพื้นที่คับแคบ หรืองานสำรวจในพื้นที่คับแคบ หรือเป็นเครื่องมือในการผ่าตัด

2.2.3.7 Parallel Robot

หรือหุ่นยนต์สามเหลี่ยม (Delta Robot) หรือ Stewart Platform หุ่นยนต์แบบคู่ขนาน เป็นโซ่กลไกแบบปิด ประกอบด้วยฐานที่เป็นแผ่นและประกบด้วยแผ่นเอนด์เอฟเฟกเตอร์ (End Effector) ทางด้านบนโดยวิธีติดตั้งขาต่อที่เป็นตัวขับเคลื่อนแบบแกนต่อเลื่อน (กระบอกไฮดรอลิกหรือนิวแมติกส์) จำนวน 6 ตัว ผ่านข้อต่อยูนิเวอร์แซล (Universal Joint) ซึ่งก้านต่อจะรับรู้เพียงการกดอัดหรือการยืดตัวไม่เกิดการโค้งงอ ทำให้เพิ่มความแม่นยำในตำแหน่งการทำงาน และโครงสร้างมีน้ำหนักเบา หุ่นยนต์สามเหลี่ยม นิยมใช้การบรรจุภัณฑ์ในโรงงานทางการแพทย์และยาที่สามารถทำงานได้ค่อนข้างรวดเร็ว บางงานมีความรวดเร็วได้ถึง 300 ครั้งต่อนาที



รูปที่ 2.12 หุ่นยนต์ Parallel Robot

(ที่มา: <https://www.researchgate.net>)

2.2.4 ส่วนปลายสุดของแขนกล (End Effector)

End Effector คือ อุปกรณ์พิเศษที่ติดตั้งอยู่ที่ข้อมือของหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานพิเศษเฉพาะได้อย่างสมบูรณ์ และจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับงานต่างๆ อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องมือซึ่งอาจจะเป็นไขควง ประแจ หัวเชื่อมอาร์ก หัวพ่นสี ไขควง ดอกเจาะ และกริปเปอร์ (Gripper) เพื่องานหยิบจับชิ้นงานจากที่หนึ่งและวางไว้ในอีกที่หนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นมือจับทางกล มือจับแบบสุญญากาศ และมือจับแบบแม่เหล็ก



รูปที่ 2.13 ตัวอย่าง End Effector
(ที่มา: <https://www.universal-robots.com>)

2.2.5 การประยุกต์ใช้งานแขนกล

2.2.5.1 ด้านอุตสาหกรรม

1) การเคลื่อนย้ายวัตถุหรือชิ้นงาน

เป็นการนำแขนกลไปใช้งานเพื่อขนย้ายวัตถุหรือชิ้นงานจากที่หนึ่งไปวางอีกที่หนึ่ง ซึ่งการใช้แขนกลนี้จะสามารถเคลื่อนย้ายได้ตามตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างแม่นยำและสามารถทำงานความเร็วสูงและคงที่



รูปที่ 2.14 การใช้หุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนย้ายวัตถุ
(ที่มา: <https://www.packagingdigest.com>)

2) การประกอบชิ้นงาน

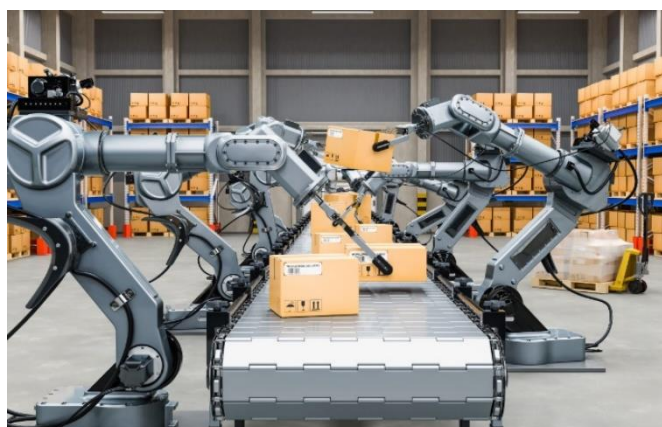
การประกอบชิ้นงานคือการนำวัตถุหรือชิ้นส่วนไปประกอบกับชิ้นส่วนอีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งการประกอบเข้าด้วย อาจเป็นการวางประกบเข้ากัน หรืออาจขันสกรู ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.15 การใช้หุ่นยนต์แขนกลในการประกอบรถยนต์
(ที่มา: <https://www.raillynews.com>)

3) การคัดแยกหรือจัดเรียงชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ใช้ในการผลิตอาจไม่มีความเป็นระเบียบตัวควบคุมจะสั่งให้แขนกลหยิบชิ้นงานชิ้นนั้นไปวางใน ตำแหน่งที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.16 การใช้หุ่นยนต์แขนกลเพื่อคัดแยกสินค้า
(ที่มา: <https://www.salika.co>)

2.2.5.2 ด้านการแพทย์

ในงานด้านการแพทย์เริ่มนำหุ่นยนต์แขนกลเข้ามามีส่วนร่วมในการช่วยทำการผ่าตัดคนไข้ เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นสามารถทำงานในด้านที่มีความละเอียดสูงที่เกินกว่ามนุษย์จะทำได้ เช่น การนำเอาหุ่นยนต์มาใช้งานด้านการผ่าตัดสมอง ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องการความละเอียดในการผ่าตัด หุ่นยนต์แขนกลจึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของการผ่าตัดในด้านการแพทย์ การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลในการผ่าตัดจะเป็นลักษณะการทำงานของ การควบคุมการผ่าตัดโดยผ่านทางแพทย์ผู้ทำการผ่าตัดอีกที ซึ่งการผ่าตัดโดยมีหุ่นยนต์แขนกลเข้ามามีส่วนร่วมนั้นจะเน้นเรื่องความปลอดภัยเป็นอย่างสูง

การใช้แขนกลช่วยผ่าตัดถือเป็นวิธีการรักษาที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากการผ่าตัดด้วยกล้องซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าการสอดเครื่องมือเข้าไปผ่าตัดในร่างกายของผู้ป่วยโดยไม่ต้องเปิดปากแผลกว้าง ทำให้ร่างกายผู้ป่วยบอบช้ำน้อย มีโอกาสฟื้นตัวเร็วกลับบ้านได้เร็วกว่าการผ่าตัดแบบเปิด (Open Surgery) และหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดยังได้รับการพัฒนาไปอีกขั้นด้วยเทคโนโลยีระบบภาพ 3 มิติที่มีความละเอียดสูงและมีกำลังขยายภาพอย่างน้อย 5 เท่า (D High Definition : 3D HD) จากเดิมที่การผ่าตัดโดยใช้กล้อง สามารถให้เพียงภาพ 2 มิติเท่านั้นในขณะที่แขนกลก็ถูกพัฒนาให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นใกล้เคียงกับข้อมือมนุษย์ที่สามารถพลิกหรือหักงอได้อย่างอิสระตามการควบคุมของศัลยแพทย์ เปรียบเสมือนมือของศัลยแพทย์ที่สามารถสอดเข้าไปทำการผ่าตัดรักษาได้ในบริเวณที่อยู่ลึกหรือที่แคบซึ่งยากต่อการเข้าถึงกว่าการผ่าตัดแบบปกติ



รูปที่ 2.17 การใช้หุ่นยนต์แขนกลในการผ่าตัด
(ที่มา: <https://inlandurology.com>)

2.2.5.3 ด้านการบริการ

ในปัจจุบันแนวโน้มการใช้งานหุ่นยนต์ในภาคบริการมีจำนวนเพิ่มขึ้น องค์กรจากหลากหลายธุรกิจนำหุ่นยนต์ไปใช้ในการให้บริการ ซึ่งการนำหุ่นยนต์มาใช้นั้นเป็นการเข้ามาช่วยลดภาระในการทำงานของมนุษย์



รูปที่ 2.18 หุ่นยนต์ YuMi

(ที่มา: <https://www.smethailandclub.com>)

จากรูปที่ 2.18 เป็นหุ่นยนต์แขนกลอัจฉริยะที่สามารถป้อนโปรแกรมเพื่อให้เป็นบาร์ิสต้า ผู้ช่วยในการชงกาแฟแบบอัตโนมัติ ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวมีชื่อว่า YuMi เป็นของบริษัท เอบีบีกรุ๊ป ประเทศสวีตเซอร์แลนด์ เดิมทีเป็นหุ่นยนต์แขนกลที่ออกแบบมาเพื่อประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ได้โดยไม่เป็นอันตราย มีความแม่นยำและคล่องแคล่วสูง ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวสามารถป้อนโปรแกรมให้ทำงานต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น แก้วจืดเกมส์ รูบรีค พับกระดาษ และอื่นๆ อีกมากมาย

2.2.5.4 ด้านการเกษตร

มีการพัฒนาในหลากหลายแขนงด้วยวัตถุประสงค์ลดแรงงานคน ลดค่าใช้จ่าย เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และเพิ่มผลผลิต โดยใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในการทำงานแทนมนุษย์ ซึ่งมีความแม่นยำ และทำงานได้ตลอดทั้งวันไม่มีเวลาหยุดพัก ทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำเกษตรลดลง เมื่อเทียบกับผลผลิตที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.19 หุ่นยนต์เพาะปลูก
(ที่มา: <https://www.smethailandclub.com>)

2.2.6 Computer Vision

Computer vision เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับวิธีที่คอมพิวเตอร์นั้นสามารถทำความเข้าใจขั้นสูง เช่น รูปภาพและวิดีโอ หรือสื่อดิจิทัล และในมุมมองของวิศวกร คอมพิวเตอร์นั้นพยายามที่จะทำงาน หรือเข้าใจการมองเห็นของมนุษย์ในการทำความเข้าใจของคอมพิวเตอร์นั้นจะเป็นการทำความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยจะใช้กระบวนการทางเลขาคณิตและสถิติ

2.2.6.1 การทำงานของ computer vision

เทคโนโลยีการแยกแยะและจดจำภาพนี้มีขั้นตอนการทำงานพื้นฐาน 3 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้

1) การจับภาพหรือนำเข้าข้อมูลภาพ

ภาพต่างๆ หรือแม้แต่รูปภาพจำนวนมากสามารถที่จะถูกนำเข้าในระบบได้ผ่านวิดีโอ ภาพถ่าย หรือแม้แต่ภาพสามมิติ เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

2) การประมวลผลจากภาพ

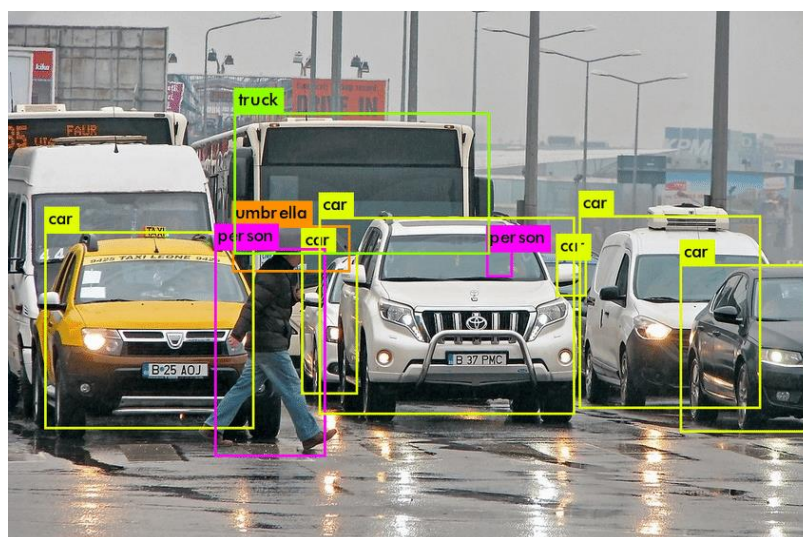
แบบจำลอง deep learning จะทำงานในขั้นตอนนี้โดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่จะสามารถทำงานได้ดังกล่าว จะต้องได้รับการฝึกฝนก่อนด้วยการป้อนข้อมูลภาพจำนวนมาก โดยมีการระบุวัตถุในภาพก่อนในขั้นตอนของการเรียนรู้

3) การทำความเข้าใจเพื่อตีความภาพ

การตีความ ซึ่งวัตถุที่ปรากฏจะถูกระบุชนิดหรือจัดประเภทในขั้นตอนนี้

2.2.7 Object detection

คือ การตรวจหาวัตถุแบบเฉพาะเจาะจงในภาพแต่ละภาพ ซึ่งมีการทำงานในระดับสูงที่สามารถระบุวัตถุหลายชิ้นในภาพเดียวกันได้ เช่น ในภาพของการแข่งขันฟุตบอลนั้น อาจระบุวัตถุต่างๆ ได้แก่ สนามฟุตบอล ผู้เล่นฝั่งทีมรุก ผู้เล่นฝั่งทีมรับ ฯลฯ โดยการทำงานของแบบจำลองการวิเคราะห์นี้อาศัยการทำจุดพิกัดตามแกน X และ Y เพื่อสร้างกล่องสำหรับการพิจารณา และระบุวัตถุทุกชิ้นที่อยู่ในพื้นที่กล่องแต่ละกล่องที่กำหนดขึ้น

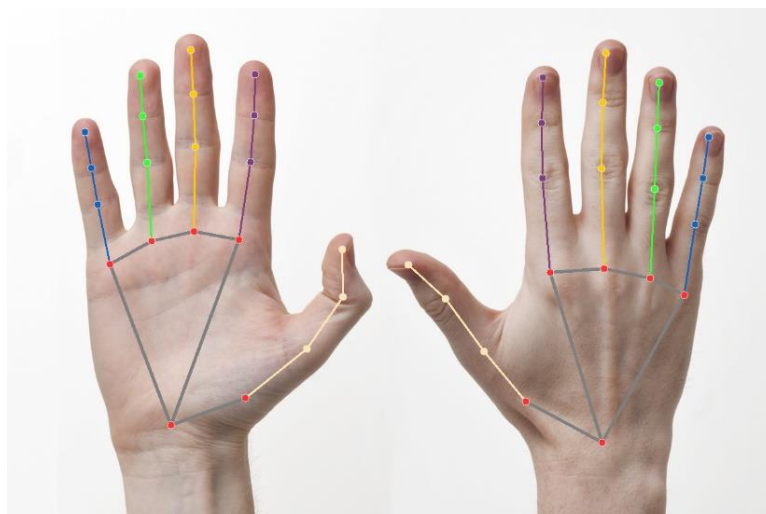


รูปที่ 2.20 การตรวจจับวัตถุ

(ที่มา: <https://www.researchgate.net>)

2.2.8 Hand Tracking

เป็นการประยุกต์ใช้ Computer Vision และ Object Detection เพื่อตรวจจับลักษณะของมือ (Hand Gesture) มีแนวคิดคล้ายกับฟังก์ชัน Focus ใบหน้าของกล้องดิจิทัล เพียงแต่ Hand Tracking จะตรวจจับ และติดตามมือเพียงเท่านั้น ซึ่งจะต้องใช้ Machine Learning และ Deep Learning มาช่วยในการจัดการการเคลื่อนไหวต่างๆ โดยที่ Google ได้ออกแบบ MediaPipe แพลตฟอร์ม AI แบบ Open Source ที่ช่วยในเรื่องนี้โดยเฉพาะ



รูปที่ 2.21 การตรวจจับลักษณะของมือ

(ที่มา: <https://apmonitor.com>)

2.3 รายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ผู้พัฒนาได้ศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง และที่เป็นประโยชน์ต่อระบบที่ได้ทำการพัฒนา ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ ดังนี้

งานวิจัยของ Dr. C.K. Gomathy, Mr. G. Niteesh และ Mr. K. Sai Krishna (2564) เป็นการนำเสนอ THE GESTURE CONTROLLED ROBOT โดยได้อธิบายเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยท่าทางของมือ (Gesture Control Robot) โดยหุ่นยนต์นี้สามารถรับคำสั่งหรือควบคุมการทำงานของมันผ่านท่าทางของมือของมนุษย์ได้ โดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น กล้องถ่ายภาพ, การประมวลผลภาพ และการเรียนรู้ของเครื่องจักร หุ่นยนต์นี้สามารถตรวจจับและอ่านความหมายของท่าทางมือที่ผู้ใช้ทำได้ และแปลงเป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยของ Shriya A. Hande และ Nitin R. Chopde (2563) เป็นการนำเสนอ Implementation of Gesture Control Robotic Arm for Automation of Industrial Application โดยได้พัฒนาหุ่นยนต์แขนกลที่ควบคุมด้วยท่าทางมือในงานอุตสาหกรรม การนำเอาเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมาใช้ เช่น กล้องถ่ายภาพ, การประมวลผลภาพ, และการเรียนรู้ของเครื่องจักร หุ่นยนต์นี้สามารถตรวจจับและอ่านความหมายของท่าทางมือที่ผู้ใช้ทำได้ และแปลงเป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้อย่างแม่นยำและได้มีการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์แขนกลที่ควบคุมด้วยท่าทางมือในงานอุตสาหกรรมและการทำงานต่าง ๆ ซึ่งมีการใช้งานในหลากหลายสาขาอุตสาหกรรม เช่น การผลิต, การจัดการสินค้า และการให้บริการอื่น ๆ การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์แขนกลที่ควบคุมด้วยท่าทางมือช่วยลดเวลาและความขัดแย้งในการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการที่ต้องการความรวดเร็วและความแม่นยำ

งานวิจัยของ Rishank S Nair, Sadhana Kumar และ N Soumya (2561) เป็นการนำเสนอ A Study On Gesture Controlled Robotic Arms And Their Various Implementations โดยได้อธิบายถึงกระบวนการการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลที่ควบคุมด้วยท่าทางมือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการทำงานและการสื่อสารกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรม การใช้เทคโนโลยีทางไฟฟ้าและการสื่อสารในระบบเครือข่ายไฟฟ้าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและก็นำเชื่อถือในการควบคุมและตรวจวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบอุตสาหกรรม ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่มีอยู่ในการใช้เทคโนโลยีทางไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและตรวจวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบอุตสาหกรรม

งานวิจัยของ Priyank Garg, Mansi Patel และ Harshit Verma (2565) เป็นการนำเสนอ Gesture Controlled Robot with Robotic Arm โดยได้ออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยท่าทางมือพร้อมแขนกลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการทำงานและการสื่อสารกับเครื่องจักร การนำเทคโนโลยีทางไฟฟ้าและการสื่อสารมาปรับใช้ในระบบเครือข่ายไฟฟ้าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและตรวจวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยท่าทางมือ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่มีอยู่ในการใช้เทคโนโลยีทางไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและตรวจวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบหุ่นยนต์

งานวิจัยของ D P Karthik, Diganth Bhargava H S และ Manjunath (2561) เป็นการนำเสนอ Hand Gesture Controlled Robotic Arm for Industrial Application โดยได้อธิบายการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยท่าทางมือสำหรับการตรวจสอบและป้องกันความปลอดภัยในงานด้านการรักษาความปลอดภัย ในบทความนี้ได้แนะนำรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของหุ่นยนต์ รวมถึงการพัฒนาอัลกอริทึมในการตรวจจับท่าทางมือ ผ่านการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรภายใน (Machine Learning) ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถตรวจจับและติดตามท่าทางมือได้อย่างแม่นยำ มีการอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนารวมถึงผลการทดสอบและการประยุกต์ใช้งานจริง โดยมุ่งเน้นในงานด้านการรักษาความปลอดภัยและการป้องกันความเสี่ยงในสถานที่ต่างๆ

งานวิจัยของ Rahul G. Baldawa, Akash A. Erande, Gaurav G. Pole และ Meghana M. Deshpande (2561) เป็นการนำเสนอ Gesture Controlled Mobile Robotic Arm Using Accelerometer โดยได้พัฒนาแขนกลที่สามารถควบคุมด้วยท่าทางมือของมนุษย์สำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ในช่วงเวลาล่าสุดได้เห็นว่า การใช้หุ่นยนต์มีความสำคัญอย่างมากในงานประจำวัน ดังนั้นการควบคุมและอัตโนมัติเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มระดับการติดต่อระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า การใช้หุ่นยนต์มีผลบวกต่อจิตวิทยาของมนุษย์ บทความนี้อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแขนกลและวิธีการควบคุมแขนกลด้วยการรับรู้ท่าทาง

มือ แขนกลสามารถสร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติต่าง ๆ เช่น PLD, FDL เป็นต้น เนื่องจากมีกลไกเกียร์ที่แตกต่างกันอยู่ในการออกแบบ การเคลื่อนไหวของแขนกลถูกสร้างขึ้นโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ที่มีแรงบิดสูง แขนกลถูกจำลองเป็นโมเดล CAD ก่อนที่จะถูกสร้างขึ้นจริง การแบ่งส่วนฮาร์ดแวร์รวมถึงการออกแบบและสังเคราะห์แขนกล ส่วนการแบ่งส่วนซอฟต์แวร์รวมถึงการควบคุมแขนกลด้วยการรับรู้ท่าทางมือและวิธีการเชื่อมต่อและสื่อสาร ผลลัพธ์ที่ได้คือแขนกลที่มีความสามารถในการเคลื่อนไหวในองศา 4 องศา ที่ควบคุมด้วยท่าทางมือที่ได้จากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ และส่งผ่านการสื่อสารไร้สายผ่านโมดูลระยะไกล

งานวิจัยของ Xing Li (2563) เป็นการนำเสนอ Human-robot interaction based on gesture and movement recognition โดยได้พัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ (Human-Robot Interaction, HRI) โดยใช้เทคโนโลยีการรู้จำท่าทางและการรู้จำการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ในการปฏิสัมพันธ์ทางสัมผัสภาพ (somatosensory interaction) เพื่อควบคุมแขนกลของหุ่นยนต์ และได้นำเสนอโมเดล HRI ของแขนกลหุ่นยนต์ที่ใช้ในการควบคุมแขนกลของหุ่นยนต์ โดยใช้เทคนิคการรู้จำท่าทางและการรู้จำการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ โดยใช้ 3D SSD architecture ในการระบุตำแหน่งและระบุตัวตนของท่าทางและการเคลื่อนไหวของแขนกล จากนั้นใช้วิธีการจับคู่แบบเทมเพลต DTW (Dynamic Time Warping) เพื่อระบุและรู้จำท่าทางไดนามิกอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการออกแบบสถานการณ์และโหมดการปฏิสัมพันธ์เพื่อการทดลองและการนำมาใช้งาน โดยการจำลองการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ที่มีการควบคุมด้วยการปฏิสัมพันธ์ทางสัมผัสภาพผ่านการรู้จำท่าทางและการรู้จำการเคลื่อนไหว โดยโหมดการปฏิสัมพันธ์รวมถึงการตรวจจับและรู้จำท่าทางและการเคลื่อนไหวที่เป็นนิ่งและไดนามิกของมือและแขน ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ในรูปแบบเสมือนจริง

งานวิจัยของ Ankit Bhagat, Anjali Chandrakar, Neha Sahu, Nihal Verma, Kusum Sahu (2560) เป็นการนำเสนอ Hand Gesture Controlled Robot โดยได้พัฒนาแขนเทียมสำหรับสถานการณ์ที่มนุษย์ไม่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมได้อย่างยากหรือเป็นไปไม่ได้ เช่นการเก็บข้อมูลจากภูเขาไฟที่เป็นพลังงาน หรือการทำให้ระเบิดระเบิดต่อเนื่อง ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแขนกลที่ควบคุมด้วยการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์ธรรมชาติ โดยใช้เซ็นเซอร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับกลไกควบคุมที่เหมาะสมและเพื่อลดระดับเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากเซ็นเซอร์ ใช้อัลกอริทึมเฉลี่ยเพื่อให้สัญญาณออกมาเรียบขึ้น การพัฒนาแขนกลนี้เชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม ATmega32 และ ATmega640 พร้อมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับการประมวลผลสัญญาณ ที่จะถูกเชื่อมต่อกันผ่านการสื่อสารแบบซีเรียล โปรโตไทป์ของแขนกลนี้อาจมีความสามารถในการแก้ปัญหาเช่นการวางหรือยกวัตถุที่อันตรายหรือวัตถุที่อยู่ห่างจากผู้ใช้

งานวิจัยของ Sarmad Hameed, Muhammad Ahson Khan, Bhawesh Kumar, Zeeshan Arain และ Moez ul Hasan (2560) เป็นการนำเสนอ Gesture Controlled Robotic Arm using Leap Motion โดยได้เสนอแนวคิดในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลที่ควบคุมด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวของมือผ่าน Leap Motion Controller (อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยแสง) โดยใช้แนวคิดของการตรวจจับและวิเคราะห์ท่าทางของมือเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลให้สามารถฝึกฝนและจำลองการกระทำของมือมนุษย์ได้ใกล้เคียง และได้อธิบายกระบวนการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลที่ควบคุมด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวของมือผ่าน Leap Motion Controller ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยแสงที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยการตรวจจับและวิเคราะห์ท่าทางของมือผ่าน Leap Motion Controller สามารถระบุและติดตามตำแหน่งและทิศทางของมือได้อย่างแม่นยำ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถของระบบในการตรวจจับและควบคุมหุ่นยนต์แขนกลตามท่าทางการเคลื่อนไหวของมือผ่าน Leap Motion Controller โดยสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ให้ทำซ้ำหรือจำลองการกระทำของมือมนุษย์ได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยของ Bharati Vidyapeeth (2556) เป็นการนำเสนอ Hand Gestures Remote Controlled Robotic Arm โดยได้เสนอแนวคิดในการพัฒนาระบบการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยการใช้งานของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำภารกิจเชิงบุคคลได้อย่างแม่นยำและเสถียร โดยเน้นไปที่การจับความรู้สึกลและการสื่อสารระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ และได้อธิบายกระบวนการพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยการใช้งานเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ถูกนำมาใช้ในการจับความรู้สึกลและการระบุท่าทางของมือของมนุษย์ โดยใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อวิเคราะห์และระบุท่าทางของมือในเวลาเกือบเรียลไทม์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถของระบบในการระบุและควบคุมท่าทางของมือโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก การทดลองนี้ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับท่าทางของมือและสื่อสารกับมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยของ Emrehan Yavşan และ Ayşegül Uçar (2558) เป็นการนำเสนอ Teaching human gestures to humanoid robots by using Kinect sensor โดยได้นำเสนออัลกอริทึมใหม่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อจดจำการกระทำของมนุษย์และทำซ้ำการกระทำของมนุษย์บนหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ การศึกษาประกอบด้วยสองส่วน ในส่วนแรกจะรับรู้ถึงระบบการเลียนแบบมนุษย์แบบเรียลไทม์ ตำแหน่งข้อต่อโครงกระดูกสามมิติที่ได้รับจาก Xbox 360 Kinect ตำแหน่งเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นมุมร่วมของแขนหุ่นยนต์ผ่านอัลกอริทึมการแปลงและมุมเหล่านี้จะถูกถ่ายโอนไปยังหุ่นยนต์ NAO สามารถทำให้การเลียนแบบหุ่นยนต์ NAO แบบเรียลไทม์ประสบความสำเร็จ

งานวิจัยของ Rachael Burns , Myounghoon Jeon and Chung Hyuk Park (2560) เป็น การนำเสนอ Robotic Motion Learning Framework to Promote Social Engagement โดยได้ นำเสนอการเลียนแบบของหุ่นยนต์ทำให้หุ่นยนต์สามารถโต้ตอบระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ได้ทดลอง กับหุ่นยนต์ ROBOTIS-OP2 ใช้กล้อง Microsoft Kinect และได้ทำการทดลองเฉพาะส่วนแขนเท่านั้น พบว่าหุ่นยนต์สามารถตอบสนองกับผู้ป่วยได้ดีแม้หุ่นยนต์จะไม่สามารถตอบสนองต่อผู้ป่วยได้ทันทีแต่ ก็สามารถทำหน้าที่บำบัดผู้ป่วยได้ดี ผู้ป่วยมีความสุขในการทดลองใช้งานหุ่นยนต์

งานวิจัยของ Gun Gun Maulana, Yuliadi Erdani , Aris Budiarto และ Wahyudi Purnomo Politeknik (2560) เป็นการนำเสนอ Design and building motion capture system using transducer Microsoft Kinect to control robot humanoid โดยได้นำเสนอการควบคุมหุ่นยนต์ ฮิวแมนนอยด์ผ่านการจับการเคลื่อนไหวเพื่อลดความซับซ้อนในการควบคุม โดยใช้กล้อง Microsoft Kinect เพื่อจับโครงร่างของมนุษย์ ข้อมูลจะถูกประมวลผลเพื่อให้ได้มุมและองศาของข้อ ต่อ และสั่ง การให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวแบบเดียวกับมนุษย์

งานวิจัยของ Dana Kulić (2561) เป็นการนำเสนอ Human Motion Imitation ได้ศึกษา เกี่ยวกับการเลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ โดยเริ่มจากการสังเกตการ เคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์มีการเลียนแบบและทำซ้ำสร้างแบบจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการควบคุมหุ่นยนต์เพื่อจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์

งานวิจัยของ Dilip R , Dharani J , K J Jai Viknesh , Lohith D S และ Yogesh Prakash (2564) เป็นการนำเสนอ Real-time Motion Control of Robot Using Kinect ได้พัฒนาหุ่นยนต์ที่ เลียนแบบท่าทางของมนุษย์ด้วย Xbox 360 Kinect Sensor และได้ออกแบบอัลกอริทึมเพื่อคำนวณ มุมองศาของข้อต่อและโครงร่างเพื่อการเลียนแบบของหุ่นยนต์แบบเรียลไทม์

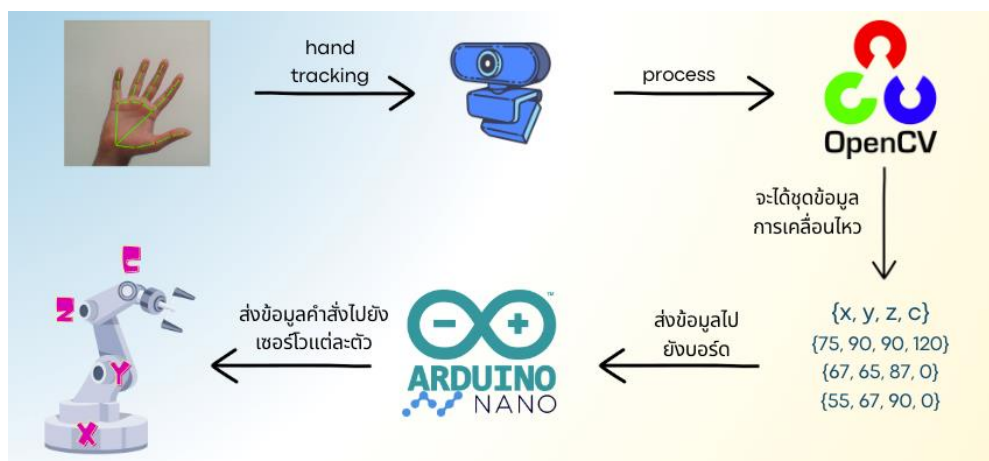
งานวิทยานิพนธ์ของ M.Bahadir Kucuk (2565) เป็นการนำเสนอ Humanoid Robot Control from Human Joint Angle via 2D Cameraโดยได้นำเสนอการควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์โดยใช้ มุมข้อต่อของมนุษย์ถ่ายด้วยกล้อง 2 มิติ ได้ทำการ mapping มุมร่วมของมนุษย์บนหุ่นยนต์ฮิวแมน นอยด์ ทำการทดลองกับโปรแกรมจำลองภาพหุ่นยนต์ NAO Robot และ Pepper 6 Robot และทำ การควบคุมเพียงหุ่นยนต์ส่วนหัวตัวและแขนเท่านั้น หุ่นยนต์สามารถเลียนแบบการเคลื่อนไหวของ มนุษย์ได้อย่างแม่นยำ

บทที่ 3

วิธีการออกแบบ

โครงการนี้ผู้จัดทำได้พัฒนาหุ่นยนต์แขนกลให้สามารถรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุม ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงสาระสำคัญที่เกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในโครงการ ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลเพื่อควบคุมหุ่นยนต์แขนกล โดยมีขั้นตอนและแผนดำเนินงาน ดังนี้

3.1 แนวคิดและหลักการทำงานของอุปกรณ์หรือระบบที่ทำการออกแบบ



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของโครงการ

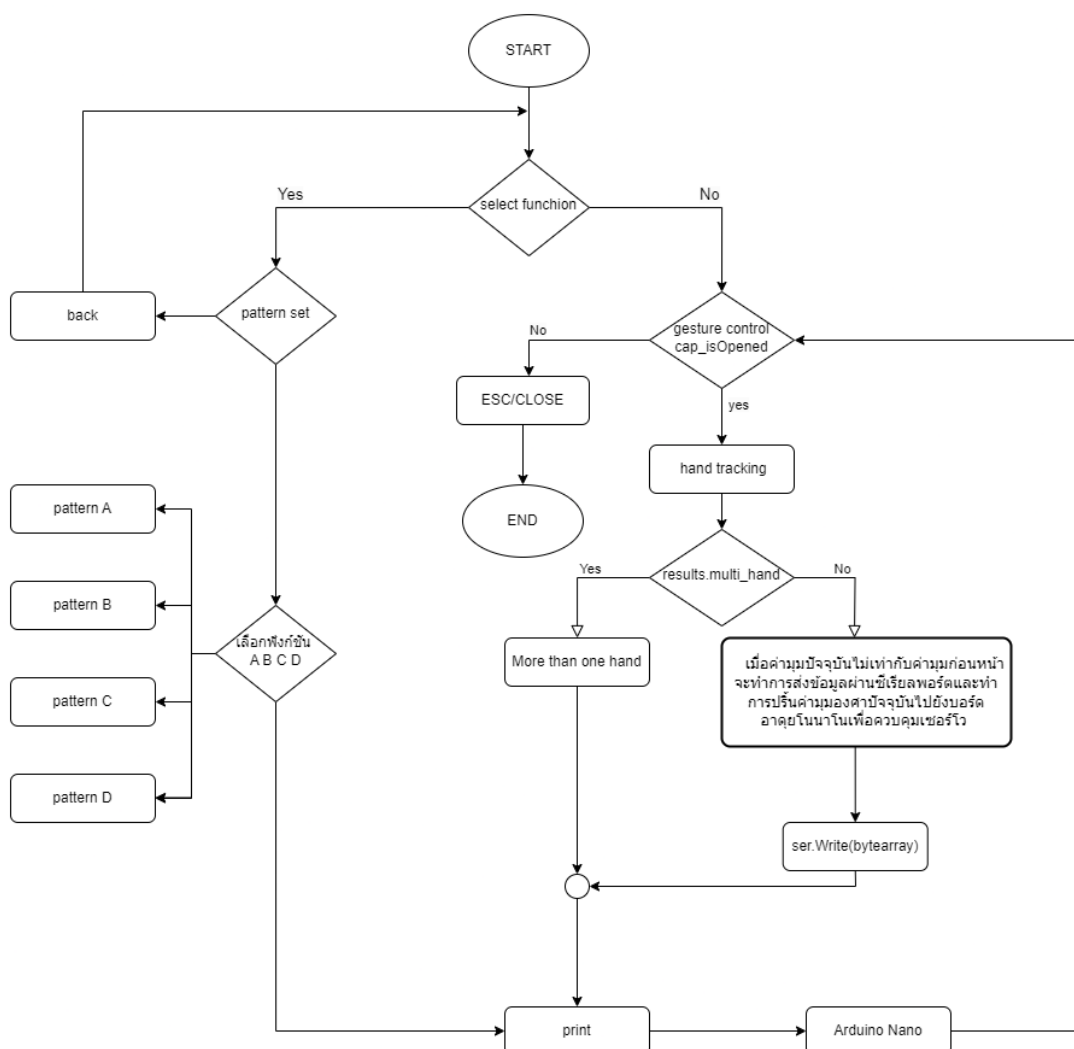
แนวคิดพื้นฐานในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลเพื่อให้สามารถรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อเลียนแบบและควบคุม โดยได้มีการออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์แขนกลที่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ผ่านชุดคำสั่งที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป และสามารถควบคุมได้ด้วยการเคลื่อนไหวของมนุษย์ผ่านกล้องแบบเรียลไทม์

กล้องจะรับข้อมูลภาพเข้ามาเพื่อประมวลผลและทำการประมวลผลด้วย Computer Vision เพื่อตรวจจับโครงร่างของมือ เมื่อประมวลผลเสร็จแล้วจะได้ชุดข้อมูลองศาของมุมข้อต่อต่างๆ ที่เป็นเมทริกซ์ 4×4 โดยมุม X เป็นส่วนฐาน ทำหน้าที่หมุนซ้ายและขวา มุม Y เป็นส่วนแขนกล ทำหน้าที่ยื่นไปข้างหน้าและหดถอยหลัง มุม Z เป็นส่วนแขนกล ทำหน้าที่ยกแขนสูงขึ้นและลดแขนลงต่ำ มุม C เป็นส่วนมือคิบบของหุ่นยนต์แขนกล ทำหน้าที่คิบบและปล่อยวัตถุ เมื่อได้รับข้อมูลเมทริกซ์มาแล้วจะส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino Nano เพื่อสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวทำงานตามการเคลื่อนไหวของมนุษย์

3.2 การวางแผนดำเนินงาน

3.2.1 แผนการดำเนินงานของซอฟต์แวร์

3.2.1.1 แผนการดำเนินงานของโปรแกรม Arm Robot Control

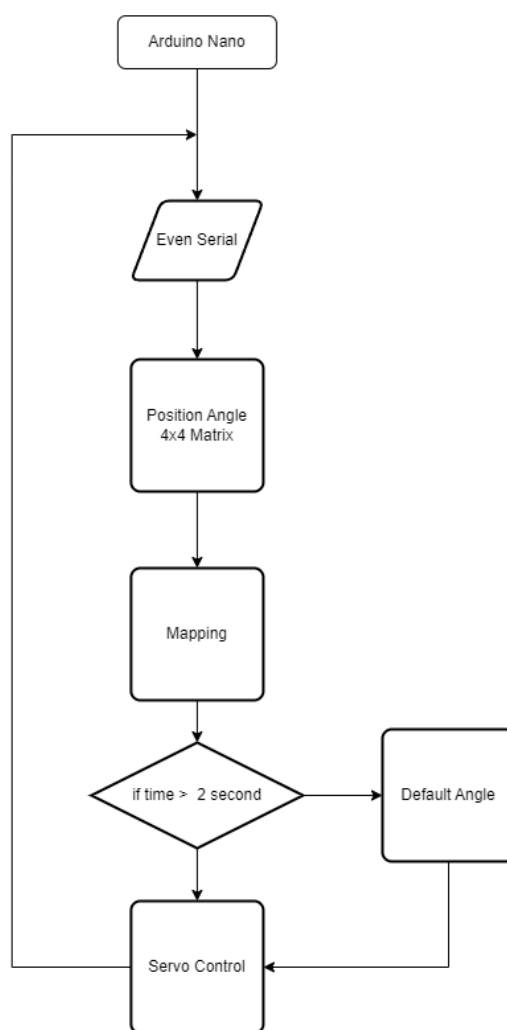


รูปที่ 3.2 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานหลักของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.2 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานหลักของโปรแกรม Arm Robot Control เริ่มต้นด้วยการเลือกฟังก์ชันการทำงาน โดยจะมี 2 โหมดการทำงาน คือ Pattern set Control การควบคุมการทำงานแบบชุดคำสั่งสำเร็จรูป และ Gesture Control การควบคุมการทำงานผ่านการเคลื่อนไหวของมือ เมื่อเลือกฟังก์ชัน Pattern set Control จะเข้าสู่โหมดการควบคุมแบบชุดคำสั่งสำเร็จรูป โดยจะมีชุดคำสั่งให้เลือก 4 ชุดคำสั่ง ได้แก่ คำสั่ง A, B, C และ D จากนั้นคำสั่งที่ถูกเลือกจะแสดงมุมของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว แล้วส่งชุดข้อมูลคำสั่งไปยัง Arduino Nano เพื่อ

สั่งการให้หุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนไหวตามมุมที่ได้รับ และเมื่อเลือกฟังก์ชัน Gesture Control จะเข้าสู่โหมดควบคุมผ่านการเคลื่อนไหว โดยถ้าหากกล้องปิดโปรแกรมจะหยุดการทำงาน และถ้าหากกล้องเปิดจะมีการตรวจจับโครงร่างของมือ และหากตรวจจับมือได้มากกว่า 1 ข้าง โปรแกรมจะแสดงผลว่ามีมือมากกว่า 1 ข้าง หากตรวจจับมือได้เพียงแค่ 1 ข้าง จะทำการเปรียบเทียบมุมที่ได้รับมาปัจจุบันกับมุมของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนหน้านี้ ถ้ามุมปัจจุบันไม่เท่ากับมุมของเซอร์โวมอเตอร์จะแสดงมุมปัจจุบันแล้วส่งมุมปัจจุบันที่ได้รับมาไปยัง Arduino Nano เพื่อสั่งการให้หุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนไหวตามมุมที่ได้รับ และถ้ามุมปัจจุบันเท่ากับมุมของเซอร์โวมอเตอร์จะทำการตรวจจับโครงร่างของมือใหม่อีกครั้ง

3.2.1.2 แผนการดำเนินงานของการควบคุมการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์



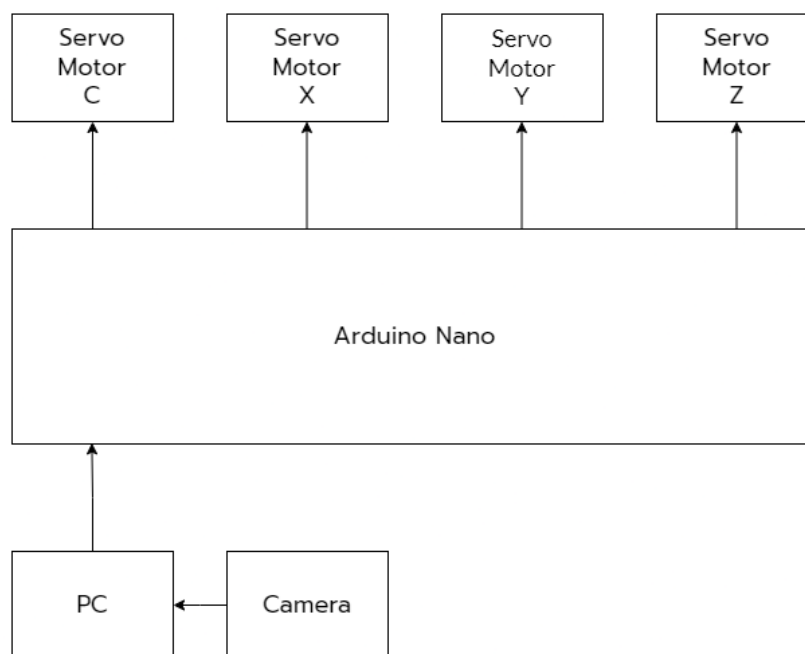
รูปที่ 3.3 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์

จากรูปที่ 3.3 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของส่วนควบคุมการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อมีข้อมูลมุมมองสามมิติ 4x4 ส่งมาโปรแกรมจะนับตัวเลข 0 1 2 3 ให้แก่ข้อมูลที่ละตัวที่เข้ามาเพื่อระบุตัวเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อข้อมูลเข้ามาจะทำการเปรียบเทียบกับมุมมองเดิม ถ้าหากมองศาเปลี่ยนจะทำการส่งคำสั่งข้อมูลองศาของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อให้เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวทำงาน โปรแกรมจะทำการเริ่มนับใหม่ และเมื่อไม่มีข้อมูลเข้ามาเวลานานกว่า 2 วินาที จะทำการส่งข้อมูลคำสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์กลับมาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น

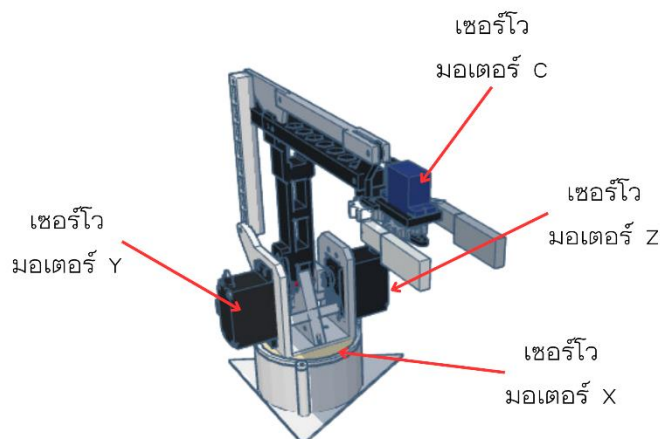
3.3 ขั้นตอนการออกแบบ

3.3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

ในโครงการนี้ได้ใช้หุ่นยนต์แขนกล หุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย เซอร์โวมอเตอร์ 4 ตัว, Arduino Nano โดย Arduino Nano จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมเพื่อสั่งการให้ เซอร์โวมอเตอร์ ทั้ง 4 ตัวสามารถทำงานได้ คอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลภาพ และใช้กล้องสำหรับรับข้อมูลภาพเข้ามาเพื่อประมวลผลในขั้นตอนต่อไป แสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อของฮาร์ดแวร์

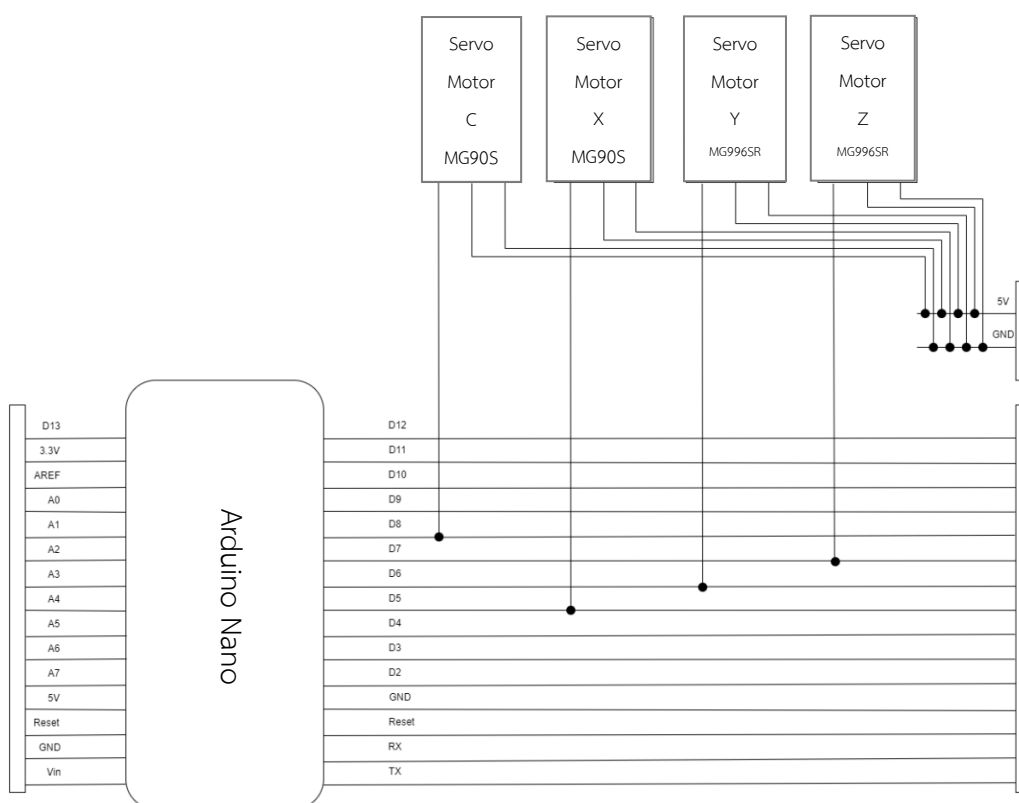


รูปที่ 3.5 เซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว

จากรูปที่ 3.5 หุ่นยนต์แขนกลประกอบไปด้วยเซอร์โวมอเตอร์ 4 ตัว โดยแต่ละตัวจะทำหน้าที่แตกต่างกัน Servo C ทำหน้าที่เป็นแขนคืบ เพื่อใช้ในการหยิบจับสิ่งของ Servo X ทำหน้าที่เป็นแกนหมุนซ้ายขวา Servo Y และ Servo Z ทำหน้าที่เป็นแขนที่สามารถยืดออกและหดเข้าได้

3.3.1.1 การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์และหลักการทำงาน

1) การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์

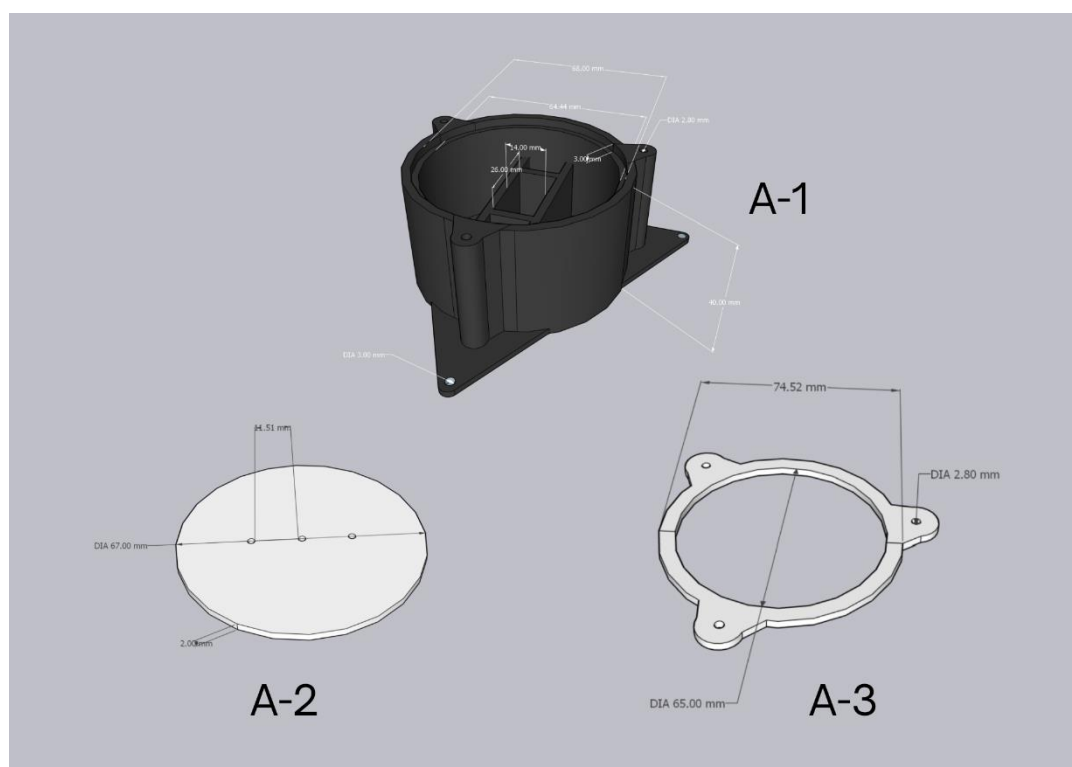


รูปที่ 3.6 ภาพวงจรภายในหุ่นยนต์แขนกล

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในหุ่นยนต์แขนกลประกอบไปด้วย บอร์ด Arduino Nano ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาและสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน และเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 4 ตัว ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวจะทำหน้าที่แตกต่างกัน โดย Servo C จะต่อเข้ากับขา D8 เพื่อทำงานในส่วนของมือ คีบ Servo X จะต่อเข้ากับขา D5 เพื่อทำงานในส่วนแกน X Servo Y จะต่อเข้ากับขา D6 และ Servo Z จะต่อเข้ากับขา D7 เพื่อทำงานในส่วนแกน Y

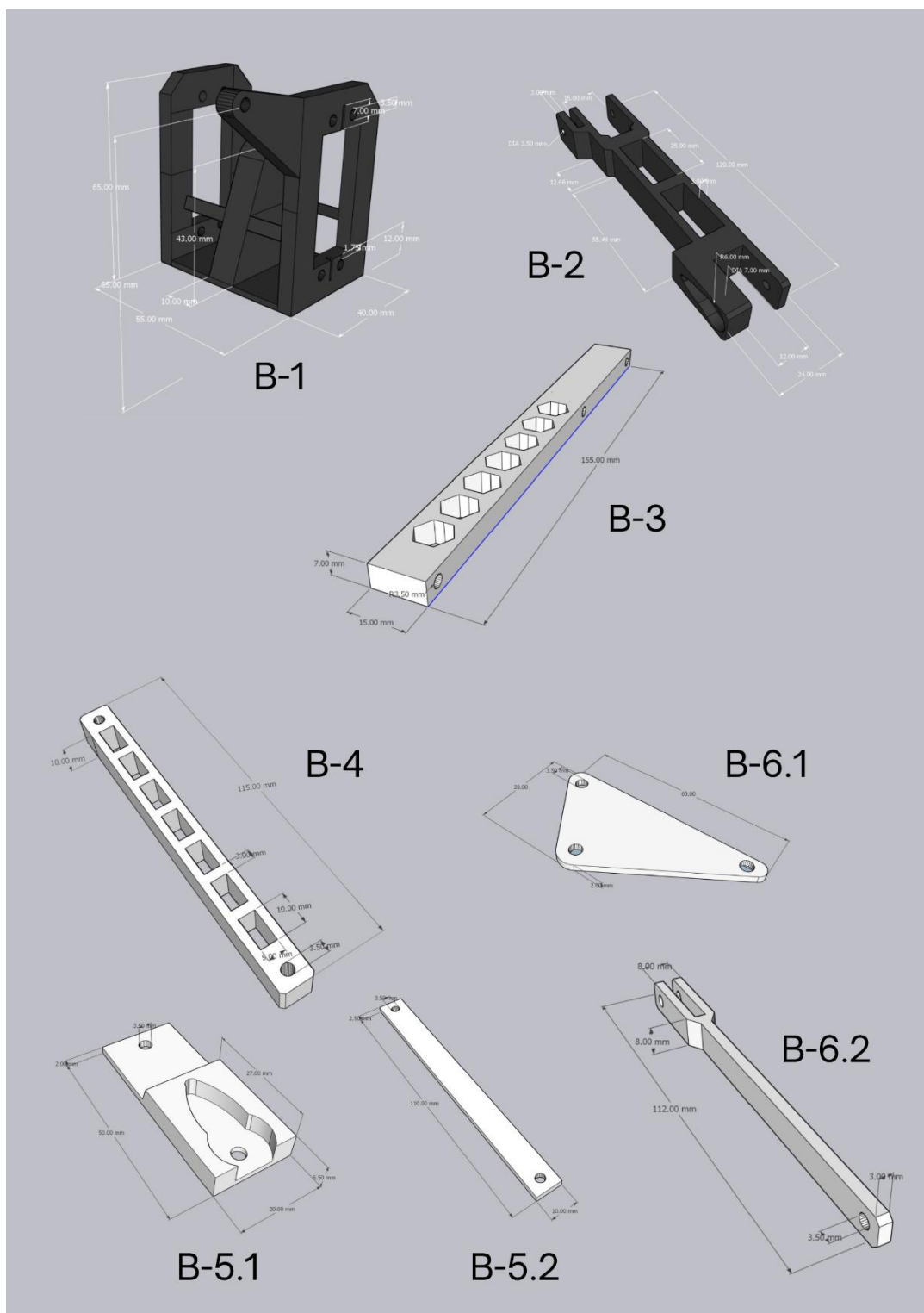
2) ขั้นตอนการประกอบหุ่นยนต์แขนกล

หุ่นยนต์แขนกลมีส่วนประกอบทั้งหมดจำนวน 13 ชิ้น ได้แก่ ส่วน A เป็นส่วนประกอบของฐานหุ่นยนต์แขนกลและแกน X ส่วน B เป็นส่วนของแขนกลแกน Y และ Z และส่วน C เป็นส่วนประกอบมือคีบ



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แขนกลชิ้นส่วน A

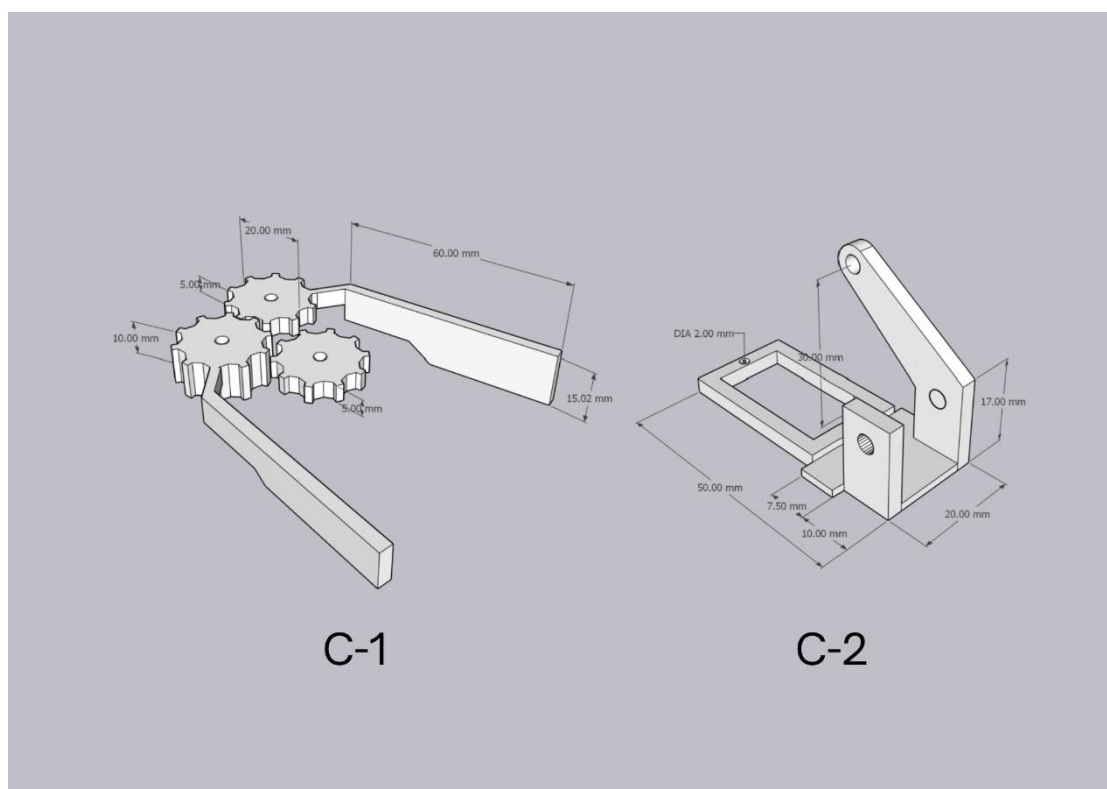
ส่วนประกอบของชิ้นส่วนหุ่นยนต์แขนกลชิ้นส่วน A จะเป็นชิ้นส่วนที่เป็นฐานของหุ่นยนต์แขนกล และเป็นแกน X ทำหน้าที่หมุนซ้าย-ขวา มีจำนวน 3 ชิ้น ได้แก่ ชิ้นส่วน A-1, ชิ้นส่วน A-2 และ ชิ้นส่วน A-3



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แขนกลชิ้นส่วน B

ส่วนประกอบของชิ้นส่วนหุ่นยนต์แขนกลชิ้นส่วน B จะเป็นชิ้นส่วนที่เป็นแขนกลของหุ่นยนต์แขนกล โดยแต่ละชิ้นส่วนจะทำหน้าที่แตกต่างกัน เป็นแกน Y ทำหน้าที่ยึด-หัดแขนกล และเป็นแกน Z ทำ

หน้าที่ยกแขนกลขึ้นสูง-ลดตัวลง มีจำนวน 8 ชั้น ได้แก่ ชั้นส่วน B-1, ชั้นส่วน B-2, ชั้นส่วน B-3, ชั้นส่วน B-4, ชั้นส่วน B-5.1, ชั้นส่วน B-5.2, ชั้นส่วน B-6.1 และ ชั้นส่วน B-6.2

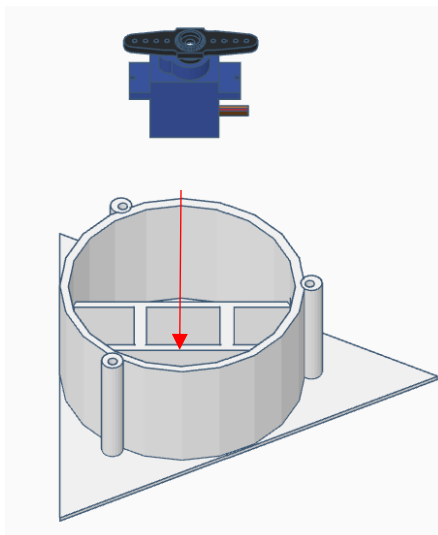


รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แขนกลขึ้นส่วน C

ส่วนประกอบของชิ้นส่วนหุ่นยนต์แขนกลขึ้นส่วน C จะเป็นชิ้นส่วนที่เป็นมือคีบของหุ่นยนต์แขนกล มีจำนวน 2 ชิ้น ได้แก่ ชิ้นส่วน C-1 และ ชิ้นส่วน C-2

1. ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชิ้นส่วน A-1

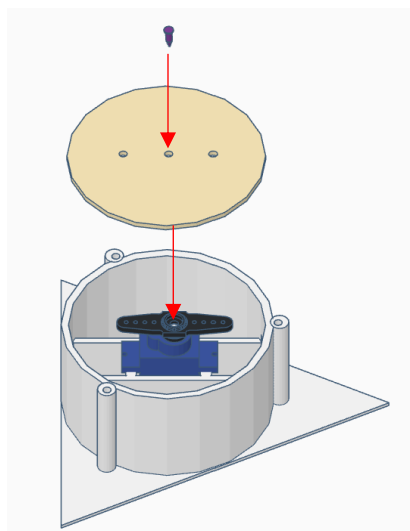
ประกอบเซอร์โวมอเตอร์ X ให้ตรงกับช่องของชิ้นส่วน A-1 แล้วออกแรงกดเล็กน้อย เพื่อเป็นฐานสำหรับหุ่นยนต์แขนกล



รูปที่ 3.10 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชิ้นส่วน A-1

2. ชั้นน็อตให้เซอร์โวมอเตอร์ยึดติดกับชิ้นส่วน A-2

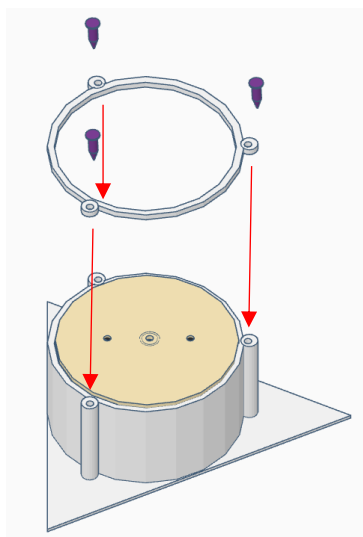
ประกอบชิ้นส่วน A-2 เข้ากับแขนเซอร์โวมอเตอร์ X จากนั้นชั้นน็อตให้แน่น
เพื่อใช้สำหรับแกนหมุนของหุ่นยนต์แขนกล



รูปที่ 3.11 การประกอบชิ้นส่วน A-2 และเซอร์โวมอเตอร์

3. ประกอบชิ้นส่วน A-3 เข้ากับ A-1 จากนั้นชั้นน็อต

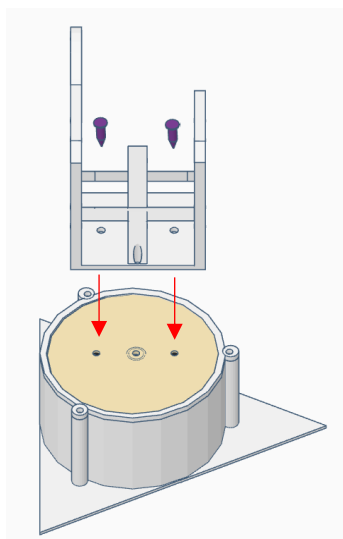
ประกอบชิ้นส่วน A-3 วางให้ตรงกับช่องของชิ้นส่วน A-1 และชั้นน็อตให้
ครบทั้ง 3 ตัว เพื่อล็อกไม่ให้ชิ้นส่วน A-3 และ A-1 หลุดออกจากกัน



รูปที่ 3.12 การประกอบชิ้นส่วน A-3

4. ติดตั้งชิ้นส่วน B-1 เข้ากับชิ้นส่วน A-2 จากนั้นขันน็อตให้ครบทั้ง 2 ตัว

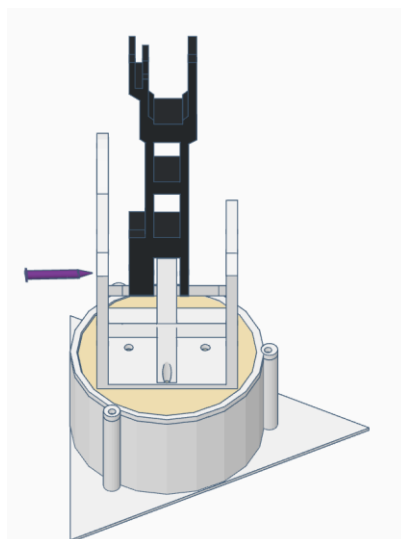
ประกอบชิ้นส่วน B-1 และ A-2 เข้าด้วยกัน จากนั้นขันน็อตให้แน่น เพื่อใช้เป็นฐานของข้อต่อจุดหมุน



รูปที่ 3.13 ประกอบชิ้นส่วน B-1

5. ประกอบชิ้นส่วน B-2 เข้ากับชิ้นส่วน B-1

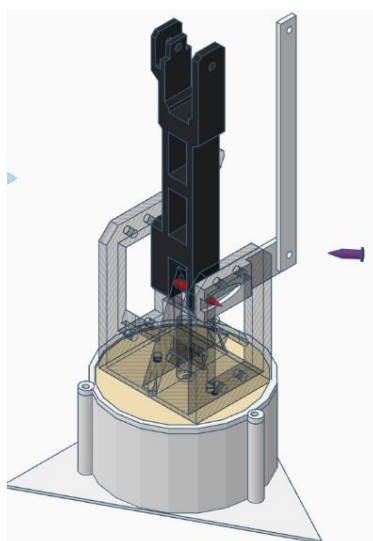
ประกอบชิ้นส่วน B-2 และ B-1 เข้าด้วยกัน จากนั้นสอดน็อตขนาด 3M ความยาว 20 mm เพื่อใช้เป็นข้อต่อจุดหมุน



รูปที่ 3.14 ประกอบชิ้นส่วน B-2

6. ประกอบชิ้นส่วน B-4 และชิ้นส่วน B-5 เข้ากับชิ้นส่วน B-1 และชั้นน็อต

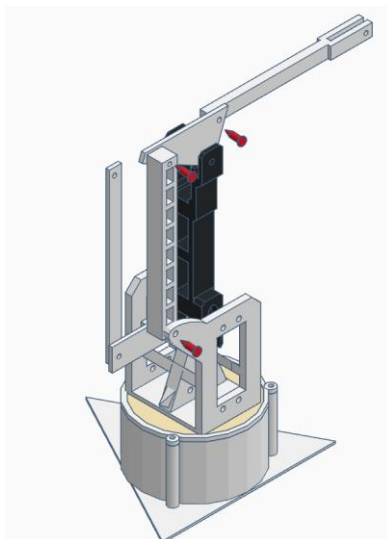
ประกอบชิ้นส่วน B-5.1 และ B-5.2 เข้าด้วยกัน นำชิ้นส่วน B-4 และ B-5 มาประกอบเข้ากับ B-1 จากนั้นชั้นน็อตให้แน่น เพื่อใช้เป็นข้อต่อจุดหมุน



รูปที่ 3.15 ประกอบชิ้นส่วน B-4

7. ประกอบชิ้นส่วน B-6 เข้ากับชิ้นส่วน B-4 ชั้นน็อต

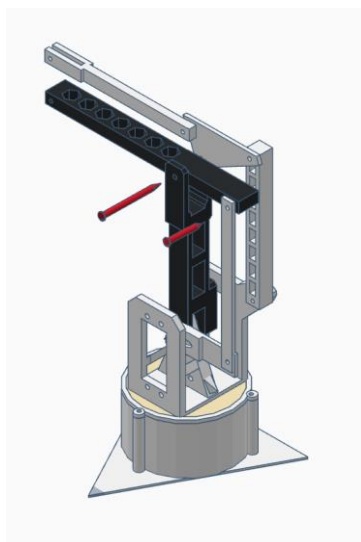
ประกอบชิ้นส่วน B-6.1 และ B-6.2 เข้าด้วยกัน จากนั้นนำชิ้นส่วน B-6 ที่ประกอบสำเร็จแล้วมาประกอบเข้ากับชิ้นส่วน B-4 ชั้นน็อตให้แน่น เพื่อใช้เป็นท่อนแขนกล



รูปที่ 3.16 ประกอบชิ้นส่วน B-6

8. ประกอบชิ้นส่วน B-3 เข้ากับชิ้นส่วน B-5.2 และชั้นน็อต

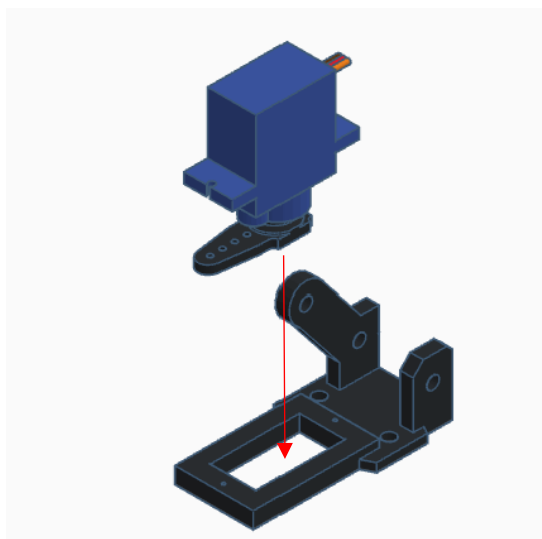
ประกอบชิ้นส่วน B-3 และ B-5.2 เข้าด้วยกัน จากนั้นชั้นน็อตขนาด 3M ความยาว 20 mm ให้แน่น เพื่อใช้เป็นข้อต่อจุดหมุน



รูปที่ 3.17 ประกอบชิ้นส่วน B-3

9. ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชิ้นส่วน C-2

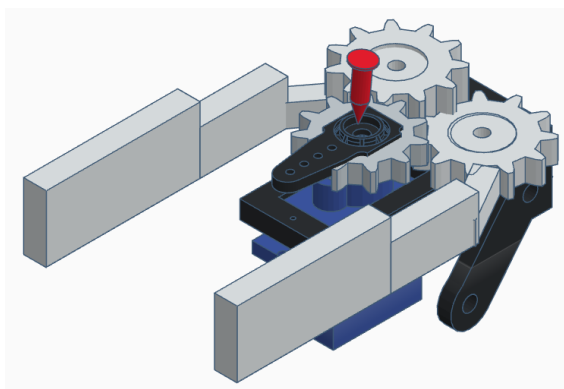
ประกอบเซอร์โวมอเตอร์ C เข้ากับชิ้นส่วน C-2 เพื่อใช้สำหรับมือคืบของหุ่นยนต์แขนกล



รูปที่ 3.18 ประกอบชิ้นส่วน C-2

10. ติดชิ้นส่วน C-2 เข้ากับ C-1 และขันน็อต

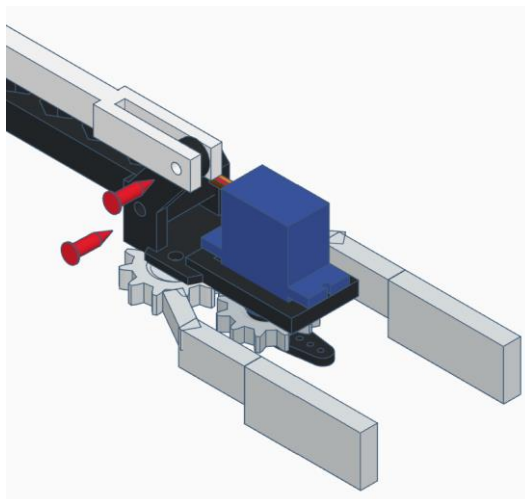
ประกอบชิ้นส่วน C-2 และ C-1 เข้าด้วยกัน จากนั้นขันน็อตให้แน่น เพื่อใช้เป็นมือคีบของหุ่นยนต์แขนกล



รูปที่ 3.19 ประกอบชิ้นส่วน C-3

11. ประกอบส่วนมือคีบเข้ากับ B-3 และ B-6.2

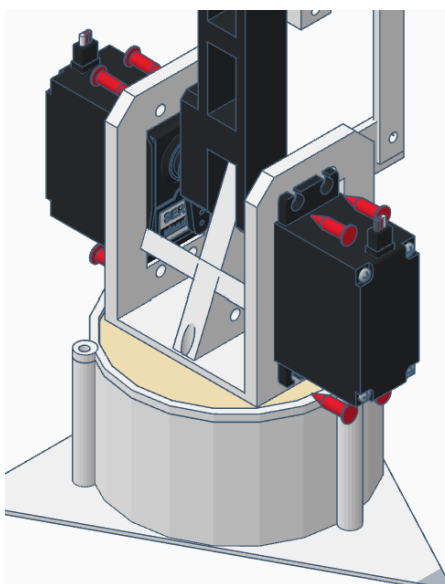
ประกอบส่วนมือคีบเข้ากับชิ้นส่วน B-3 และ B-6.2 จากนั้นขันน็อตให้แน่น



รูปที่ 3.20 ประกอบมือคีบ

12. ติดตั้งเซอร์โวเข้ากับชิ้นส่วน B-1 และชั้นน็อต

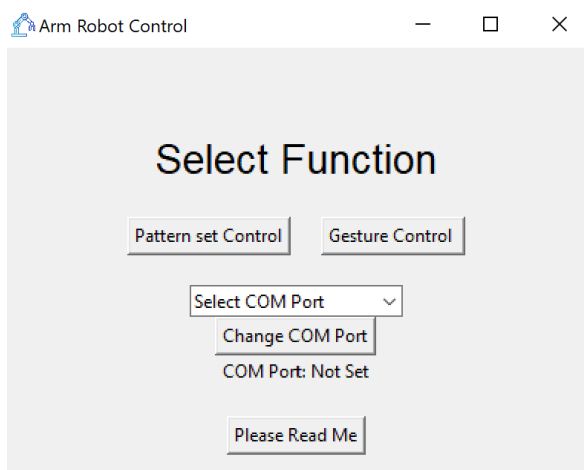
ประกอบเซอร์โวมอเตอร์ Y และเซอร์โวมอเตอร์ Z เข้ากับชิ้นส่วน B-1
จากนั้นขันน็อตให้แน่น เพื่อให้ท่อนแขนกลสามารถทำงานได้



รูปที่ 3.21 ติดตั้งเซอร์โว

3.3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

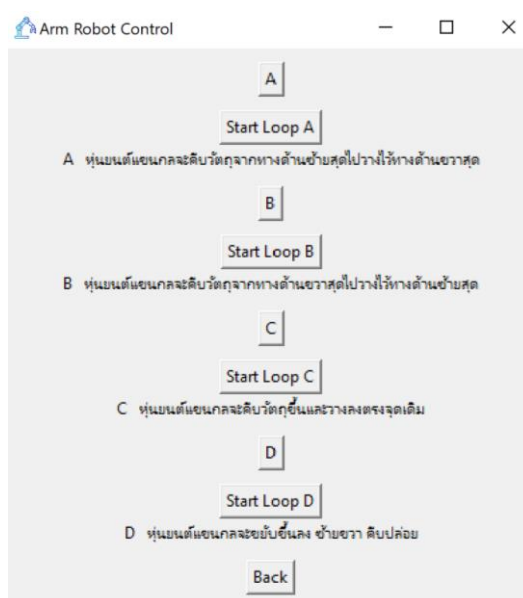
3.3.2.1 การออกแบบ UI ของโปรแกรม



รูปที่ 3.22 UI ของโปรแกรม Arm Robot Control

ในการออกแบบ User Interface ของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรกเป็นปุ่มสำหรับฟังก์ชันการควบคุมแบบชุดคำสั่งสำเร็จรูป ส่วนที่ 2 เป็นปุ่มสำหรับฟังก์ชันการควบคุมผ่านการเคลื่อนไหว ส่วนที่ 3 เป็นการเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อ และส่วนที่ 4 เป็นคู่มือการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control

1) ฟังก์ชันการควบคุมแบบชุดคำสั่งสำเร็จรูป



รูปที่ 3.23 UI ของฟังก์ชัน Pattern set Control

การออกแบบ User Interface ของฟังก์ชัน Pattern set Control จะมีชุดคำสั่งสำเร็จรูปให้เลือก 4 ชุดคำสั่ง ได้แก่ คำสั่ง A หุ่นยนต์แขนกลจะคีบวัตถุจากทางด้านซ้ายสุดไปวางไว้ทางด้านขวาสุด, B หุ่นยนต์แขนกลจะคีบวัตถุจากทางด้านขวาสุดไปวางไว้ทางด้านซ้ายสุด, C หุ่นยนต์แขนกลจะคีบวัตถุขึ้นและวางลงตรงจุดเดิม และ D หุ่นยนต์แขนกลจะขยับขึ้นและลง ขยับไปทางซ้ายและขวา จากนั้นจะคีบและปล่อย ตามลำดับ ปุ่ม Back ย้อนกลับไปยังหน้าแรกของโปรแกรม เพื่อเลือกฟังก์ชันการควบคุมการเคลื่อนไหว และปุ่มคำสั่ง loop จะเป็นการทำงานชุดคำสั่งนั้นๆ วนไป

2) ฟังก์ชันการควบคุมผ่านการเคลื่อนไหว



รูปที่ 3.24 UI ของฟังก์ชัน Gesture Control

การออกแบบ User Interface ของฟังก์ชัน Gesture Control จะแสดงภาพการตรวจจับโครงร่างของมือที่ได้รับมาจากกล้อง และแสดงมุมที่ได้รับมา

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองของโครงการนี้มุ่งเน้นให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล และโปรแกรม Arm Robot Control จากผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มผู้ทดลองใช้งาน การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการทดสอบฮาร์ดแวร์ โดยทำการทดสอบตามขอบเขตของโครงการ และการทดสอบซอฟต์แวร์ การสอบโดยใช้แบบประเมินคุณภาพและความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม

4.1 วิธีการทดสอบระบบ

4.1.1 ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป

ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูปผ่านโปรแกรม Arm Robot Control บนคอมพิวเตอร์ โดยทำการทดสอบควบคุมโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูปจำนวน 4 ชุด ผ่านการกดเลือกชุดรูปแบบการเคลื่อนไหว ชุดละ 10 ครั้ง จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบ

4.1.1.1 เปิดการใช้งานหุ่นยนต์แขนกล และโปรแกรม Arm Robot Control บนคอมพิวเตอร์ ตามคู่มือการใช้งานระบบ ในภาคผนวก ก

4.1.1.2 เลือกฟังก์ชัน Pattern set Control และทดลองสั่งงานที่ละชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวให้ครบ 4 ชุด โดยเริ่มจากชุดรูปแบบ A, B, C และ D ตามลำดับ ชุดรูปแบบละ 10 ครั้ง ทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการสั่งงาน

4.1.2 ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ

ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือผ่านโปรแกรม Arm Robot Control บนคอมพิวเตอร์ โดยทำการทดสอบควบคุมโดยทำให้หุ่นยนต์แขนกลย้ายสิ่งของจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จำนวน 5 ครั้ง จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบ

4.1.2.1 เปิดการใช้งานหุ่นยนต์แขนกลและโปรแกรม Arm Robot Control บนคอมพิวเตอร์ ตามคู่มือการใช้งานระบบในภาคผนวก ก

4.1.2.2 เลือกฟังก์ชัน Gesture Control และทดลองย้ายสิ่งของจากจุด A ไปยังจุด B ด้วยการควบคุมผ่านการเคลื่อนไหวของมือ จำนวน 5 ครั้ง ทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำงาน

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

4.2.1 ผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป

ฟังก์ชัน	ครั้งที่										เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. ชุดรูปแบบ A	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90%
2. ชุดรูปแบบ B	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	90%
3. ชุดรูปแบบ C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
4. ชุดรูปแบบ D	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	80%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง											90%

จากตารางที่ 4.1 การทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป ฟังก์ชันละ 10 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ผลที่ได้รับคือฟังก์ชันทั้งหมดสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามการควบคุม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ย 90%

4.2.2 ผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ

การทำงาน	ครั้งที่					เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	1	2	3	4	5	
1. จากจุด A ไปยังจุด B	✗	✓	✓	✓	✓	80%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง						80%

จากตารางที่ 4.2 การทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ จำนวน 5 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ผลที่ได้รับ คือหุ่นยนต์แขนกลสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามการควบคุม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ย 80%

4.2.3 แบบประเมิน และผลการประเมิน

4.2.3.1 การประเมินความพึงพอใจในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกล จากผู้ใช้งาน โดยการใช้แบบประเมินความพึงพอใจ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้งานหุ่นยนต์แขนกลจำนวน 20 คน โดยมีเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถาม ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.0 - 5.0 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.0 - 3.9 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.0 - 2.9 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.0 - 1.9 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 0.0 - 0.9 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

แบบประเมินคุณภาพของการควบคุมหุ่นยนต์แขนกล มีการแบ่งการเก็บข้อมูลทั้งหมดเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เป็นการเก็บข้อมูลเพศ อายุ และอาชีพของผู้ที่เข้าร่วมการประเมิน

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล แบ่งเป็น 3 ด้าน 7 คำถาม ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control จำนวน 3 คำถาม ด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control จำนวน 2 คำถาม ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล จำนวน 2 คำถาม

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน
โปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์
แขนกล

tantawan5601@gmail.com สลับบัญชี

🔒 ไม่ใช้ร่วมกัน

* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ *

☐ ชาย
☐ หญิง

2. อายุ *

☐ ต่ำกว่า 18 ปี
☐ 18-22 ปี
☐ มากกว่า 22 ปี

3. อาชีพ *

☐ นักศึกษา
☐ อาจารย์
☐ อื่นๆ: _____

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน
โปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์
แขนกล

tantawan5601@gmail.com สลับบัญชี

🔒 ไม่ใช้ร่วมกัน

* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล

โปรดให้คะแนนความพึงพอใจตามความคิดของคุณ โดยยึดเกณฑ์การพิจารณา ดังต่อไปนี้

5 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง ความพึงพอใจในระดับน้อย

1 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

1. ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control *

	5	4	3	2	1
ความรวดเร็วในการตอบสนองของคำสั่งต่าง ๆ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ฟังก์ชันการทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
การประมวลผลของโปรแกรมนี้อาจมีความรวดเร็ว	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และหุ่นยนต์แขนกล

	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	3.2	Avg.
1	5	5	5	3	4	3	3	4.00
2	5	5	5	4	5	5	5	4.86
3	4	5	4	5	4	5	5	4.57
4	5	4	5	5	3	4	3	4.14
5	5	5	5	5	5	5	5	5.00
6	5	5	5	5	5	5	5	5.00
7	5	5	5	4	4	4	4	4.43
8	5	5	5	5	5	5	5	5.00
9	5	5	5	5	5	4	4	4.71
10	5	4	5	5	5	5	5	4.86
11	5	5	5	5	5	5	5	5.00
12	3	3	3	3	3	3	3	3.00
13	5	5	5	4	5	5	4	4.71
14	5	5	5	5	5	5	4	4.86
15	5	5	5	4	4	4	4	4.43
16	4	5	4	5	5	5	5	4.71
17	3	3	2	3	4	2	3	2.86
18	4	5	4	3	3	4	3	3.71
19	4	4	4	4	4	3	4	3.86
20	3	4	3	4	4	4	4	3.71
Avg.	4.50	4.60	4.45	4.30	4.35	4.25	4.15	4.37

คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 1 ได้เท่ากับ 4.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 2 ได้เท่ากับ 4.86 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

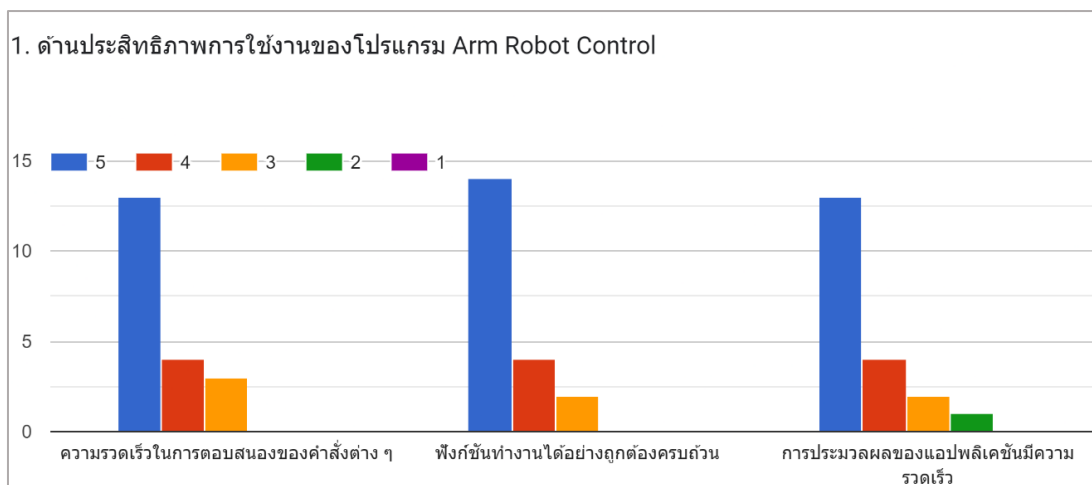
คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 3 ได้เท่ากับ 4.57 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 4 ได้เท่ากับ 4.14 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 5 ได้เท่ากับ 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 6 ได้เท่ากับ 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 7 ได้เท่ากับ 4.43 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 8 ได้เท่ากับ 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 9 ได้เท่ากับ 4.71 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 10 ได้เท่ากับ 4.86 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 11 ได้เท่ากับ 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 12 ได้เท่ากับ 3.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 13 ได้เท่ากับ 4.71 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 14 ได้เท่ากับ 4.86 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 15 ได้เท่ากับ 4.43 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 16 ได้เท่ากับ 4.71 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 17 ได้เท่ากับ 2.86 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 18 ได้เท่ากับ 3.71 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 19 ได้เท่ากับ 3.86 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
 คะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบประเมินคนที่ 20 ได้เท่ากับ 3.71 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์
 แขนกล

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของ โปรแกรม Arm Robot Control	4.51	0.75	มากที่สุด
1.1 ความรวดเร็วในการตอบสนองของคำสั่ง ต่าง ๆ	4.5	0.74	มากที่สุด
1.2 ฟังก์ชันทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	4.6	0.66	มากที่สุด
1.3 การประมวลผลของโปรแกรมมีความ รวดเร็ว	4.45	0.68	มากที่สุด

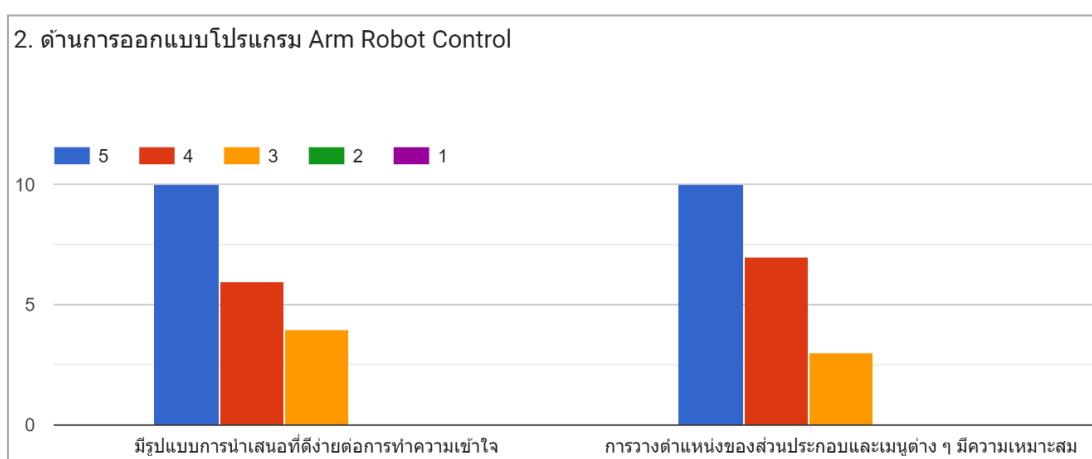
รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.ด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control	4.32	0.75	มากที่สุด
2.1 มีรูปแบบการนำเสนอที่ต้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ	4.3	0.78	มากที่สุด
2.2 การวางตำแหน่งของส่วนประกอบและเมนูต่าง ๆ มีความเหมาะสม	4.35	0.72	มากที่สุด
3. ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล	4.2	0.83	มากที่สุด
3.1 อุปกรณ์ง่ายต่อการติดตั้ง	4.25	0.88	มากที่สุด
3.2 อุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริง	4.15	0.79	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.37	0.78	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจภาพรวมโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล มีค่าเฉลี่ยภาพรวมทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 4.37 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด ซึ่งรายการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control มีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 รองลงมา ได้แก่ ด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control มีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 และด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล มีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.83



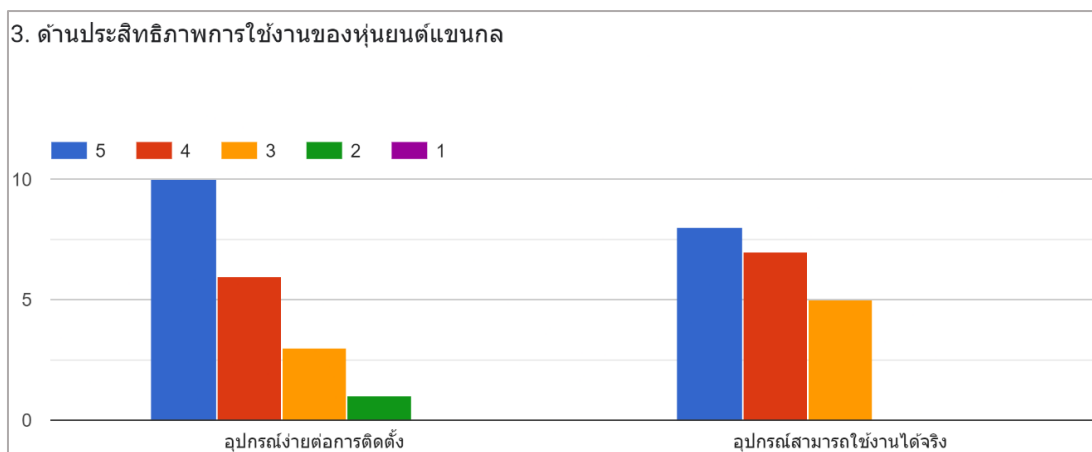
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control ประกอบด้วย รูปแบบการนำเสนอที่ดึงดูดใจต่อการทำความเข้าใจ และการประมวลผลของโปรแกรมมีความรวดเร็ว มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการประเมินด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control ประกอบด้วย ความรวดเร็วในการตอบสนองของคำสั่งต่าง ๆ ฟังก์ชันทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และการวางตำแหน่งของส่วนประกอบและเมนูต่าง ๆ มีความเหมาะสม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล ประกอบด้วย อุปกรณ์ง่ายต่อการติดตั้ง และ อุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.83

4.3 ตัวอย่างการทำงานของระบบ

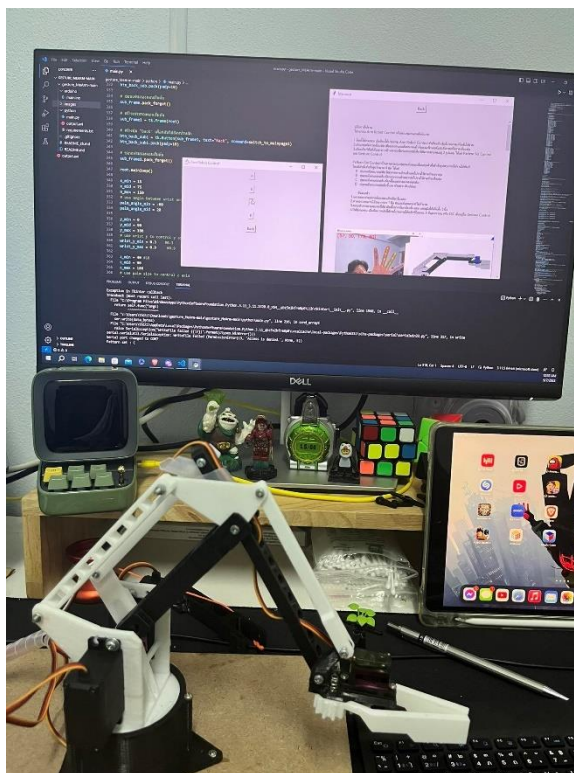
หุ่นยนต์แขนกลสามารถควบคุมได้ 2 วิธี ได้แก่ การใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป และการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ

4.3.1 การใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป หรือ Pattern Set Control

Pattern Set Control มีชุดคำสั่งรูปแบบการเคลื่อนไหวจำนวน 4 ชุดคำสั่ง ซึ่งแต่ละคำสั่ง จะมีการทำงานที่แตกต่างกันไป ดังนี้

- A หุ่นยนต์แขนกลจะคีบวัตถุจากทางด้านซ้ายสุดไปวางไว้ทางด้านขวาสุด
- B หุ่นยนต์แขนกลจะคีบวัตถุจากทางด้านขวาสุดไปวางไว้ทางด้านซ้ายสุด
- C หุ่นยนต์แขนกลจะคีบวัตถุขึ้นและวางลงตรงจุดเดิม
- D หุ่นยนต์แขนกลจะขยับขึ้นและลง ขยับไปทางซ้ายและขวา จากนั้นจะคีบวัตถุและ

ปล่อยวัตถุลง

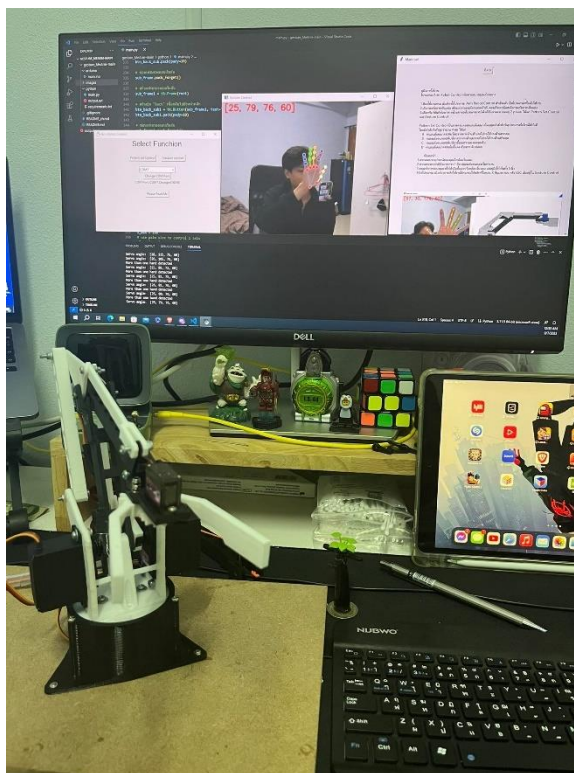


รูปที่ 4.5 การควบคุมโดยการใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป

4.3.2 การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ หรือ Gesture Control

Gesture Control สามารถควบคุมหุ่นยนต์แขนกลได้ ดังนี้

ข้างหน้า	ขยับมือเข้าไปใกล้กับกล้องเว็บแคม แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะยื่นไปข้างหน้า
ถอยหลัง	ขยับมือถอยห่างออกมาจากกล้องเว็บแคม แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะหดถอย
ยกสูง	ยกมือขึ้นสูง แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะยกสูงขึ้น
ลดต่ำ	ลดมือต่ำลง แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะลดตัวลงต่ำ
หมุนซ้าย	หมุนฝ่ามือไปทางซ้าย หุ่นยนต์แขนกลจะหมุนตัวไปทางซ้าย
หมุนขวา	หมุนฝ่ามือไปทางขวา หุ่นยนต์แขนกลจะหมุนตัวไปทางขวา
คืบ	กำมือเพื่อคืบวัตถุ
ปล่อย	แบมือเพื่อปล่อยวัตถุ



รูปที่ 4.6 การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ

4.3.3 คลิปแสดงตัวอย่างการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลและโปรแกรม Arm Robot Control



รูปที่ 4.7 คิวอาร์โค้ดคลิปแสดงตัวอย่างการทำงาน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การอภิปรายผลการศึกษา

จากการทดสอบหุ่นยนต์แขนกล และโปรแกรม Arm Robot Control สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ ผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยการใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป จำนวน 4 ชุด โปรแกรมสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์แขนกลทำงานตามท่าทางที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง ผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ หุ่นยนต์แขนกลสามารถทำงานและเลียนแบบการเคลื่อนไหวของมือได้อย่างสมบูรณ์

จากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และหุ่นยนต์แขนกลพบว่า ด้านประสิทธิภาพการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกลมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ไม่มีอุปกรณ์เครื่องมือเพียงพอต่อการทำงาน

5.2.2 ข้อมูลการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลมีน้อย ทำให้ยากในการสืบค้นศึกษาหาข้อมูล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ปรับลักษณะของโครงสร้าง วัสดุ ให้มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น

5.3.2 ควรจะพัฒนาโปรแกรม Arm Robot Control ให้สามารถใช้งานได้กับทุกระบบปฏิบัติการ นอกจากระบบปฏิบัติการ Windows

5.3.3 ปรับลักษณะทางกายภาพให้เหมาะกับการใช้งานให้มากขึ้น

5.3.4 เพิ่มรูปแบบการเคลื่อนไหว จุดขยับให้มากขึ้น

5.4 สรุปผลการศึกษา

ผลการทดสอบหุ่นยนต์แขนกล และโปรแกรม Arm Robot Control พบว่า หุ่นยนต์แขนกลสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ผ่านโปรแกรม Arm Robot Control โดยสามารถควบคุมได้ทั้ง 2 วิธี คือควบคุมผ่านชุดคำสั่งสำเร็จรูป และ ควบคุมผ่านการเคลื่อนไหว สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.4.1 หุ่นยนต์แขนกลสามารถรับส่งชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวของมือเพื่อสั่งการหุ่นยนต์แขนกลผ่านกล้อง

5.4.2 สามารถใช้กล้องตรวจจับโครงร่างของมือด้วย Computer Vision

5.4.3 สามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ทั้ง 4 ของหุ่นยนต์แขนกล จำนวน 1 ตัว

5.4.4 หุ่นยนต์แขนกลสามารถควบคุมการทำงานได้ผ่านโปรแกรม Arm Robot Control

5.4.5 สามารถควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านโปรแกรม Arm Robot Control โดยมีชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูปจำนวน 4 ชุด

5.4.6 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวตามมือได้ทันที

บรรณานุกรม

- [1] Ankit Bhagat, Anjali Chandrakar, Neha Sahu, Nihal Verma, and Kusum Sahu. (2017 April-June). Hand Gesture Controlled Robot. International Journal of Electrical and Electronics Research, 5(2), 58-62. Retrieved from <https://www.researchpublish.com>
- [2] Bharati Vidyapeeth. (2013). Hand Gestures Remote Controlled Robotic Arm. Advance in Electronic and Electric Engineering, 3, 601-606. Retrieved from <https://ripublication.com/>
- [3] D P Karthik, Diganth Bhargava H S, and Manjunath. (2018). Hand Gesture Controlled Robotic Arm for Industrial Application. International Journal of Science and Research (IJSR). Retrieved from <https://www.ijsr.net/>
- [4] Dana Kulić. (2018). Human Motion Imitation. (Thesis). Department of Electrical and Computer Engineering. University of Waterloo. Waterloo.
- [5] Dilip R, Dharani J, K J Jai Viknesh, Lohith D S, and Yogesh Prakash. (2021). Real-time Motion Control of Robot Using Kinect. Journal of Physics: Conference Series, 10(1088). Retrieved from <https://iopscience.iop.org/>
- [6] Dr. C.K. Gomathy, Mr. G. Niteesh, and Mr K. Sai Krishna. (2021, April). The Gesture Controlled Robot. THE GESTURE CONTROLLED ROBOT. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 8(4). Retrieved from <https://www.researchgate.net/>
- [7] Emrehan Yavşan, and Ayşegül Uçar. (2015, May). Teaching human gestures to humanoid robots by using Kinect sensor. Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 10(1109). Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org>
- [8] Gun Gun Maulana, Yuliadi Erdani, Aris Budiarto, and Wahyudi Purnomo Politeknik. (2018, September). Design and building motion capture system using transducer Microsoft kinect to control robot humanoid. The 3rd Annual Applied Science and Engineering Conference, 10(1051). Retrieved from <https://www.matec-conferences.org/>
- [9] M.Bahadır Kucuk. (2022). Humanoid Robot Control from Human Joint Angle via 2D Camera (Thesis). Vrije Universiteit Amsterdam. The Netherlands

บรรณานุกรม(ต่อ)

- [10] Priyank Garg, Mansi Patel, and Harshit Verma. (2022, May). Gesture Controlled Robot with Robotic Arm. Ijraset Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 10(5). Retrieved from <https://www.ijraset.com/>
- [11] Rachael Burns, Myounghoon Jeon, and Chung Hyuk Park. (2018). Robotic Motion Learning Framework to Promote Social Engagement. (Thesis). The George Washington University, Washington. USA
- [12] Rahul G. Baldawa, Akash A. Erande, Gaurav G. Pole, and Meghana M. Deshpande. (2018, April). Gesture Controlled Mobile Robotic Arm Using Accelerometer. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), 6(2), Retrieved from <https://ijcrt.org/>
- [13] Rishank S Nair, Sadhana Kumar, and N Soumya. (2018, March). A Study On Gesture Controlled Robotic Arms And Their Various Implementations. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 9(3), 425-434. Retrieved from <https://iaeme.com/>
- [14] Sarmad Hameed, Muhammad Ahson Khan, Bhawesh Kumar, Zeeshan Arain, and Moez ul Hasan. (2017). Gesture Controlled Robotic Arm using Leap Motion. Indian Journal of Science and Technology, 10(45), 1-7. Retrieved from <https://indjst.org/>
- [15] Shriya A. Hande, Nitin R. Chopde. (2020, July-August). Implementation of Gesture Control Robotic Arm for Automation of Industrial Application. International Journal of Scientific Research in Science and Technology, 7(4), 147-156. Retrieved from <https://www.academia.edu/>
- [16] Xing Li. (2020, February). Human Robot Interaction Based on Gesture and Movement Recognition. Signal Processing Image Communication. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/>

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานของระบบ

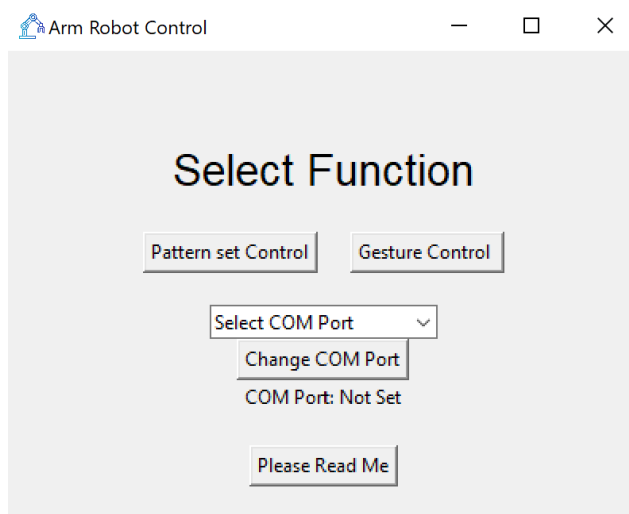
คู่มือการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล

คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์แขนกล

1. เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์แขนกล เสียบสายเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์แขนกล
2. เสียบปลั๊กไฟ เสียบปลั๊กไฟเพื่อเปิดการใช้งานหุ่นยนต์แขนกล
3. เริ่มใช้งาน ใช้โปรแกรม Arm Robot Control เพื่อทำการควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

คู่มือการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control เพื่อควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

1. ติดตั้งโปรแกรม เมื่อติดตั้งโปรแกรม Arm Robot Control สำเร็จแล้ว เปิดโปรแกรมเพื่อเริ่มใช้งาน
2. เลือกพอร์ตการเชื่อมต่อ เชื่อมต่อหุ่นยนต์แขนกลเข้ากับคอมพิวเตอร์และเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อ
3. เลือกฟังก์ชันที่ต้องการ หน้าแรกของโปรแกรมจะมีฟังก์ชันการควบคุมอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่ Pattern Set Control และ Gesture Control
4. ปิดโปรแกรม เมื่อต้องการเลิกใช้งานโปรแกรมให้คลิกที่ไอคอน X ที่มุมขวาบน



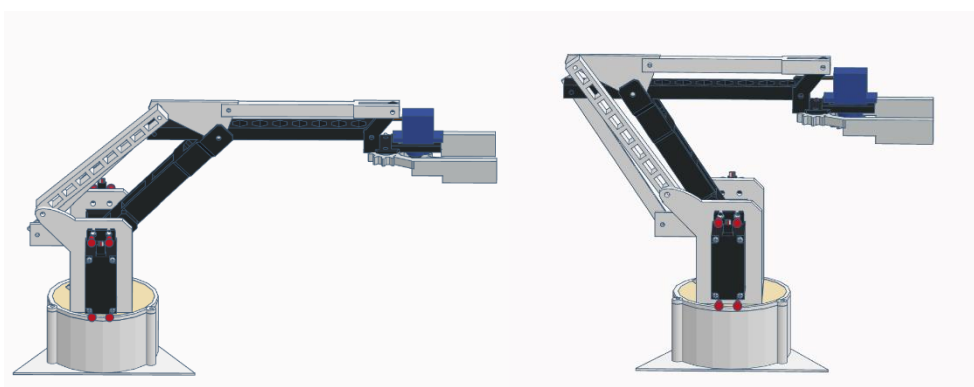
Pattern Set Control เป็นการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยชุดคำสั่งสำเร็จรูปสามารถใช้งานได้ทันที โดยมีคำสั่งสำเร็จรูปจำนวน 4 ชุด ได้แก่

- A หุ่นยนต์แขนกลจะคืบวัตถุจากทางด้านซ้ายสุดไปวางไว้ทางด้านขวาสุด
- B หุ่นยนต์แขนกลจะคืบวัตถุจากทางด้านขวาสุดไปวางไว้ทางด้านซ้ายสุด

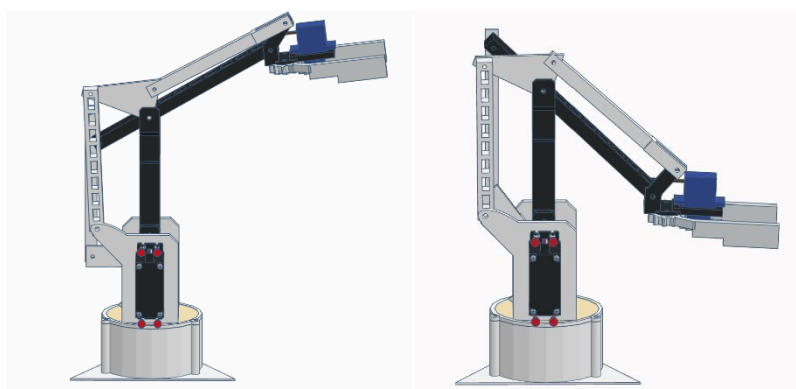
- C หุ่นยนต์แขนกลจะคืบวัตถุขึ้นและวางลงตรงจุดเดิม
- D หุ่นยนต์แขนกลจะขยับขึ้นและลง ขยับไปทางซ้ายและขวา จากนั้นจะคืบและปล่อย

Gesture Control เป็นการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยการเคลื่อนไหวมือและข้อมือ โดยสามารถทำการควบคุมได้ดังนี้

- ขยับหน้า** ขยับมือเข้าไปใกล้กับกล้องเว็บแคม แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะยื่นไปข้างหน้า
- ถอยหลัง** ขยับมือถอยห่างออกมาจากกล้องเว็บแคม แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะหดถอย



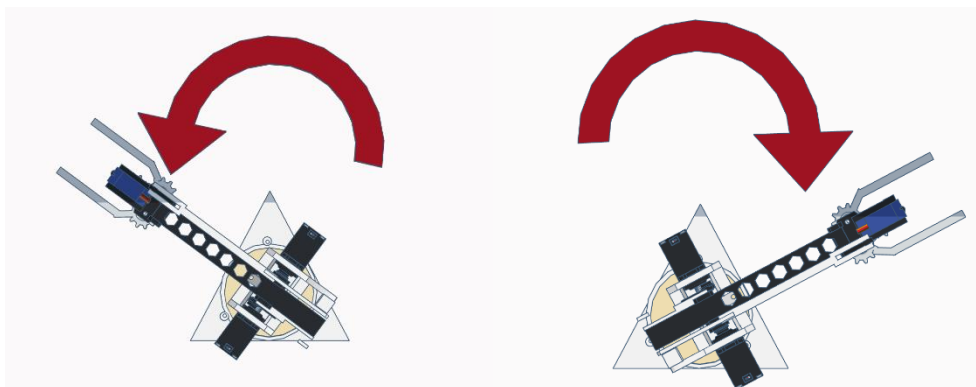
- ยกสูง** ยกมือขึ้นสูง แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะยกสูงขึ้น
- ลงต่ำ** ลดมือต่ำลง แขนของหุ่นยนต์แขนกลจะลดตัวลงต่ำ



- หมุนซ้าย** หมุนฝ่ามือไปทางซ้าย หุ่นยนต์แขนกลจะหมุนตัวไปทางซ้าย

หมุนขวา

หมุนฝ่ามือไปทางขวา หุ่นยนต์แขนกลจะหมุนตัวไปทางขวา

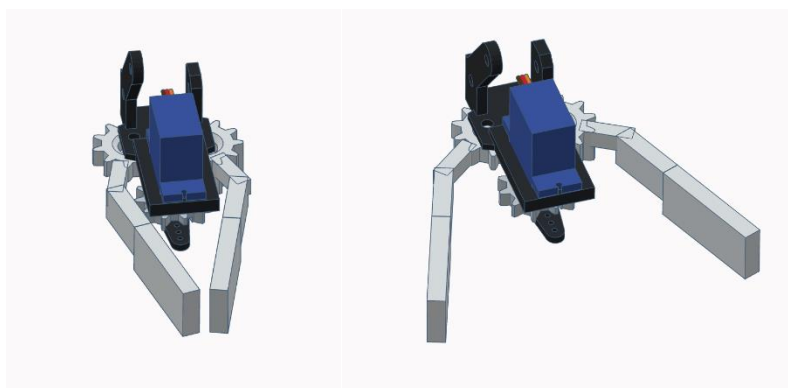


คืบ

กำมือเพื่อคืบวัตถุ

ปล่อย

แบมือเพื่อปล่อยวัตถุ



ข้อแนะนำ

- ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ของคุณมีกล้องเว็บแคม
- หากตรวจพบว่ามีมือมากกว่า 1 มือ หุ่นยนต์แขนกลจะไม่ทำงาน
- ขณะทำการควบคุมควรให้ฝ่ามือตั้งฉากกับกล้องเว็บแคม และชูมือให้เห็นทั้ง 5 นิ้ว
- โปรแกรม Arm Robot Control สามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Windows
- เมื่อมีการใช้งานหุ่นยนต์แขนกลเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดความร้อน หากใช้งานต่อไปอาจทำให้หุ่นยนต์แขนกลชำรุดได้ ควรหยุดการใช้งานและรอให้เซอร์โวมอเตอร์เย็นตัวลงจึงจะสามารถกลับมาใช้งานได้

อุปกรณ์ในบรรจุภัณฑ์

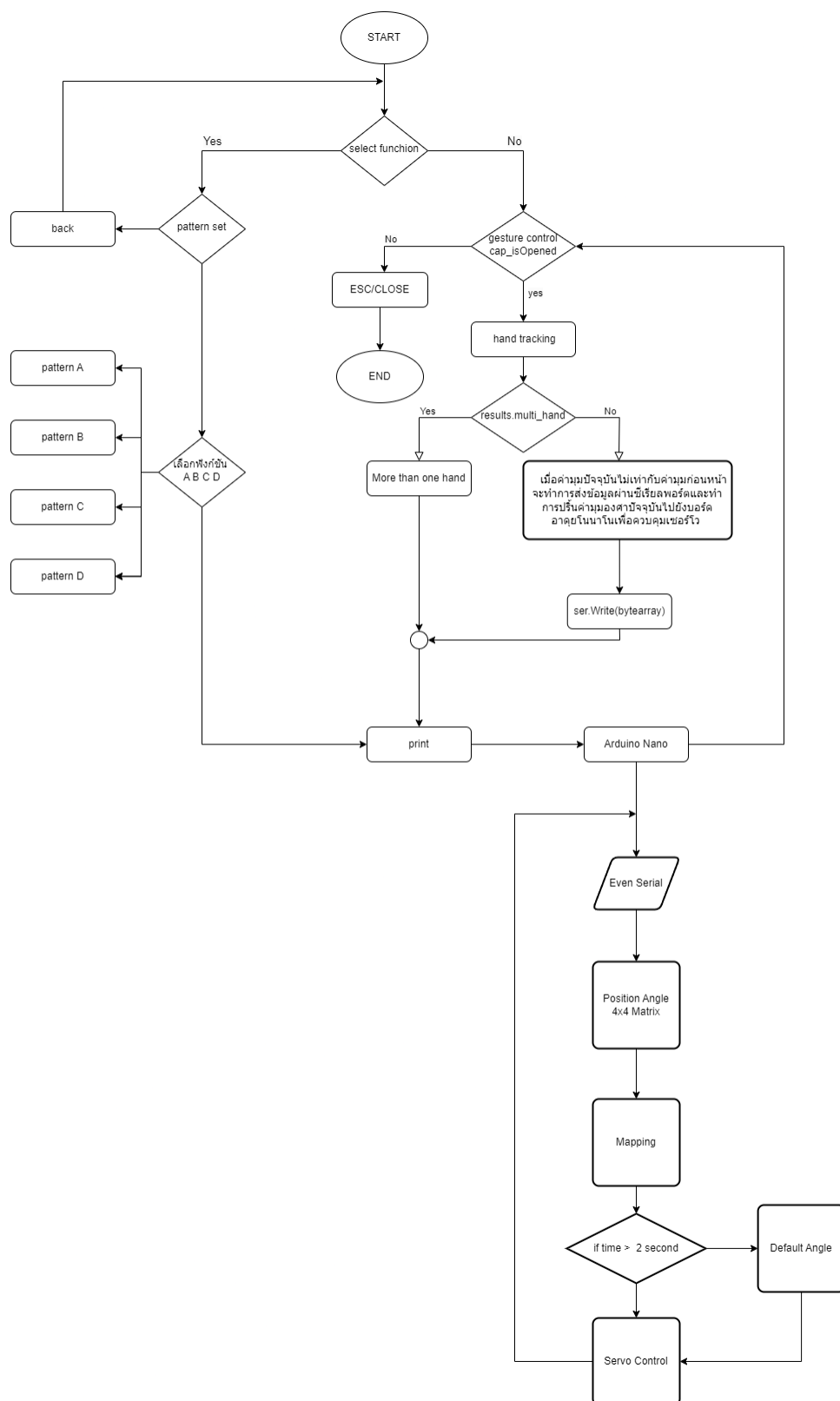
- 1) สายเชื่อมต่อ
- 2) สายไฟ
- 3) หุ่นยนต์แขนกล
- 4) คู่มือการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล

คุณสมบัติโดยย่อของหุ่นยนต์แขนกล

- 1) สามารถควบคุมได้ผ่านชุดคำสั่งสำเร็จรูปจำนวน 4 ชุด
- 2) สามารถควบคุมได้ผ่านการเคลื่อนไหว

ภาคผนวก ข
สรุปสถิติผลการดำเนินงานของระบบ

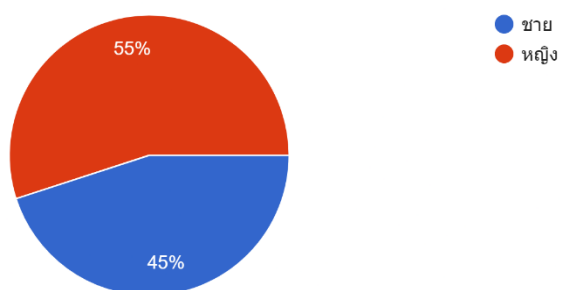
แผนผังการทำงานของซอฟต์แวร์



ผลการตอบแบบประเมินในตอนต้นที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ของแบบความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล

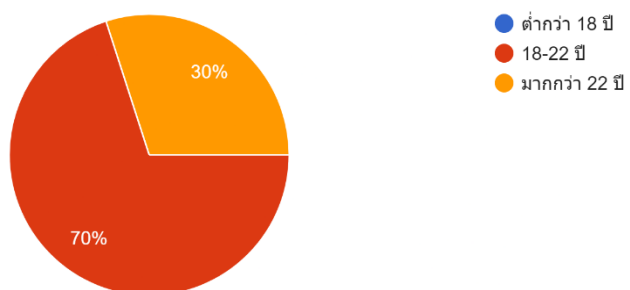
1. เพศ

คำตอบ 20 ข้อ



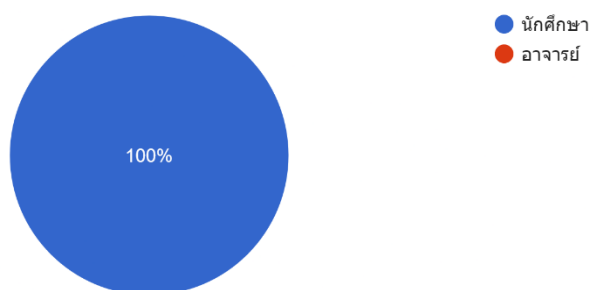
2. อายุ

คำตอบ 20 ข้อ



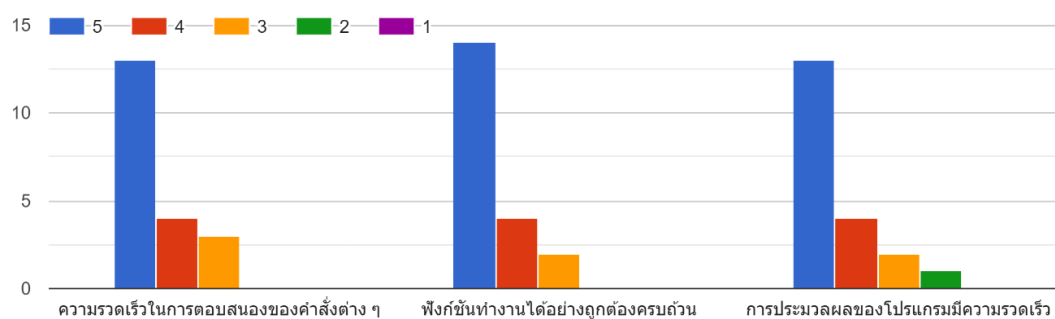
3. อาชีพ

คำตอบ 20 ข้อ

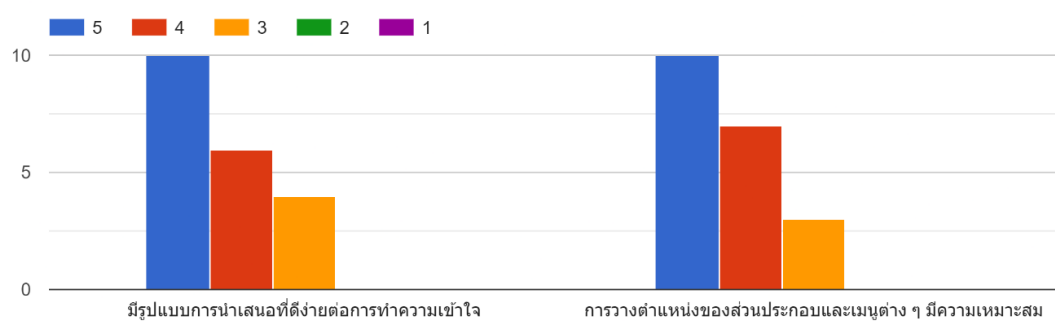


ผลการตอบแบบประเมินในตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม Arm Robot Control และ หุ่นยนต์แขนกล

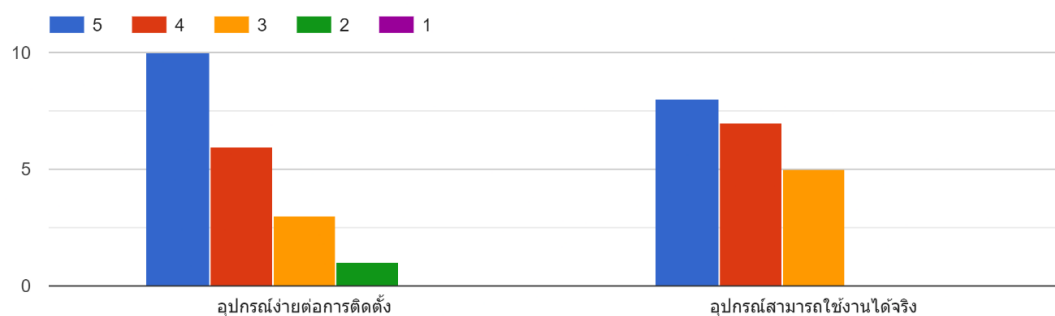
1. ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของโปรแกรม Arm Robot Control



2. ด้านการออกแบบโปรแกรม Arm Robot Control



3. ด้านประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์แขนกล



ตารางบันทึกผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้ชุดรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสำเร็จรูป

ฟังก์ชัน	ครั้งที่										เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. ชุดรูปแบบ A	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90%
2. ชุดรูปแบบ B	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	90%
3. ชุดรูปแบบ C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
4. ชุดรูปแบบ D	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	80%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง											90%

ตารางบันทึกผลการทดลองควบคุมหุ่นยนต์แขนกลผ่านการเคลื่อนไหวของมือ

การทำงาน	ครั้งที่					เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	1	2	3	4	5	
1. จากจุด A ไปยังจุด B	✗	✓	✓	✓	✓	80%
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง						80%

ประวัติผู้ทำปริญญานิพนธ์



ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)

ธิติวุฒิ

วงศ์เชื้อ

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Thitiwut

Wongsue

รหัสนักศึกษา

62543206012-1

สถานที่อยู่ติดต่อได้

10 หมู่ 6 ต.แม่ศึก อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ 50270

โทรศัพท์

092 746 4736

E-mail

thitiwut16003@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2559

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนแม่แจ่ม

พ.ศ.2561

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนแม่แจ่ม

พ.ศ.2566

จบการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

ประวัติผู้ทำปริญญานิพนธ์



ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)

ธารตะวัน เมืองแสน

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Tantawan Muangsaen

รหัสนักศึกษา

62543206011-3

สถานที่อยู่ที่ติดต่อได้

39 ซ.9 ถ.ป่าตัน ต.ป่าตัน อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

โทรศัพท์

064 945 1041

E-mail

tantawan5601@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2559

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนช่องฟ้าซินเชิงวาณิช
บำรุง

พ.ศ.2561

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนช่องฟ้าซินเชิง
วาณิชบำรุง

พ.ศ.2566

จบการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา เชียงใหม่

