



การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
Arm Robot Development for Sketching Portraits Using Image Processing
Techniques

นายธีระพงศ์ เสี่ยงล้ำ
นายกฤษตะวัน ภูมิมาลี

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2566



การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
Arm Robot Development for Sketching Portraits Using Image Processing
Techniques

นายธีระพงศ์ เลี้ยงล้ำ
นายกฤษตะวัน ภูมิมาลี

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

(รศ.ดร.ชัยพร ปานยินดี)	(อ.กาญจน์บุษยา พานิชเจริญ)
ประธานกรรมการสอบ	กรรมการสอบ
(อ.ชาญยุทธ อุปายโกศล)	(อ.ดร.ชัยพิชิต คำพิมพ์)
กรรมการสอบ	กรรมการสอบ
(อ.ดร.พีรัมพร จิรนนทนากกร)	(อ.ดร.ปรกรณ์ ทุไผเราะ)
กรรมการสอบ	กรรมการสอบ
(ผศ.ดร.เจษฎาพร สล่านทรัพย์)	
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	
วันที่ เดือน พ.ศ.	

ชื่อเรื่อง: การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

ชื่อผู้จัดทำ: นายธีระพงศ์ เสี่ยงล้ำ
นายกฤษตะวัน ภูมิมาลี

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก: ดร.ชัยพิชิต คำพิมพ์

สาขาวิชา: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา: 2566

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้พัฒนาระบบแขนหุ่นยนต์ที่สามารถวาดโครงร่างของรูปภาพซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนได้แก่ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์เกี่ยวข้องกับการทำงานของแขนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ผ่านแกนแนวตั้งฉากสองแกน แกนแรกกำหนดตำแหน่งพิกเซลตามแกนแนวนอนของรูปภาพ ในขณะที่แขนหุ่นยนต์กำหนดตำแหน่งตามแกนแนวตั้ง การวาดสามารถทำได้โดยการนำปากกาไปยังตำแหน่งที่ระบุจากทั้งสองแกน ส่วนประกอบซอฟต์แวร์จะประมวลผลภาพที่ได้โดยใช้อัลกอริทึมการตรวจจับของแคนนี่เอเดจ เพื่อระบุขอบของภาพ ตำแหน่งของพิกเซลขอบจะถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนหุ่นยนต์ตามแกนต่าง ๆ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าภาพที่วาดโดยแขนหุ่นยนต์นั้นตรงกับโครงร่างที่แยกออกมาโดยใช้อัลกอริทึมแคนนี่เอเดจ อย่างไรก็ตามรูปภาพที่ได้มีความละเอียดต่ำเนื่องจากข้อจำกัดในความแม่นยำในการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนของหุ่นยนต์ ส่งผลให้รายละเอียดลดลง

(ปริญญานิพนธ์นี้มีจำนวนทั้งสิ้น 64 หน้า)

คำสำคัญ: แขนหุ่นยนต์ อันกอลิทึมแคนนี่เอเดจ ขอบของภาพ

Project Title: Arm Robot Development for Sketching Portraits Using Image Processing Techniques

Member Name: Mr. Krittawan pummalee
Mr. theeraphong seinglum

Project Advisor: Dr.Chaipichit Cumpim

Major Field: Computer Engineering

Academic Year: 2024

Abstract

This project has developed a robotic-arm system capable of drawing the outlines of images, comprising two main components: hardware and software. The hardware components involve the operation of a robot arm moving horizontally across two perpendicular axes. The first axis determines the pixel position along the image's horizontal axis, while the robot arm determines its position along the vertical axis. Drawing is achieved by guiding the pen to specified positions from both axes. The software component processes the resulting image using Canny edge detection algorithm to identify the image's edges. The positions of the edge pixels are then used to control the movement of the robot arm along different axes. results showed that the image drawn by the robot arm closely matched the outline extracted using the Canny edge algorithm. However, the resulting images have low resolution due to limitations in the robot's vertical and horizontal movement accuracy, resulting in reduced detail.

(Total page 64 pages)

Keywords: Robotic arm, Canny edge algorithm, Image Edge

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดีนั้น ผู้จัดทำขอกราบ
ขอบพระคุณ อ.ดร.ชัยพิชิต คำพิมพ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ช่วยเหลือ คอยให้
คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ทางด้านการเขียนคำสั่งการทำงานให้กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์
และตรวจทานแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์นี้ให้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ
คณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่มอบวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน และให้คำปรึกษา รวมถึง
คำแนะนำ ต่าง ๆ ทั้งยังอำนวยความสะดวกและเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดทำปริญญานิพนธ์
นี้จนเสร็จ สมบูรณ์ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ คอยสนับสนุนด้าน
การศึกษามา ตลอดเวลา ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่ดี จนทำให้ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์มี
กำลังใจ และทำให้ ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ภาพรวมของโครงการ	3
2.2 การประมวลผลภาพ	4
2.3 ทฤษฎีฮาร์ดแวร์	6
2.4 ทฤษฎีซอฟต์แวร์	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	14
3.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์	14
3.2 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์	18
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	21
4.1 การทำงานในส่วนของการถ่ายรูป	21
4.2 การทำงานในส่วนของการแยก	22
4.3 ผลการทดลอง	23
4.4 ข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถแก้ไขได้	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ (ต่อ)	21
4.5 ความแตกต่างของการใช้กล้อง	25
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผล	29
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	29
5.3 แนวทางการแก้ปัญหา	29
5.4 การนำไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์หรือพัฒนาต่อยอด ในลักษณะอื่น ๆ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	32
ก บทความวิจัย	33
ข คู่มือการใช้งาน	45
ค โค้ดของการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้ เทคนิคการประมวลผลภาพ	47
ง ข้อตกลงการโอนสิทธิ์ทรัพย์สินทางปัญญาจากโครงการวิศวกรรม	52
ประวัติผู้จัดทำ	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 แผนดำเนินการ	2
3-1 การเชื่อมต่อบอร์ดอาร์ดิวโน่ กับไมโครสเต็ปไดรเวอร์	17
3-2 การเชื่อมต่อไมโครสเต็ปไดรเวอร์กับสเต็ปมอเตอร์	17
3-3 การเชื่อมต่อบอร์ดอาร์ดิวโน่ กับ SerialBusServoLx-16a	17
3-4 การเชื่อมต่อ SerialBusServoLx-16a กับ Servo Lx-16a	17
3-5 การเชื่อมต่อ Servo MG996R กับ บอร์ดอาร์ดิวโน่	18
4-1 ผลการทดลองรูปภาพหมุน	23
4-2 ผลการทดลองรูปภาพรถ	24
4-3 ผลการทดลองรูปภาพทีวี	24
4-4 ผลการทดลองรูปภาพปลา	24
4-5 ภาพที่ผ่านการประมวลผลจากกล้องธรรมดา	25
4-6 ภาพที่ผ่านการประมวลผลจากกล้องที่คุณภาพสูง	26

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ภาพรวมการพัฒนาแขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้เทคนิคการ ประมวลผลภาพ	3
2-2 ตัวอย่างการประมวลผลภาพโดยการกลับด้าน	4
2-3 การทำเกาส์เซียนเบลอ	5
2-4 การทำแคนนี่เอเดจ	5
2-5 บัสเซอร์ไว	6
2-6 กล้องเว็บแคม	6
2-7 บอร์ดอาร์ดุยโน	7
2-8 ดีบัคบอร์ด	7
2-9 กระดาษสำหรับวาดภาพ	8
2-10 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์	8
2-11 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์	9
2-12 ภาพระดับสีเทา	10
2-13 สัญลักษณ์ภาษาไพทอน	10
2-14 สัญลักษณ์นมไฟ	11
2-15 สัญลักษณ์โอเพนซีวี	11
2-16 สัญลักษณ์อาร์ดุยโนไอทีอี	12
2-17 สัญลักษณ์แมทพลอตลิบ	12
2-18 สัญลักษณ์ดับเบิลยูเอ็กซ์ฟอร์มบิวเดอร์	13
2-19 สัญลักษณ์ไมโครซอฟท์เอกซ์เซล	13
3-1 โครงสร้างของอุปกรณ์	15
3-2 การทำงานของฮาร์ดแวร์	16
3-3 การเชื่อมต่อวงจร	16
3-4 แผนภาพการทำงานของกระบวนการประมวลผลภาพ	21
3-5 แผนภาพการทำงานของบอร์ดอาร์ดุยโน	21
3-6 แผนภาพการทำงานของบอร์ด LX-16A Bus-Linker Serial Bus Servo	20
4-1 หน้าต่างของกล้อง	21
4-2 หน้าต่างของภาพที่ได้จากการถ่าย	22

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-3 หน้าต่างของภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพ	22
4-4 การเก็บค่าพิกเซลของแนก	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากหุ่นยนต์เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมาก โดยเข้ามาช่วยแบ่งเบาภาระการทำงานของมนุษย์หรือเข้ามาทำงานบางอย่างแทนมนุษย์ เช่นงานในสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ งานที่ต้องการความรวดเร็วในการทำงาน งานที่ต้องการความแม่นยำในการจับชิ้นงานเช่นการจับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการบัดกรีขาอุปกรณ์ในแผ่นวงจรที่มีขนาดเล็กมาก ๆ และต้องการความรวดเร็วในการทำงานจึงทำให้เห็นได้ว่าหุ่นยนต์มีความสำคัญต่อกระบวนการในการทำงานของภาคการผลิตและการทำงานของมนุษย์เป็นอย่างมาก และปัจจุบันมีการประยุกต์เทคโนโลยีการประมวลผลภาพเข้ามาใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์ด้วย เช่นการตรวจสอบใบหน้าบุคคล การตรวจสอบชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้นสำหรับโครงงานนี้จะทำการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการถ่ายภาพถ่ายของบุคคล โดยนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ร่วมกับหุ่นยนต์แขนกล ภาพที่วาดจะได้มาจากการแปลงภาพถ่ายจากกล้องเว็บแคมให้เป็นภาพที่แสดงขอบของภาพ จากนั้นจึงนำลายเส้นขอบของภาพไปวาดลงบนกระดาษโดยใช้หุ่นยนต์แขนกลตำแหน่งขอบภาพจะถูกใช้ในการกำหนดทิศทาง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกล

1.2 วัตถุประสงค์

1. พัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสามารถวาดภาพร่างของบุคคล
2. พัฒนาการเขียนโปรแกรมควบคุมแขนหุ่นยนต์แขนกล
3. ประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกล

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1.3.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

1. ใช้หุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 DOF (Degree of freedom)
2. ใช้กล้องเว็บแคม
3. ใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผล
4. ใช้บอร์ดอาร์ดิวโนในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล
5. แผ่นรองกระดาษสำหรับวาดภาพ

1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. ใช้ภาพระดับสีเทา (Grayscale image)
2. ใช้ภาษาไพทอน (Python)
3. ใช้ไลบรารีนิมไพ (NumPy) และ โอเพนซีวี (OpenCV)
4. ใช้การวาดภาพร่างของบุคคลจากภาพเส้นขอบที่ได้จากการประมวลผลภาพจากกล้อง
5. ใช้ อาร์ดูโนโอ ไอดีอี (Arduino IDE)

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถผลิตชิ้นงานออกมาจำนวนมากในเวลาอันสั้น
2. สามารถออกแบบการควบคุมแขนกลได้

1.5 แผนการดำเนินการ

แผนการดำเนินงานแสดงในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา
หาหัวข้อและขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา	31 ต.ค. 2564 ถึง 7 พ.ย. 2564 (1 สัปดาห์)
รวบรวมทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7 พ.ย. 2564 ถึง 28 พ.ย. 2564 (3 สัปดาห์)
ทำการทดลองและบันทึกผล	28 พ.ย. 2564 ถึง 28 ธ.ค. 2564 (4 สัปดาห์)
วิเคราะห์ผลการทดลอง	28 ธ.ค. 2564 ถึง 28 มิ.ย. 2566 (24 สัปดาห์)
ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและแก้ไขข้อผิดพลาด	23 ธันวาคม 2566 ถึง 30 มกราคม 2567 (5 สัปดาห์)
จัดทำวิทยานิพนธ์	14 กุมภาพันธ์ 2567 ถึง 14 มีนาคม 2567 (4 สัปดาห์)

บทที่ 2

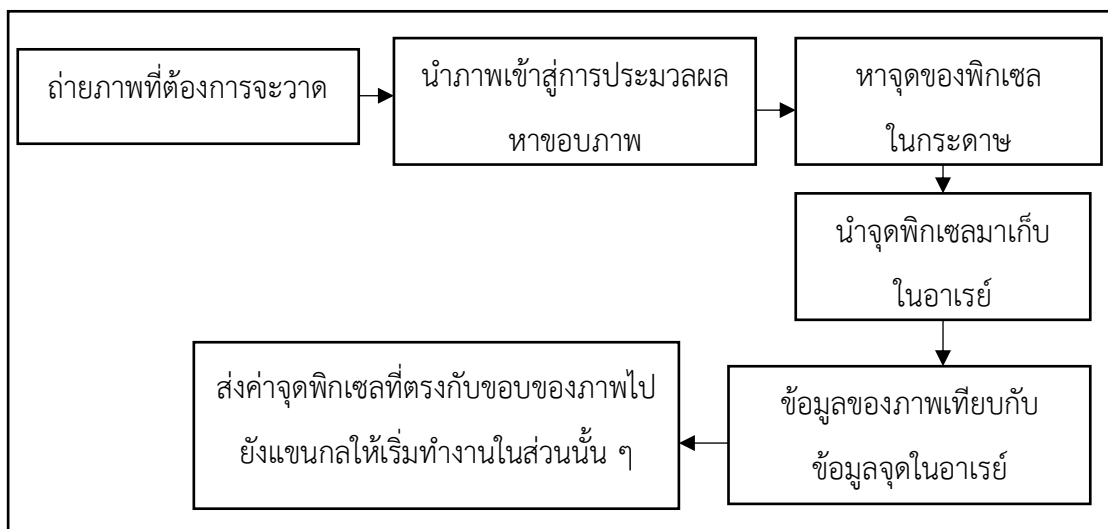
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการนี้นำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการถ่ายภาพบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยมีการวางแผนการทำงานของระบบ การนำเครื่องมือและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการนี้นำเสนอ

- 2.1 ภาพรวมของโครงการ
- 2.2 การประมวลผลภาพ
- 2.3 ทฤษฎีฮาร์ดแวร์
- 2.4 ทฤษฎีซอฟต์แวร์

2.1 ภาพรวมของโครงการ

การทำงานด้านอุตสาหกรรมในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการสร้างแขนกลเพื่อใช้ปฏิบัติงานแทนมนุษย์ ในลักษณะงานที่มีการผลิตอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความแม่นยำและมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุดจึงได้มีการพัฒนาระบบแขนกลนี้ขึ้นมา การทำงานของแขนกล คือนำเข้าภาพที่จะถูกนำไปประมวลผล ระบบจะทำการจำแนกและสกัดขอบของวัตถุในภาพ ข้อมูลที่ได้นี้จะถูกเก็บค่าในอาร์เรย์ (array) ข้อมูลที่ได้จากขอบภาพจะถูกนำมาเทียบกับข้อมูลจุดที่หามา ระบบจะทำงานในพื้นที่ที่ภาพมีค่าสี 255 (สีขาว) บอร์ดอาร์ดิวไอส์จะควบคุมทั้งเซอร์โวมอเตอร์และสเต็ปมอเตอร์ เพื่อให้แขนกลทำงานไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่2-1 ภาพรวมการพัฒนาแขนกลสำหรับการถ่ายภาพบุคคลโดยใช้การประมวลผลภาพ

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ หมายถึง กระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล [1] โดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาด รูปร่าง) ลักษณะของการประมวลผลภาพ เช่นการย่อขยายภาพ การกลับด้านของภาพ การบิดภาพ การหมุนภาพเป็นต้นดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างการประมวลผลภาพโดยการกลับด้าน [1]

2.2.1 โซเบล (Sobel)

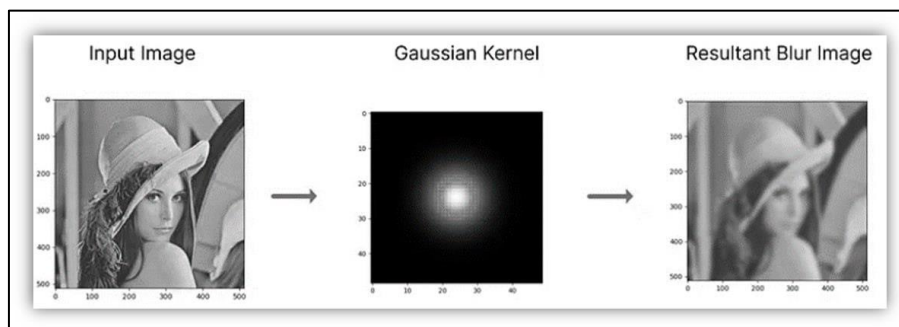
โซเบล [2] คือตัวกรองที่ใช้ในการประมวลผลภาพและการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับการตรวจจับขอบในภาพ ตัวกรอง Sobel-Feldman ได้รับการออกแบบเพื่อสกัดข้อมูลขอบและช่วยเน้นขอบในภาพ Sobel-Feldman ใช้แนวคิดของ "Isotropic 3x3 Image Gradient Operator" ที่แยกความแตกต่างของการไล่ระดับสีในภาพ โดยใช้ฟิลเตอร์ขนาด 3x3 ดังสมการที่ 2-1

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A \text{ and } G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A \quad (2-1)$$

สมการที่ 2-1 เป็นการคำนวณ gradient ในแนวแกนตั้งและแนวนอนโดย G_x และ G_y คือ matrix ในภาพ และ A คือ การทำ Convolution

2.2.2 เกาส์เซียน เบลอ (Gaussian blur)

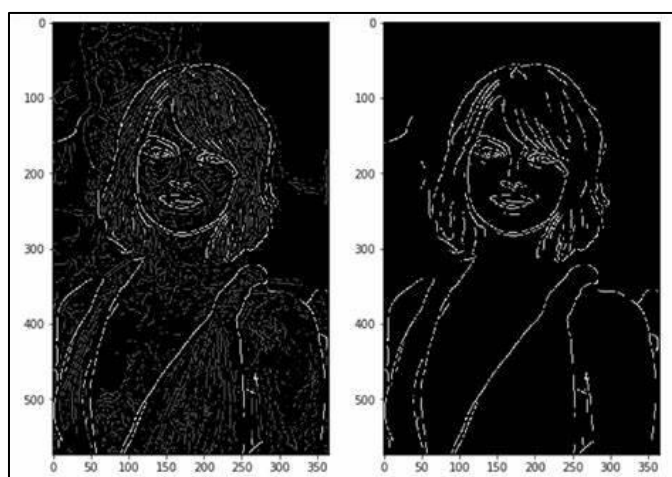
เกาส์เซียน เบลอ [3] เป็นการเบลอภาพด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งภาพจะเบลอน้อยลง แต่เบลออย่างเป็นธรรมชาติ นอกจากนี้จะสามารถรักษาเส้นขอบในภาพได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการเบลอภาพแบบอื่น ๆ ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 การทำเกาส์เซียน เบลอ [3]

2.2.3 แคนนี่เอจ (Canny edge)

แคนนี่เอจ [4] เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ ดังภาพที่ 2-4 โดยจะทำการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพไบนารีของเส้นรอบวัตถุและมีอัลกอริทึม หลายขั้นตอนในการหาเส้นรอบวัตถุ เนื่องจากขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หากความต่างนี้มีค่ามาก จะทำให้เห็นขอบภาพได้อย่างชัดเจน แต่ถ้าความต่างนี้มีค่าน้อย จะทำให้เห็นขอบภาพได้ไม่ชัดเจน



ภาพที่ 2-4 การทำแคนนี่เอจ [4]

2.3 ทฤษฎีฮาร์ดแวร์

2.3.1 เซอร์โว (Servo LX-16A)

เซอร์โว LX-16A [5] เป็นเซอร์โวมอเตอร์ประเภทหนึ่ง ดังภาพที่ 2-5 จะถูกเรียกว่าบัสเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งใช้ ในการควบคุมตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ตามคำสั่งที่อยู่ในรูปแบบของข้อความที่ได้รับมาจากพอร์ตรับข้อมูลแบบอนุกรม มอเตอร์ประเภทนี้สามารถเชื่อมต่อได้หลายตัวโดยใช้พอร์ตสื่อสารข้อมูลร่วมกัน เซอร์โวมอเตอร์ ประเภทนี้มีการเคลื่อนที่ละเอียดกว่ามอเตอร์แบบอาซีเซอร์โว



ภาพที่ 2-5 บัสเซอร์โว [5]

2.3.2 กล้องเว็บแคม (Webcam)

กล้องเว็บแคม [6] ตามภาพที่ 2-6 คือกล้องวิดีโอที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ กับคอมพิวเตอร์ ผ่านสาย ยูเอสบี หลัการใช้งานก็คือ การสื่อสารออนไลน์ในรูปแบบของ ภาพผ่านทางอินเทอร์เน็ต สามารถใช้ได้หลายสถานการณ์ เช่น การทำงานที่มีการประชุมออนไลน์ การสนทนาผ่านวิดีโอคอล การใช้กล้องเว็บแคมช่วยให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารได้อย่างสะดวกสบายผ่านทางอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 2-6 กล้องเว็บแคม [6]

2.3.4 บอร์ดอาร์ดุยโน (Arduino)

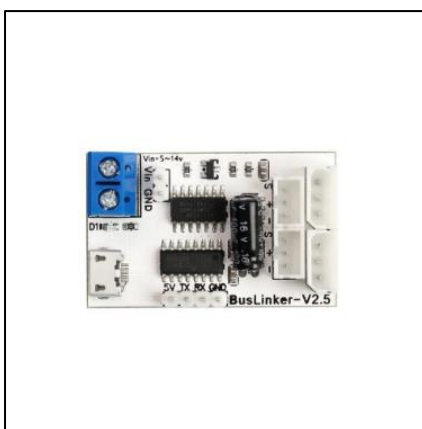
บอร์ดอาร์ดุยโน [7] เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source โดยจะเปิดเผยข้อมูล (Open Source) โดยข้อมูล ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ตัวบอร์ดอาร์ดุยโนได้ออกแบบมาใช้งานได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาใช้งาน แต่สามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้ ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 บอร์ดอาร์ดุยโน [7]

2.3.5 บอร์ดควบคุม Servo LX-16A (Servo control board LX-16A)

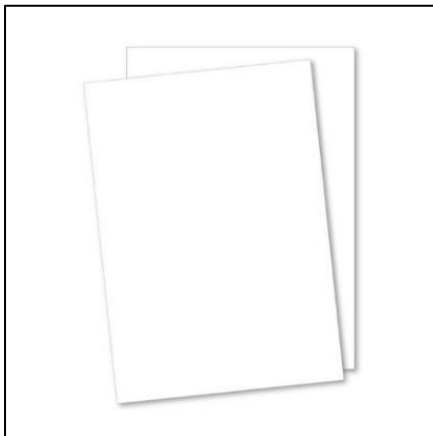
ดีบัคบอร์ด [8] คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาและทดสอบโปรแกรม หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ โดยทั่วไปมักจะมีพอร์ตต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ใช้ในการควบคุม บัสเซอร์มอเตอร์ โดยรับคำสั่งผ่านทางซีเรียลพอร์ต ซึ่งเป็นวิธีการสื่อสารผ่านสายหรือเส้นสัญญาณ โดยอุปกรณ์นี้จะช่วยให้การควบคุมมอเตอร์เป็นไปอย่างง่ายและสะดวก เนื่องจากสามารถส่งคำสั่งควบคุมออกไปได้ในทิศทางเดียว ดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 ดีบัคบอร์ด [8]

2.3.6 แผ่นรองกระดาษสำหรับวาดภาพ (Paper)

แผ่นรองกระดาษสำหรับวาดภาพ ใช้สำหรับให้แขนกลวาดเส้นตามขอบภาพที่ผ่านการประมวลภาพมาแล้ว ดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 กระดาษสำหรับวาดภาพ

2.3.7 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์ (Stepper Motor Linear Slide)

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์ [9] ดังภาพที่ 2-10 สามารถใช้ในการควบคุมตำแหน่งของอุปกรณ์ในการทำงานที่ต้องการการเคลื่อนที่เชิงเส้นการเคลื่อนที่แบบแนวราบนอกจากควบคุมตำแหน่งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ยังสามารถใช้ในการเคลื่อนที่แบบแนวราบหรือเคลื่อนที่เชิงเส้นตามที่กำหนด



ภาพที่ 2-10 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์ [9]

2.3.8 บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์ (Stepper Motor Driver Board)

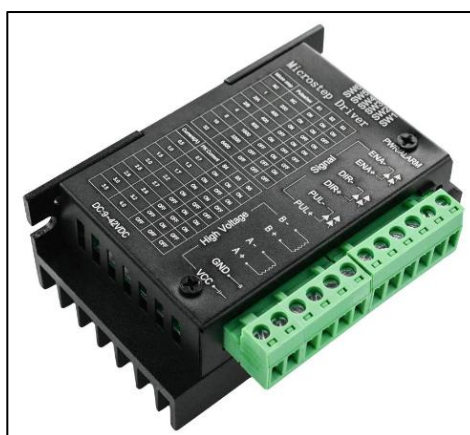
บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์ [10] ดังสมการที่ 2-2 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ซึ่งเป็นชนิดหนึ่งของมอเตอร์ที่ทำงานตามขั้น เมื่อบอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์ทำงานร่วมกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ลิเนียร์สไลด์จะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ตามขั้นของมันทีละขั้นโดยมีการควบคุมทำให้มีการหมุนที่ แน่นนอนและแม่นยำในการทำงาน สูตรการคำนวณจำนวนรอบ (พัลส์) ดังสมการที่ 2-2

$$\text{Number of step} = \frac{\text{Circle degrees}}{\text{Motor degree} \times \text{Step resolution}} \quad (2-2)$$

Number of steps คือ จำนวนสเต็ปหรือจำนวนพัลส์ที่ทำให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เท่ากับ 360 องศา

Circle degrees คือ จำนวนองศาที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือเท่ากับ 360 องศา

Motor degree คือ จำนวนองศาของการหมุนของมอเตอร์ใน 1 สเต็ป ตามคุณสมบัติของมอเตอร์ที่ใช้ $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}$ โดยเลือกจากการปรับดิฟสวิตช์



ภาพที่ 2-11 บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์ [10]

2.4 ทฤษฎีซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ หมายถึง ชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่ใช้สั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการ ซอฟต์แวร์ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงคำสั่งหรือความต้องการของผู้ใช้เป็นลำดับขั้นตอนที่เข้าใจได้โดยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่กำหนดไว้

2.4.1 ภาพระดับสีเทา (Grayscale image)

ภาพระดับสีเทา [11] คือ เป็นภาพซึ่งค่าแต่ละจุดภาพคือความเข้มของสี แต่ละตำแหน่งของจุดภาพนั้น ซึ่งค่าที่เป็นไปไม่ได้ของภาพระดับสีเทาทั้งหมดขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ ดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 ภาพระดับสีเทา [11]

2.4.2 ภาษาไพทอน (Python)

ภาษาโปรแกรมไพทอน [12] คือภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูง โดยถูกออกแบบมาให้ เป็นภาษาสคริปต์ที่อ่านง่าย โดยตัดความซับซ้อนของโครงสร้างและไวยากรณ์ของภาษาออกไป ในส่วนของการแปลงชุดคำสั่งที่เราเขียนให้เป็นภาษาเครื่อง ไพทอน มีการทำงานแบบ Interpreter คือเป็นการแปลชุดคำสั่งทีละบรรทัด เพื่อป้อนเข้าสู่หน่วยประมวลผลให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เรต้องการ นอกจากนั้นภาษาโปรแกรม ไพทอน ยังสามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายประเภท โดยไม่ได้จำกัดอยู่ที่งานเฉพาะทางใดทางหนึ่ง (General-purpose language) จึงทำให้มีการนำไปใช้กันแพร่หลายในหลายองค์กรใหญ่ระดับโลก เช่น Google, YouTube, Instagram, Dropbox และ NASA เป็นต้น มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 สัญลักษณ์ภาษาไพทอน [12]

2.4.3 นัมไพ (Numpy)

นัมไพ [13] เป็นไลบรารีพื้นฐานที่ใช้คำนวณทางคณิตศาสตร์ด้วยภาษา ไพทอน สามารถคำนวณ หรือ ดำเนินการทางตรรกะใน Array หลายมิติ หรือ Matrix ได้อย่างรวดเร็ว เพราะ ไลบรารีเขียนด้วยภาษา C ที่ Compile แล้ว มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 สัญลักษณ์นัมไพ [13]

2.4.4 โอเพน ซีวี (OpenCV)

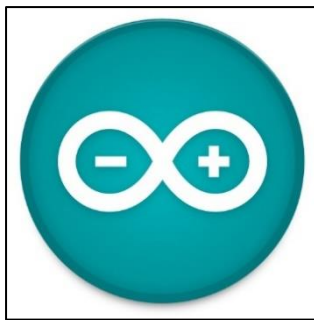
โอเพนซีวี [14] คือ ไลบรารีโอเพ่นซอร์สที่นิยมสำหรับการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐาน เช่น การเบลอภาพ การผสมภาพ การเพิ่มคุณภาพของภาพ เพิ่มคุณภาพของวิดีโอ การรู้จำวัตถุต่าง ๆ ในภาพ หรือ การตรวจจับใบหน้าหรือวัตถุต่าง ๆ ในภาพและวิดีโอได้ มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 สัญลักษณ์โอเพน ซีวี (OpenCV) [14]

2.4.5 อาร์ดูโน ไอดีอี (Arduino IDE)

อาร์ดูโน ไอดีอี [15] คือโปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด อาร์ดูโน หรือบอร์ดตัวอื่น ๆ ที่คล้ายกัน มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-16 ไอดีอีย่อมาจากคำว่า (Integrated Development Environment) คือส่วนเสริมของระบบการพัฒนา ที่จะคอยช่วยเหลือ Developer หรือผู้พัฒนา Application เพื่อให้เกิดความรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ ทำให้การพัฒนางานต่าง ๆ เร็วมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2-16 สัญลักษณ์อาร์ดุยโน ไอดีอี [15]

2.4.6 แมทพลอตลิบ (Matplotlib)

แมทพลอตลิบ [16] เป็นไลบรารีสำหรับพล็อตกราฟและแสดงภาพในภาษา ไพทอน ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตัวช่วยที่สามารถสร้างกราฟ 2D, 3D และภาพอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลายแบบ โดยใช้การใช้งานที่ง่ายและสามารถปรับแต่งได้มากมาย สามารถ import ใช้งาน ได้โดยการพิมพ์ `from matplotlib import pyplot as plt` และ แมทพลอตลิบ มีฟังก์ชันต่าง ๆ สำหรับการพล็อตกราฟต่าง ๆ ซึ่งสามารถเลือกใช้ตามประเภทของข้อมูล และ การแสดงผลที่คุณต้องการ เช่น สำหรับการพล็อตกราฟเส้น สามารถใช้คำสั่ง `plt.plot()` และสำหรับการพล็อตกราฟจุด สามารถใช้คำสั่ง `plt.scatter()` การสร้างกราฟด้วย แมทพลอตลิบ สามารถสร้างได้โดยกำหนดค่า เช่น `x = [1,2,3,4,5]` , `y = [2,4,6,8,10]` จากนั้นพิมพ์ `plt.plot(x,y)` เพื่อให้ทำการสร้างกราฟเส้นตามค่า `x,y` ที่ผู้กำหนด แล้วพิมพ์ `plt.show()` จะแสดงกราฟบนหน้าต่างแสดงผลจะมีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 สัญลักษณ์ แมทพลอตลิบ [16]

2.4.7 ดับเบิลยูเอ็กซ์ฟอร์มบิวเดอร์ (wxFormBuilder)

ดับเบิลยูเอ็กซ์ฟอร์มบิวเดอร์ [17] เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้าง GUI (Graphic User Interface) สำหรับ wxWidgets, ไลบรารี C++ ที่ใช้สำหรับสร้างแอปพลิเคชันกราฟิกที่สามารถทำงานได้ในหลายแพลตฟอร์ม wxWidgets ให้ชุดเครื่องมือสำหรับพัฒนา GUI ใน C++, และ ดับเบิลยูเอ็กซ์ฟอร์มบิวเดอร์ เสริมความสามารถในการสร้าง UI ของ wxWidgets โดยที่ไม่ต้องเขียนโค้ด GUI เอง สามารถใช้ ดับเบิลยูเอ็กซ์ฟอร์มบิวเดอร์ เพื่อสร้างหน้าต่างและควบคุมต่าง ๆ บน GUI ของแอปพลิเคชัน

wxWidgets ผู้ใช้ด้วยการลากและวางองค์ประกอบต่าง ๆ ในเครื่องมือนี้และกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 สัญลักษณ์ดับเบิลยูเอ็กซ์ฟอร์มบิวเดอร์ [17]

2.4.8 ไมโครซอฟต์ เอ็กเซล (Microsoft Excel)

ไมโครซอฟต์เอ็กเซล [18] เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ สถิติ กราฟ และฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูลอื่น ๆ โดย เอ็กเซล เป็นส่วนหนึ่งของ Microsoft Office Suite ซึ่งรวมถึงโปรแกรมอื่น ๆ เช่น Word, PowerPoint, Outlook และอื่น ๆ มีสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18 สัญลักษณ์ ไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล [18]

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสามารถวาดภาพร่างบุคคล และ พัฒนาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แขนกล การทำงานมี 3 ขบวนการ คือ การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ การออกแบบด้านซอฟต์แวร์ และการหาขอบของภาพโดยใช้หลักการแคนนี่เอ็ดจ์

3.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Servo LX-16A 4 ตัว
2. Servo MG996R Robot 1 ตัว
3. กล้องเว็บแคม
4. ขาจับกล้อง
5. MicrostepDriver
6. บอร์ดอาร์ดิวโน่ ยูโน่ 1 บอร์ด
7. กระดาษสำหรับวาดภาพ 1 แผ่น
8. ปากกา 1 ด้าม
9. บอร์ด LX-16A BusLinker Serial Bus Servo
10. สเต็ปเปอร์มอเตอร์สไลด์เชิงเส้น
11. DC-DC Step up / Step down
12. Power Supply 5V
13. Power Supply 12V

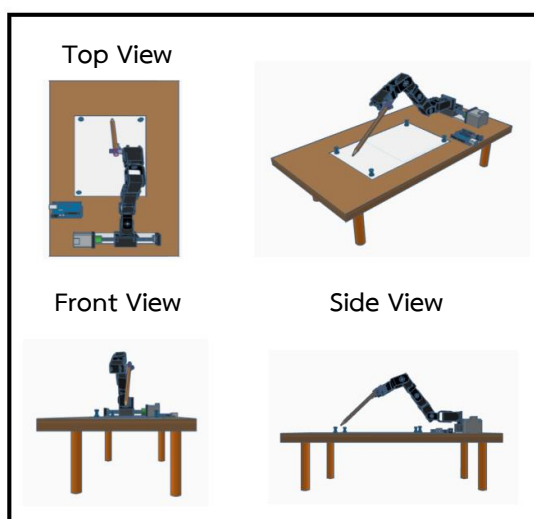
3.1.1 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของภาพ และ ส่วนของแขนกล โดยส่วนของภาพ จะต้องใช้กล้องถ่ายภาพใบหน้าของบุคคล จากนั้นระบบจะนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผล โดยใช้ เทคนิคการประมวลผลภาพ ทำให้ภาพเป็นขาวดำ และ หาขอบของใบหน้าบุคคล โดยขอบของภาพจะเป็นสีขาว หรือมีค่าสีที่ 255 และ ส่วนของรายละเอียดที่ไม่ใช่ขอบภาพจะเป็นสีดำ จากนั้นจะเก็บเป็น อาร์เรย์ไว้ เพื่อที่จะนำไปสู่กระบวนการต่อไป

ส่วนที่ 2 คือส่วนของแขนกล โดยส่วนนี้จะต้องหาค่าของแขนกลแต่ละค่า ที่ตรงกับแต่ละพิกเซลที่จะให้แขนกลเคลื่อนที่ไป ค่าในส่วนนี้จะถูกเก็บไว้ไฟล์ เอกซ์เซล โดยจะต้องมาปรับแต่งทีละค่า เพื่อให้ได้ความแม่นยำมากที่สุด เมื่อได้ค่าครบทุกค่าของพิกเซลแล้ว จะนำมาเก็บไว้ในอาเรย์ เพื่อที่จะเปรียบเทียบกับ ค่าของภาพ โดยหลักการทำงานคือ แขนกลจะทำงานในส่วนที่ภาพมีค่าสี 255 (สีขาว) บอร์ดอาร์ดยูโน้จะส่งค่าไปที่แขนกลให้เคลื่อนที่ไปในส่วนที่มีค่าตรงกัน

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์

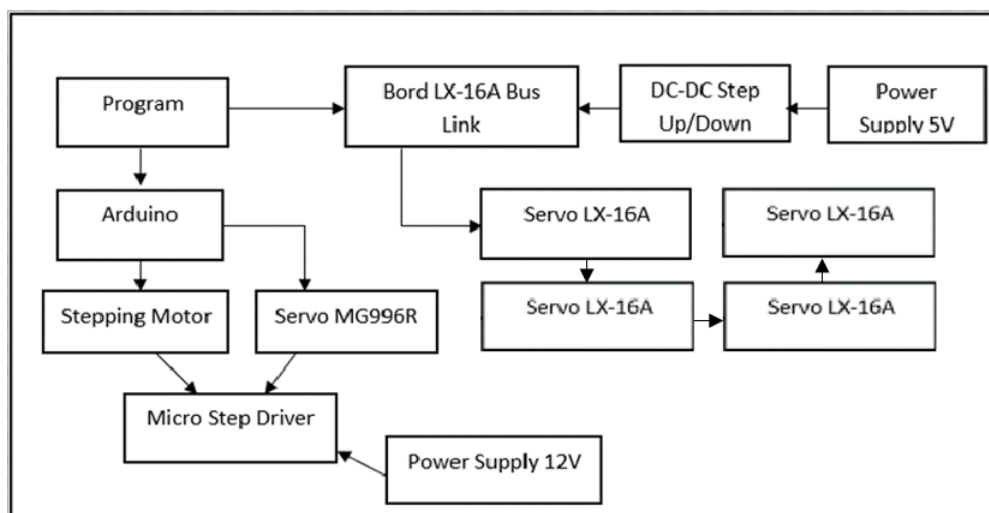
การออกแบบโครงสร้าง ได้มีการจำลองการสร้าง โมเดลขึ้นบนเว็บไซต์ ที่ใช้สำหรับออกแบบจากภาพ 3-1 ได้มีการกำหนด รูปร่างของแขนกล ทั้งด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน โดยจะกำหนดตัวแขนกลไว้บนฐานของตัวเลื่อน เพื่อที่จะมีความแม่นยำในการหาจุดด้านข้าง และมีการจัดวางตำแหน่งของบอร์ดทั้งหมด ไว้ที่ด้านข้างของแขนกล เพื่อที่เวลาทำงานแขนกลจะไม่เคลื่อนไปชน เพื่อลดความเสียหาย



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างของอุปกรณ์

3.1.3 การออกแบบการทำงานของฮาร์ดแวร์

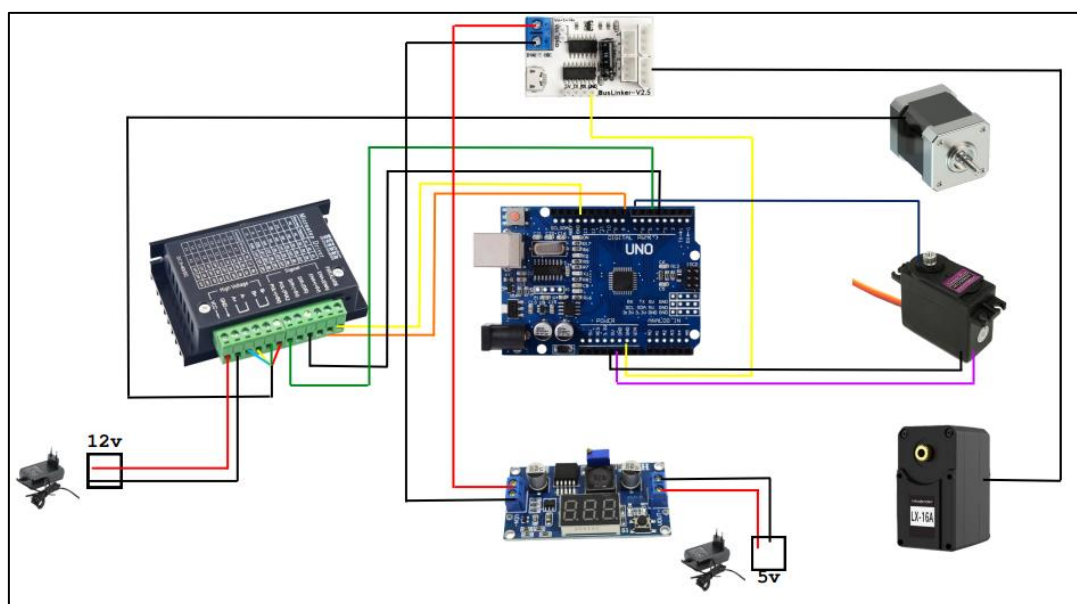
การทำงานของฮาร์ดแวร์ โปรแกรมจะส่งค่าไปยัง บอร์ดอาร์ดยูโน้ เพื่อทำการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ในแนวแกน X และ ส่งค่าการควบคุมไปยังบอร์ด LX-16A Bus Linker เพื่อทำการควบคุม Servo Lx16A จำนวน 4 ตัวให้ทำงานในแนวแกน Y จากนั้นจึงสั่งให้ Servo MG996R Robot ขยับปลายปากกาเพื่อไปแตะที่กระดาษ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสเต็ปเปอร์มอเตอร์ และ Servo จะกลับมาที่ตำแหน่งเดิม ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การทำงานของฮาร์ดแวร์

3.1.4 การออกแบบการเชื่อมต่อวงจร

บอร์ดอาร์ดุยโน้ จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตยูเอสบี แต่เนื่องจากการใช้สเต็ปเปอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ หลายตัวจึงไม่เพียงพอต่อการจ่ายไฟ จึงได้มีการใช้พาวเวอร์ซัพพลายทั้ง 12 โวลต์และ 5 โวลต์ โดยที่พาวเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ จะเชื่อมต่อกับ ไมโครสเต็ปไดรเวอร์ ดังภาพที่ 3-3 สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 และ 3-5



ภาพที่ 3-3 การเชื่อมต่อวงจร

ตารางที่ 3-1 การเชื่อมต่อบอร์ดอาร์ดูโน้ กับ ไมโครสเต็ปไดรเวอร์

อุปกรณ์	ขาของอุปกรณ์	การเชื่อมต่อ
Arduino	4	DIR+
	5	PUL+
	8	ENA+
	GND	ENA-

ตารางที่ 3-2 การเชื่อมต่อ ไมโครสเต็ปไดรเวอร์ กับ สเต็ปมอเตอร์

อุปกรณ์	ขาของอุปกรณ์	การเชื่อมต่อ
Micro Step Driver	B-	สายสีแดง
	B+	สายสีเขียว
	A-	สายสีเหลือง
	A+	สายสีน้ำเงิน

ตารางที่ 3-3 การเชื่อมต่อ บอร์ดอาร์ดูโน้ กับ Serial Bus Servo Lx-16a

อุปกรณ์	ขาของอุปกรณ์	การเชื่อมต่อ
Arduino	GND	GND

ตารางที่ 3-4 การเชื่อมต่อ Serial Bus Servo Lx-16a กับ Servo LX-16a

อุปกรณ์	ขาของอุปกรณ์	การเชื่อมต่อ
Serial Bus Servo Lx-16a	Servo port	Servo port

ตารางที่ 3-5 การเชื่อมต่อ Servo MG996R กับ บอร์ดอาร์ดูโน้

อุปกรณ์	ขาของอุปกรณ์	การเชื่อมต่อ
Arduino	7	สายสีขาว
	GND	สายสีดำ
	5V	สายสีแดง

3.2 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์

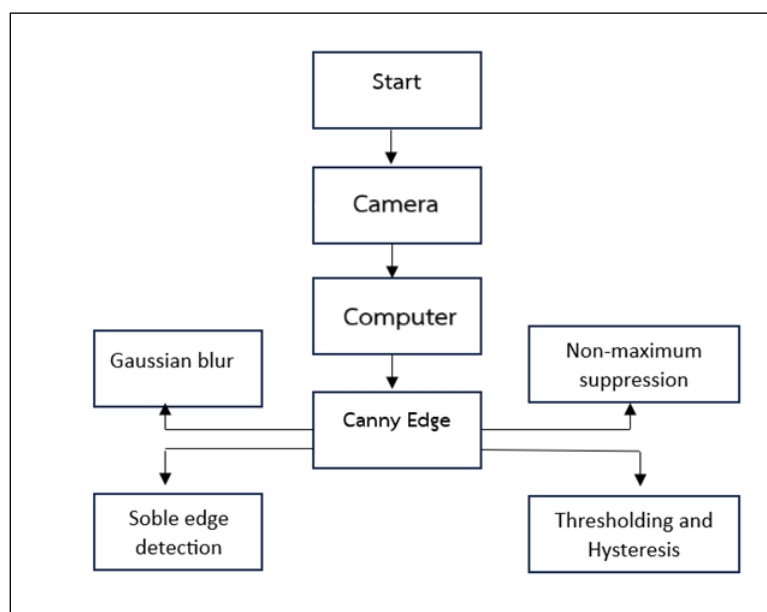
โปรแกรมจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ ส่วนของการประมวลผลของภาพ ส่วนของบอร์ดอาร์ดิวโน ส่วนของบอร์ด LX-16a โดยจะใช้ภาษาไพธอนด้วยเครื่องมือไพทาม จะมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

3.2.1 การทำงานของการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพโดยการหาขอบภาพ จะมีฟังก์ชันหลัก ๆ 4 ส่วนคือ

1. ส่วนของ เกาส์เซียนเบล
2. ส่วนของ โซเบล
3. ส่วนของ นอนแมกซิมัม
4. ส่วนของ เทสโซว์

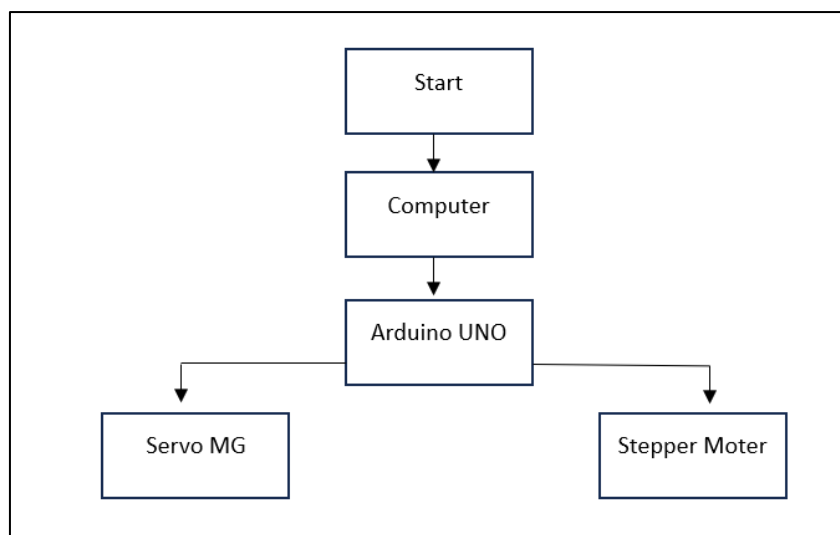
โดยจะมีหลักในการทำงานดังภาพที่ 3-4 โดยในส่วนการทำงานของแคนนี่เอดจ์ จะใช้การทำงานร่วมกันกับ เกาส์เซียน เบล โซเบล นอนแมกซิมัม และ เทสโซว์ ช่วยในการหาขอบภาพเพื่อให้ได้ขอบภาพที่สมบูรณ์



ภาพที่ 3-4 แผนภาพการทำงานของ การประมวลผลภาพ

3.2.2 การทำงานของ บอร์ดอาร์ดิวโน

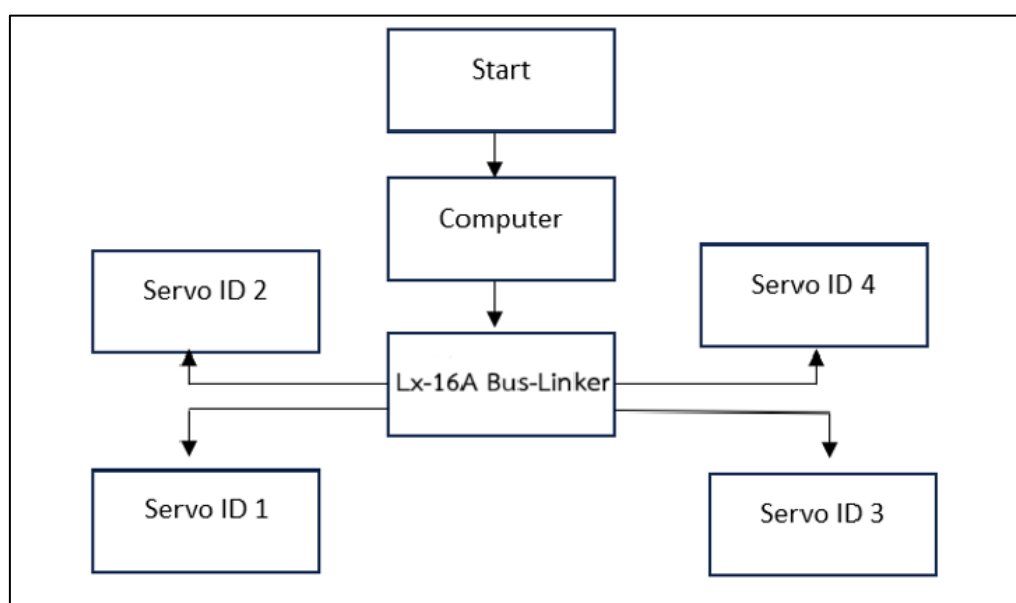
โดยส่วนของบอร์ดอาร์ดิวโน จะรับค่ามากในไพธอน จากนั้นค่าจะถูกส่งกลับไปยังบอร์ดเพื่อควบคุม ทั้งตัวเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมตัวปากกา และสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 แผนภาพการทำงานของ บอร์ดอาร์ดุยโน

3.3.3 การทำงานของ บอร์ด Lx-16a

การควบคุมของบอร์ด Lx-16a มีหน้าที่หลักคือการควบคุม มอเตอร์ที่มีความละเอียดสูง โดยบอร์ดจะรับค่ามาจาก ไพชามจากนั้นค่าจะถูกส่งกลับไปยังมอเตอร์ทั้ง 4 ตัวเพื่อให้ขยับไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 แผนภาพการทำงานของ บอร์ด LX-16A Bus-Linker Serial Bus Servo

บทที่ 4

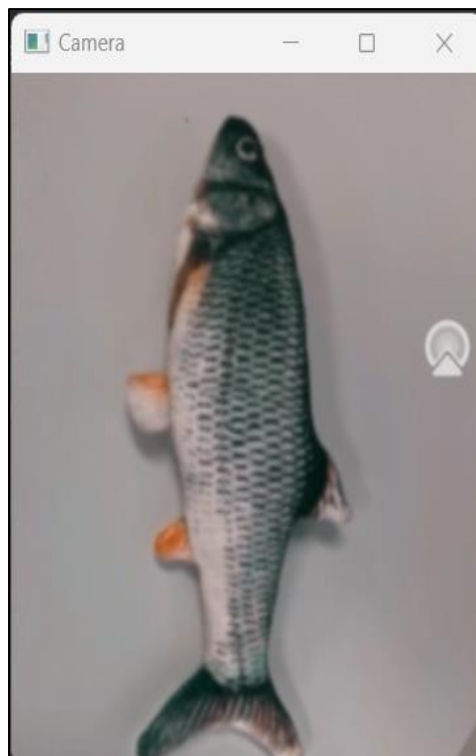
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

แขนกลวาดขอบภาพโดยใช้แคนนี่เอ็ดจ์ ทางผู้พัฒนาได้ออกแบบมาเพื่อ ทดสอบการวาดภาพ โดยใช้ Servo Lx-16a 4 ตัว และ Motor stepper ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการหรือไม่ และมีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด

4.1 การทำงานในส่วนของการถ่ายรูปภาพ

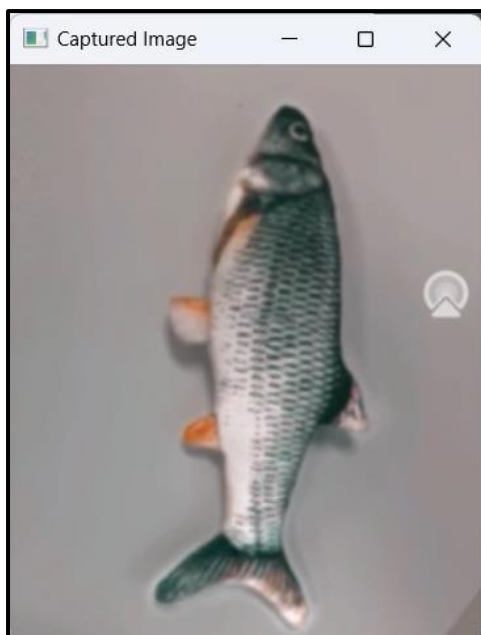
ได้มีการกำหนดหน้าต่างสำหรับการถ่ายภาพ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ดูรูปภาพที่ต้องการก่อนวาดภาพ โดยมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

1. ถ่ายภาพโดยการกด “c” ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 หน้าต่างของกล้อง

2. เมื่อได้ภาพที่ต้องการตามภาพที่ 4-2 แล้วให้กดตัวอักษร “s” จะนำภาพที่ได้ไปหาขอบภาพ ด้วยวิธีการแคนนี่เอ็ดจ์ซึ่งผลลัพธ์จากการทำแคนนี่เอ็ดจ์จะได้ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-2 หน้าต่างของภาพที่ได้จากการถ่าย



ภาพที่ 4-3 หน้าภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพ

4.2 การทำงานในส่วนของแขนกล

ได้มีการกำหนดจุดของแต่ละพิกเซล ทั้งในแนวนอน X และ แนวแกน Y ไว้ในโปรแกรม เอ็กซ์เซล ดังภาพที่ 4-4 จากนั้นให้นำมาเก็บไว้ในอาร์เรย์ เพื่อที่จะให้แขนกลได้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง ที่ถูกต้อง โดยกำหนดแนวนอน $X = 70$ แนวแกน $Y = 100$ รวมทั้งหมดจะมี 7,000 พิกเซล

423,65,159,30,52,1	423,150,196,30,15,1
423,68,160,30,51,1	416,152,201,30,16,1
423,67,160,30,51,1	416,154,205,30,16,1
423,69,160,30,50,1	416,155,207,30,16,1
423,71,160,30,49,1	416,159,210,30,16,1
423,69,159,30,48,1	416,162,216,30,16,1
423,75,159,30,47,1	416,164,219,30,16,1
423,72,159,30,46,1	416,166,221,30,16,1
423,76,160,30,46,1	416,169,225,30,16,1
423,76,159,30,45,1	416,172,228,30,16,1
423,75,158,30,44,1	416,175,232,30,16,1
	416,177,236,30,16,1

ภาพที่ 4-4 ค่าของพิกเซลในเอ็กซ์เซล

จากภาพที่ 2-4 เป็นการหาค่าของแกนกลทีละตัวให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งพิกเซลที่ถูกต้อง โดยใช้วิธีหาทีละมอเตอร์ของแต่ละพิกเซล เก็บไว้ในโปรแกรมเอ็กซ์เซล

4.3 ผลการทดลอง

ได้ทำการทดลองกับภาพต้นฉบับ โดยมี ภาพหมู ภาพรถ ภาพทีวี และ ภาพปลา โดยนำภาพที่ได้ไปทำการหาขอบ ดังตารางที่ 4-1 ,4-2 ,4-3 และ 4-4 จากผลการทดลองที่ได้ ภาพที่วาดออกมาจะมีความใกล้เคียงกับภาพที่ผ่านการประมวลผลภาพ

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองรูปภาพหมู

รูปภาพต้นฉบับ	รูปที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ	รูปที่ได้ผ่านการทำงานของแกนกลที่เสร็จสิ้นแล้ว
		

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองรูปภาพรถ

รูปภาพต้นฉบับ	รูปที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ	รูปที่ได้ผ่านการทำงานของ แขนกลที่เสร็จสิ้นแล้ว
		

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองรูปภาพทีวี

รูปภาพต้นฉบับ	รูปที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ	รูปที่ได้ผ่านการทำงานของ แขนกลที่เสร็จสิ้นแล้ว
		

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองรูปภาพปลา

รูปภาพต้นฉบับ	รูปที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ	รูปที่ได้ผ่านการทำงานของ แขนกลที่เสร็จสิ้นแล้ว
		

4.4 ข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถแก้ไขได้

โครงการนี้พบปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับความล่าช้าในการทำงานและความละเอียดของตำแหน่งที่ได้รับการกำหนด วัสดุที่ใช้ในการสร้างแขนกลยังมีความจำเป็นและค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ การหยุดทำงานชั่วขณะของแขนกลอาจทำให้การทำงานต้องเริ่มใหม่ทั้งกระบวนการ ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและเวลาในการทำงาน โดยความสวยงามของรูปภาพขึ้นอยู่กับพิกเซลที่มี และ ความคมชัดของกล้องที่ใช้ถ่าย ยังมีจุดพิกเซลมีมาก ภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพก็จะมีรายละเอียดในภาพมากขึ้นทำให้ภาพที่ได้มีรายละเอียดของภาพครบถ้วน

4.5 ข้อแตกต่างของการใช้กล้อง

จากการทดลอง ระบุว่ากล้องธรรมดา และกล้องที่มีคุณภาพสูง โดยกล้องธรรมดาหลังจากที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ พิกเซล ที่ได้จะมีความละเอียดน้อยกว่า กล้องที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากความคมชัดของกล้อง จึงทำให้ภาพที่ผ่านการวาดแขนกล มีความแตกต่างกันดังตารางที่ 4-5 และ 4-6 โดยจากตารางที่ 4-5 จะเห็นได้ว่าภาพต้นฉบับที่ได้ มีความคมชัดที่น้อย จุดพิกเซลที่ได้ก็จะมีรายละเอียดน้อยลงตามไปด้วย

ตารางที่ 4-5 ภาพที่ผ่านการประมวลผลที่ได้จากกล้องเว็บแคมธรรมดา








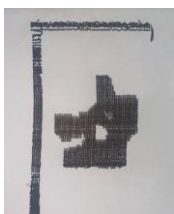

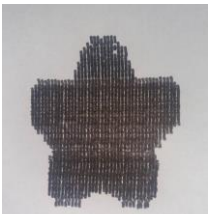
ภาพต้นฉบับ	ภาพที่ผ่านการประมวลผล
	
	

ตารางที่ 4-6 ภาพที่ผ่านการประมวลผลที่ได้จากกล้อง I Phone ที่มีคุณภาพสูง



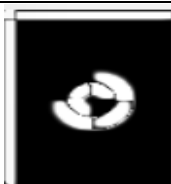







ภาพต้นฉบับ	ภาพที่ผ่านการประมวลผล
	
	

4.6 ข้อแตกต่างระหว่างการหาขอบภาพ





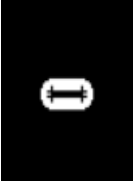


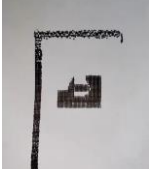


ตารางที่ 4-7 ความแตกต่างการหาขอบภาพ

ภาพต้นฉบับ	วิธีการหาขอบภาพ			
	Canny edge	Soble	Prewitt	Log
				
				

ตารางที่ 4-8 ความแตกต่างการหาขอบภาพ

ภาพ ต้นฉบับ	วิธีการหาขอบภาพ			
	Canny edge	Soble	Prewitt	Log
				
				

ตารางที่ 4-9 ความแตกต่างการหาขอบภาพ

ภาพ ต้นฉบับ	วิธีการหาขอบภาพ			
	Canny edge	Soble	Prewitt	Log
				
				

ตามผลการทดสอบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีการต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว จะเห็นว่าการใช้ แคนนี่เอดจ์ เป็นวิธีการหาขอบภาพที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและให้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดในการตรวจจับขอบของวัตถุในภาพ เมื่อเทียบกับการใช้วิธีอื่น ข้อมูลที่แสดงได้ตามตารางที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 ดังนี้ ในส่วนของ Prewitt ไม่สามารถวาดออกมาได้ เนื่องจากใช้เวลามากในการทำงาน

จากตารางที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 ภาพขอบที่สร้างจากวิธีการของแคนนี่เอดจ์จะมีลักษณะใกล้เคียงกับ
ภาพจริงมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเพื่อศึกษาโครงสร้างและการทำงานของแขนกลในการร่างสเก็ตภาพจากภาพที่ได้รับผ่านกระบวนการตรวจจับขอบด้วยวิธีแคนนี่เอ็ดจ์โดยพื้นที่ในการสเก็ตภาพที่สามารถวาดโดยหุ่นยนต์แขนกลได้จะมีขนาดในแนวแกนนอนจำนวน 70 จุด และ แนวแกนตั้งจำนวน 100 จุด การทำงานโดยรวมสามารถที่จะวาดจุดได้ตามที่มีการกำหนดค่าการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของหุ่นยนต์แขนกล ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดขอบเขตของการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

การวาดจุดในหลาย ๆ ตำแหน่งของแขนกลยังไม่สามารถที่จะวาดให้เป็นจุดได้ ยังวาดเป็นเส้นอยู่หลายตำแหน่งที่เกินขอบเขตที่ควรจะวาด มอเตอร์แขนกลยังมีความละเอียดไม่มากพอทำให้การกำหนดตำแหน่งไม่มีความละเอียด การเคลื่อนที่ของแขนในแนวแกนตั้ง พื้นที่ที่ใช้ในการวาดมีขนาดเล็กเกินไปทำให้เมื่อมีการลดขนาดภาพลงทำให้ขอบภาพมีลักษณะไม่มีความราบเรียบของขอบ

5.3 แนวทางการแก้ไข้ปัญหา

ทำให้พื้นที่ในการวาดมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งอาจจะต้องเพิ่มความยาวของลิเนียร์สไลด์และความยาวของแขนกล มอเตอร์ต้องมีความละเอียดมากกว่านี้จะทำให้ภาพที่ได้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5.4 การนำไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์หรือการพัฒนาต่อยอดในลักษณะอื่น ๆ

1. ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตโดยการทำให้การร่างภาพเป็นไปอัตโนมัติ ทำให้สามารถลดความล่าช้าและความผิดพลาดในการผลิต และสามารถคัดลอกงานได้เป็นจำนวนมาก
2. การนำโครงการนี้ไปพัฒนาต่อสามารถสร้างเส้นที่สเก็ตภาพออกมาเป็นรูปที่ต่อเนื่องได้ ทำให้เส้นที่สเก็ตภาพออกมาสามารถต่อกันไปเป็นรูปได้อย่างแม่นยำและสม่ำเสมอ

บรรณานุกรม

1. Huang T. S., Schreiber W. F, and Tretiak O. J., “Image processing,” **Proceedings of the IEEE**. 1971. vol. 59, no. 11, pp. 1586–1609.
2. Gao W., Zhang X., Yang L., and Liu H., “An improved Sobel edge detection” **International Conference on Computer Science and Information Technology**, 2010, vol. 5, pp. 67–71.
3. Gedraite E. S. and Hadad .M “Investigation on the effect of a Gaussian Blur in image filtering and segmentation,” **Proceedings ELMAR-2011**, 2011, pp. 393–396.
4. Rong .W, Li .Z, Zhang .W., and Sun .L. “An improved edge detection algorithm,” **IEEE International Conference on Mechatronics and Automation**, 2014, pp. 577–582.
5. Yasa .Y, Sahin .E, Acar .C., Gozutok .A., Firat .E., and Mese .E “Servo motor driver design for high performance applications,” **3rd International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems**, 2013, pp. 1–6.
6. K. Gonagur, S. Aggarwal, D. Fillmore, and A. Nasipuri, “Webcam Lighting Studio: A Framework for Real-Time Control of Webcam Lighting,” **SoutheastCon** 2023, pp. 371–377.
7. Abu Sulayman.I. I. M., Almalki.S. H. A.,Soliman .M. S., and Dwairi.M. O, “Designing and Implementation of Home Automation System Based on Remote Sensing Technique with Arduino Uno Microcontroller” **IEEE-GCC Conference and Exhibition (GCCCE)**, 2017, pp. 1–9.
8. Furuta .K and Komiya .K., “Design of model-following servo controller,” **IEEE Transactions on Automatic Control**, 1982, vol. 27, no. 3, pp. 725–727.
9. Manâa .B. El, Mansour .H., and Boujemâa .B. S., “Design of a hybrid linear stepper motor for shunting the railways channels,” **International Conference on Electrical Engineering and Software Applications**, 2013, pp. 1–4.
10. Tarnini .M. Y., “Fast and cheap stepper motor drive,” **International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)**, 2015, pp. 689–693.
11. Žeger .I, Grgic .S, Vuković .J, and Šišul .G , “Grayscale Image Colorization Methods: Overview and Evaluation,” **IEEE Access**, 2021., vol. 9, pp. 113326–113346.

บรรณานุกรม (ต่อ)

12. Dobesova.Z., “Programming language Python for data processing,” **International Conference on Electrical and Control Engineering**, 2011, pp. 4866–4869.
13. “The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation,” **Computing in Science & Engineering**, 2011, vol. 13, no. 2, pp. 22–30.
14. Culjak.I, Abram .D., Pribanic.T., Dzapo.H., and Cifrek .M., “A brief introduction to OpenCV,” **Proceedings of the 35th International Convention MIPRO**, 2012, pp. 1725–1730.
15. “Arduviz, a visual programming IDE for arduino,” **International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)**, 2017, pp. 1–6.
16. Ari .N and Ustazhanov .M., “Matplotlib in python,” **11th International Conference on Electronics**, 2014, pp. 1–6.
17. Franklin Street Fifth Floor Boston “WxFormBuilder”, <https://github.com/wxFormBuilder/wxFormBuilder>, 2021.
18. Jinping.L, “Excel under the information technology application in financial management research,” **Chinese Control And Decision Conference (CCDC)**, 2017, pp. 2575–2578.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
บทความวิจัย

การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

Arm Robot Development for Sketching Portraits using Image Processing Techniques

ธีระพงศ์ เสียงล้ำ, กฤษณะวัน ภูมิมาลี และ ชัยพิชิต คำพิมพ์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

96 หมู่3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170 โทรศัพท์ 0-2441-6000 ต่อ 2680

Email 1621010541107@rmutr.ac.th, 1621010541162@rmutr.ac.th, Chaipichit@gmail.com

บทคัดย่อ

โปรเจกต์นี้ได้พัฒนาระบบแขนหุ่นยนต์ที่สามารถวาดโครงร่างของรูปภาพซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนได้แก่ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์เกี่ยวข้องกับการทำงานของแขนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ผ่านแกนแนวตั้งฉากสองแกน แกนแรกกำหนดตำแหน่งพิกเซลตามแกนแนวนอนของรูปภาพ ในขณะที่แขนหุ่นยนต์กำหนดตำแหน่งตามแกนแนวตั้ง การวาดสามารถทำได้โดยการนำปากกาไปยังตำแหน่งที่ระบุจากทั้งสองแกน ส่วนประกอบซอฟต์แวร์ จะประมวลผลภาพที่ได้โดยใช้อัลกอริทึมการตรวจจับขอบ แคนนี่เอจ เพื่อระบุขอบของภาพ ตำแหน่งของพิกเซลขอบจะถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนหุ่นยนต์ตามแกนต่าง ๆ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าภาพที่วาดโดยแขนหุ่นยนต์นั้นตรงกับโครงร่างที่แยกออกมาโดยใช้อัลกอริทึมแคนนี่เอจ อย่างไรก็ตามรูปภาพที่ได้มีความละเอียดต่ำเนื่องจากข้อจำกัดในความแม่นยำในการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนของหุ่นยนต์ ส่งผลให้รายละเอียดลดลง

คำสำคัญ: แขนหุ่นยนต์, อัลกอริทึมแคนนี่เอจ, ขอบของภาพ

Abstract

This project has developed a robotic arm system capable of drawing the outlines of images, comprising two main components: hardware and software. The hardware components involve the operation of a robot arm moving horizontally across two perpendicular axes. The first axis determines the pixel position along the image's horizontal axis, while the robot arm determines its position along the vertical axis. Drawing is achieved by guiding the pen to specified positions from both axes. The software component processes the resulting image using the Canny edge detection algorithm to identify the

image's edges. The positions of the edge pixels are then used to control the movement of the robot arm along different axes. The results showed that the image drawn by the robot arm closely matched the outline extracted using the Canny Edge algorithm. However, the resulting images have low resolution due to limitations in the robot's vertical and horizontal movement accuracy, resulting in reduced detail.

Keywords: robotic arm, Canny edge algorithm, Image Edge

1 บทนำ

เนื่องจากหุ่นยนต์เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมาก โดยเข้ามาช่วยแบ่งเบาภาระการทำงานของมนุษย์หรือเข้ามาทำงานบางอย่างแทนมนุษย์ เช่น งานในสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ งานที่ต้องการความรวดเร็วในการทำงาน งานที่ต้องการความแม่นยำในการจับชิ้นงานเช่นการจับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการบัดกรีหรือการประกอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมาก ๆ และต้องการความรวดเร็วในการทำงานจึงทำให้เห็นได้ว่าหุ่นยนต์มีความสำคัญต่อกระบวนการในการทำงานของภาคการผลิตและการทำงานของมนุษย์เป็นอย่างมาก และปัจจุบันมีการประยุกต์เทคโนโลยีการประมวลผลภาพเข้ามาใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์ด้วย เช่นการตรวจสอบใบหน้าบุคคล การตรวจสอบชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการนี้นำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยมีการวางแผนการทำงานของระบบ การนำเครื่องมือและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการนี้นำมาเสนอ

2.1 ภาพรวมของโครงการ

การทำงานของแขนกล คือ นำเข้าภาพที่จะถูกนำไปประมวลผล ระบบจะทำการจำแนกและสกัดขอบของวัตถุในภาพ ข้อมูลที่ได้นี้จะถูกเก็บค่าในอาเรย์ ข้อมูลที่ได้จากขอบภาพจะถูกนำมาเทียบกับข้อมูลจุดที่หามา ระบบจะทำงานในพื้นที่ที่ภาพมีค่าสี 255 (สีขาว) บอร์ดอาร์ดุยโนจะควบคุมทั้งเซอร์โวและสเต็ปมอเตอร์ เพื่อให้แขนกลทำงานไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

หมายถึง กระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในแบบดิจิทัล โดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาดรูปร่าง) ลักษณะของการประมวลผลภาพ เช่นการย่อขยายภาพ การกลับด้านของภาพ การบิดภาพ การหมุนภาพเป็นต้น ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างการประมวลผลภาพโดยการกลับด้าน

2.3 ทฤษฎีฮาร์ดแวร์

2.3.1 เซอร์โว (Servo LX-16A)

เซอร์โว LX-16A เป็นเซอร์โวมอเตอร์ประเภทหนึ่งจะถูกเรียกว่าสเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งใช้ ในการควบคุมตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ตามคำสั่ง

2.3.2 กล้องเว็บแคม (Webcam)

กล้องเว็บแคม คือกล้องวิดีโอที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ กับคอมพิวเตอร์ ผ่านสาย ยูเอสบี หลักการใช้งานก็คือ การสื่อสารออนไลน์ในรูปแบบของ ภาพผ่านทางอินเทอร์เน็ต

2.3.4 บอร์ดอาร์ดุยโน (Arduino)

บอร์ดอาร์ดุยโนเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source โดยจะเปิดเผย ซอสโค้ด (Open Source) โดยข้อมูล

2.3.5 บอร์ดควบคุม Servo LX-16A (Servo control board LX-16A)

ดีบัคบอร์ด คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาและทดสอบโปรแกรมหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ โดยทั่วไปมักจะมีพอร์ตต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ

2.3.6 แผ่นรองกระดาษสำหรับวาดภาพ (Paper)

แผ่นรองกระดาษสำหรับวาดภาพ ใช้สำหรับให้แขนกลวาดเส้นตามขอบภาพที่ผ่านการประมวลผลมาแล้ว

2.3.7 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์ (stepper motor linear slide)

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์ สามารถใช้ในการควบคุมตำแหน่งของอุปกรณ์ในการทำงานที่ต้องการการเคลื่อนที่เชิงเส้นการเคลื่อนที่แบบแนวราบ

2.3.8 บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์ (Stepper Motor Driver Board)

บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สเต็ปเปอร์ เมื่อบอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์ทำงานร่วมกับสเต็ปเปอร์ มอเตอร์ลิเนียร์สไลด์จะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ตามข้อของมันที่ละข้อโดยมีการควบคุมทำให้มีการหมุนที่ แน่นนอนและแม่นยำในการทำงาน

2.4 ทฤษฎีซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ หมายถึง ชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่ใช้สั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่กำหนดไว้

3. วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสามารถวาดภาพร่างบุคคล และพัฒนาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แขนกล การทำงานมี 3 ขบวนการ คือ การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ การออกแบบด้านซอฟต์แวร์ และการหาขอบของภาพโดยใช้หลักการแคนนี่เอเดจ

3.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Servo LX-16A 4 ตัว
2. Servo MG996R Robot 1 ตัว
3. กล้องเว็บแคม
4. ขาจับกล้อง
5. MicrostepDriver

- 6.บอร์ดอาร์ดูโน้ ยูเอ็นไอ 1 บอร์ด
- 7.กระดาดสำหรับวาดภาพ 1 แผ่น
- 8.ปากกา 1 ด้าม
- 9.บอร์ด LX-16A BusLinker Serial Bus Servo
- 10.สเต็ปเปอร์มอเตอร์สไลด์เชิงเส้น
- 11.DC-DC Step up / Step down
- 12.Power Supply 5V
- 13.Power Supply 12V

3.1.1 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของภาพ และ ส่วนของแขนกล โดยส่วนของภาพ จะต้องใช้กล้องถ่ายภาพใบหน้าของบุคคล จากนั้นระบบจะนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ทำให้ภาพเป็นขาวดำ และ หาขอบของใบหน้า ในส่วนของแขนกล โดยส่วนนี้จะต้องหาค่าของแขนกลแต่ละค่า ที่ตรงกับแต่ละพิกเซลที่จะให้แขนกลเคลื่อนที่ไป ค่าในส่วนนี้จะถูกเก็บไว้ไฟล์ เอกซ์เซล โดยจะต้องมาปรับแต่งทีละค่า เพื่อให้ได้ความแม่นยำมากที่สุด เมื่อได้ค่าครบทุกค่าของพิกเซลแล้ว จะนำมาเก็บไว้ในอาเรย์ เพื่อที่จะเปรียบเทียบกับ ค่าของภาพ

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์

การออกแบบโครงสร้าง ได้มีการจำลองการสร้าง โมเดล ขึ้นบนเว็บไซต์ ที่ใช้สำหรับออกแบบ ได้มีการกำหนด รูปร่างของแขนกล ทั้งด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน

3.1.3 การออกแบบการทำงานของฮาร์ดแวร์

การทำงานของฮาร์ดแวร์ โปรแกรมจะส่งค่าไปยังบอร์ดอาร์ดูโน้ เพื่อทำการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ในแนวแกน X และ ส่งค่าการควบคุมไปยังบอร์ด LX-16A Bus Linker เพื่อทำการควบคุม Servo Lx16A จำนวน 4 ตัวให้ทำงานในแนวแกน Y จากนั้นจึงสั่งให้ Servo MG996R Robot ขยับปลายปากกาเพื่อไปแตะที่กระดาด

3.1.4 การออกแบบการเชื่อมต่อวงจร

บอร์ดอาร์ดูโน้ จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตยูเอสบี แต่เนื่องจากการใช้สเต็ปเปอร์ และเซอร์โวมอเตอร์หลายตัวจึงไม่เพียงพอต่อการจ่ายไฟ จึงได้มีการใช้พาวเวอร์ซัพพลาย ทั้ง 12 โวลต์และ 5 โวลต์ โดยที่พาวเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ จะเชื่อมต่อกับ ไมโครสเต็ปไดรเวอร์ สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ

3.2 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์

โปรแกรมจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ ส่วนของการประมวลผลของภาพ ส่วนของบอร์ดอาร์ดูโน้ ส่วนของบอร์ด LX-16a โดยจะใช้ภาษาไพธอนด้วยเครื่องมือไพชามจะมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

3.2.1 การทำงานของการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพโดยการหาขอบภาพ จะมีฟังก์ชันหลัก ๆ 4 ส่วนคือ

- 1.ส่วนของ เกาส์เซียน เบลอ
- 2.ส่วนของ โซเบล
- 3.ส่วนของ นอนแมกซ์มีม
- 4.ส่วนของ เทลโซว์

โดยจะมีหลักในการทำงาน โดยในส่วนการทำงานของแคนนี่เอ็ดจ์ จะใช้การทำงานร่วมกันกับ เกาส์เซียน เบลอ โซเบล นอนแมกซ์มีม และ เทลโซว์ ช่วยในการหาขอบภาพ เพื่อให้ได้ขอบภาพที่สมบูรณ์

3.2.2 การทำงานของ บอร์ด

โดยส่วนของบอร์ดอาร์ดูโน้ จะรับค่ามากในไพธอน จากนั้นค่าจะถูกส่งกลับไปยังบอร์ดเพื่อควบคุม เซอร์โวและสเต็ปเปอร์มอเตอร์

3.3.3 การทำงานของ บอร์ด Lx-16a

การควบคุมของบอร์ด Lx-16a มีหน้าที่หลักคือ การควบคุม มอเตอร์ที่มีความละเอียดสูง โดยบอร์ดจะรับค่ามาจาก ไพชามจากนั้นค่าจะถูกส่งกลับไปยังมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว เพื่อให้ขยับไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

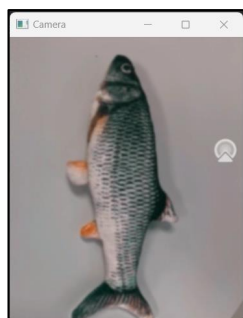
4.ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

แขนกลวาดขอบภาพโดยใช้ แคนนี่เอ็ดจ์ ทางผู้พัฒนาได้ออกแบบมาเพื่อ ทดสอบการวาดภาพโดยใช้ Servo Lx-16a 4 ตัว และ motor stepper ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการหรือไม่ และมีความผิดพลาดเล็กน้อยเพียงใด

4.1 การทำงานในส่วนของการถ่ายภาพ

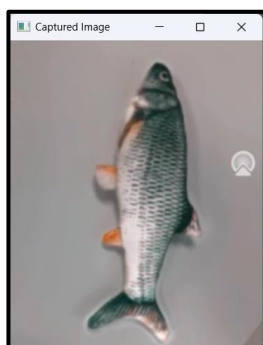
ได้มีการกำหนดหน้าต่างสำหรับการถ่ายภาพ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ดูรูปภาพที่ต้องการจะวาดก่อนวาดภาพ โดยมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

4.1.1 ถ่ายภาพโดยการกด “c” ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 หน้าต่างของกล้อง

4.1.2 เมื่อได้ภาพที่ต้องการตามภาพที่ 4-2 แล้วให้กดตัวอักษร “s” จะนำภาพที่ได้ไปหาขอบภาพ ด้วยวิธีการ แคนนี่เอจซึ่งผลลัพธ์จากการทำแคนนี่เอจจะได้ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-2 หน้าต่างของภาพที่ได้จากการถ่าย



ภาพที่ 4-3 หน้าภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพ

4.2 การทำงานในส่วนของแขนกล

ได้มีการกำหนดจุดของแต่ละพิกเซล ทั้งในแนวแกน X และ แนวแกน Y ไว้ในโปรแกรม Excel จากนั้นให้นำมาเก็บไว้ในอาร์เรย์ เพื่อให้แขนกลได้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยกำหนดแนวแกน $X = 70$ แนวแกน $Y = 100$ รวมทั้งหมดจะมี 7,000 พิกเซล




4.3 ผลการทดลอง

ได้ทำการทดลองกับภาพต้นฉบับ โดยมี ภาพมาริโอ ภาพรถ ภาพทีวี และ ภาพปีกกาจู โดยนำภาพที่ได้ไปทำการหาขอบ ดังตารางที่ 4-1 4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองรูปภาพมาริโอ

รูปภาพต้นฉบับ	รูปที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ	รูปที่ได้ผ่านการทำงานของแขนกลที่เสร็จสิ้นแล้ว
		

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองรูปภาพรถ

รูปภาพต้นฉบับ	รูปที่ได้ผ่านการประมวลผลภาพ	รูปที่ได้ผ่านการทำงานของแขนกลที่เสร็จสิ้นแล้ว
		

4.4 ข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถแก้ไขได้

โครงการนี้พบปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับความล่าช้าในการทำงานและความละเอียดของตำแหน่งที่ได้รับการกำหนด วัสดุที่ใช้ในการสร้างแขนกลยังมีความจำเป็นและค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ การหยุดทำงานชั่วขณะของแขนกลอาจทำให้การทำงานต้องเริ่มใหม่ทั้งกระบวนการ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและเวลาในการทำงาน โดยความสวยงามของรูปภาพขึ้นอยู่กับพิกเซลที่มี และ ความคมชัดของกล้องที่ใช้ถ่าย

5.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติเพื่อศึกษาโครงสร้างและการทำงานของแขนกลในการร่างสเก็ตภาพจากภาพที่ได้รับผ่านกระบวนการตรวจจับขอบด้วยวิธี แคนนี่เอจโดยพื้นที่ในการสเก็ตภาพที่สามารถวาดโดยหุ่นยนต์แขนกลได้จะมีขนาดในแนวแกนอนจำนวน 70 จุด และ แนวแกนตั้งจำนวน 100 จุด การทำงานโดยรวมสามารถที่จะวาดจุดได้ตามที่มีการกำหนดค่าการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของหุ่นยนต์แขนกล ซึ่งเป็นข้อมูล

ที่สำคัญในการกำหนดขอบเขตของการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

การวาดจุดในหลาย ๆ ตำแหน่งของแขนกลยังไม่สามารถที่จะวาดให้เป็นจุดได้ ยังวาดเป็นเส้นอยู่หลายตำแหน่งที่เกินขอบเขตที่ควรจะวาด มอเตอร์แขนกลยังมีความละเอียดไม่มากพอทำให้การกำหนดตำแหน่งไม่มีความละเอียด การเคลื่อนที่ของแขนในแนวแกนตั้ง พื้นที่ที่ใช้ในการวาดมีขนาดเล็กเกินไปทำให้เมื่อมีการลดขนาดภาพลงทำให้ขอบภาพมีลักษณะไม่มีความราบเรียบของขอบ

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญห

ทำให้พื้นที่ในการวาดมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งอาจจะต้องเพิ่มความยาวของลิเนียร์สไลด์และความยาวของแขนกล มอเตอร์ต้องมีความละเอียดมากกว่านี้จะทำให้ภาพที่ได้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5.4 การนำไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์หรือการพัฒนาต่อยอดในลักษณะอื่น ๆ

1. ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต โดยการทำให้การร่างภาพเป็นไปอัตโนมัติ ทำให้สามารถลดความล่าช้าและความผิดพลาดในการผลิต และสามารถคัดลอกงานได้เป็นจำนวนมาก
2. การนำโครงการนี้ไปพัฒนาต่อสามารถสร้างเส้นที่สเก็ทภาพออกมาเป็นรูปที่ต่อเนื่องได้ ทำให้เส้นที่สเก็ทภาพออกมาสามารถต่อกันไปเป็นรูปได้อย่างแม่นยำและสม่ำเสมอ

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดีนั้น ผู้จัดทำขอกราบ ขอบพระคุณ อ.ดร. ชัยพิชิต คำพิมพ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ช่วยเหลือ คอยให้ คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ทางด้านการเขียนคำสั่งการทำงานให้กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และตรวจทานแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์นี้ ให้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่มอบวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน และให้คำปรึกษา รวมถึงคำแนะนำ ต่าง ๆ ทั้งยังอำนวยความสะดวกและเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ จนเสร็จ สมบูรณ์ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ คอยสนับสนุนด้านการศึกษา มาตลอดเวลาให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่ดี จนทำให้ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้มีกำลังใจ และทำให้ ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

1. Huang T. S., Schreiber W. F, and Tretiak O. J., "Image processing," Proceedings of the IEEE. 1971. vol. 59, no. 11, pp. 1586–1609
2. Gao W., Zhang X., Yang L., and Liu H., "An improved Sobel edge detection," in 201 03rd International Conference on Computer Science and Information Technology, 2010, vol. 5, pp. 67–71.
3. Gedraite E. S. and Hadad .M "Investigation on the effect of a Gaussian Blur in image filtering and segmentation," in Proceedings ELMAR-2011, 2011, pp. 393–396.
4. Rong .W, Li .Z, Zhang .W., and Sun .L. "An improved Canny edge detection algorithm," in 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2014, pp. 577–582.
5. Yasa .Y, Sahin .E, Acar .C., Gozutok .A., Firat .E., and Mese .E "Servo motor driver design for high performance applications," in 2013 3rd International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems, 2013, pp. 1–6.
6. K. Gonagur, S. Aggarwal, D. Fillmore, and A. Nasipuri, "Webcam Lighting Studio: A Framework for Real-Time Control of Webcam Lighting," in SoutheastCon 2023, 2023, pp. 371–377.
7. Abu Sulayman.I. I. M., Almalki.S. H. A.,Soliman .M. S., and Dwairi.M. O, "Designing and Implementation of Home Automation System Based on Remote Sensing Technique with Arduino Uno Microcontroller," in 2017 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition (GCCCE), 2017, pp. 1–9.
8. Furuta .K and Komiya .K., "Design of model-following servo controller," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 27, no. 3, pp. 725–727, 1982.
9. Manâa .B. El, Mansour .H., and Boujemâa .B. S., "Design of a hybrid linear stepper motor for shunting the railways channels," in 2013 International Conference on Electrical

- Engineering and Software Applications, 2013, pp. 1–4.
10. Tarnini .M. Y., “Fast and cheap stepper motor drive,” in 2015 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2015, pp. 689–693.
 11. “Grayscale Image Colorization Methods: Overview and Evaluation,” IEEE Access, 2021., vol. 9, pp. 113326–113346,
 12. Dobesova.Z., “Programming language Python for data processing,” in 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, 2011, pp. 4866–4869.
 13. “The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation,” Computing in Science & Engineering, 2011, vol. 13, no. 2, pp. 22–30,.
 14. Culjak.I., Abram .D., Pribanic.T., Dzapo.H., and Cifrek .M., “A brief introduction to OpenCV,” in 2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO, 2012, pp. 1725–1730.
 15. “Arduviz, a visual programming IDE for arduino,” in 2017 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE), 2017, pp. 1–6.
 16. Ari .N and Ustazhanov .M., “Matplotlib in python,” in 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014, pp. 1–6.
 17. M. 02110-1301 U. E. is permitted to copy 1991 Free Software Foundation Inc. 51 Franklin Street Fifth Floor Boston 1989 and but changing it is not allowed. distribute verbatim copies of this license document, wxFormBuilder, 1991.<https://github.com/wxFormBuilder/wxFormBuilder>.
 18. Jinping.L, “Excel under the information technology application in financial management research,” in 2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC), 2017, pp. 2575–2578.

8. ประวัติผู้จัดทำ



นายธีระพงศ์ เสี่ยงล้ำ
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
รัตนโกสินทร์

งานวิจัยที่สนใจ : ฮาร์ดแวร์
ซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน



นายฤชตะวัน ภูมิมาลี
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
รัตนโกสินทร์

งานวิจัยที่สนใจ : ซอฟต์แวร์
แอปพลิเคชัน

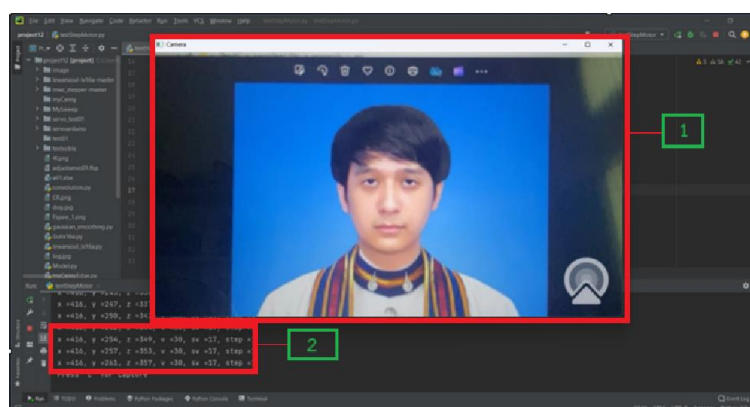
ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งาน

การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพบุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

1. หน้าต่างการแสดงผลของกล้อง

หน้าต่างของการแสดงผลของกล้องเป็นขั้นตอนแรกของโปรแกรมในการทำงาน โดยจะต้องถ่ายที่ต้องการจะวาด โดยการกดปุ่ม “C” เป็นการถ่ายภาพ

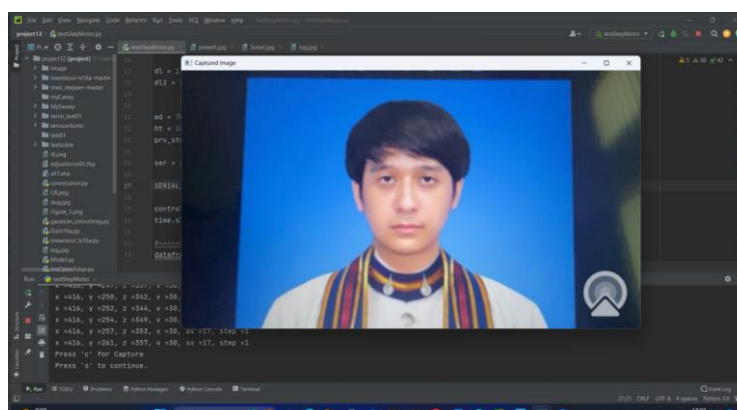


ภาพที่ ข-1 หน้าจอแสดงผลการถ่ายภาพ

ช่องหมายเลข 1 แสดงหน้าต่างของกล้อง

ช่องหมายเลข 2 แสดงค่าของพิกเซลที่ถูกดึงมาจากเอ็กซ์เซล

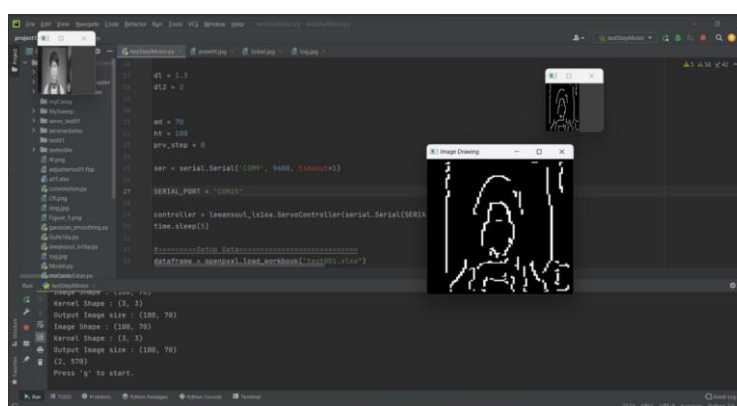
หลังจากที่ถ่ายภาพเสร็จจะได้เป็นหน้าต่างของภาพถ่าย เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของภาพที่ต้องการจะวาด ดังภาพที่ ข-2 เมื่อภาพตรงตามที่ต้องการให้กดปุ่ม “S” เพื่อเป็นการทำงานในส่วนของการประมวลผลภาพแคนนี่เอดจ์



ภาพที่ ข-2 หน้าจอแสดงผลภาพที่ได้จากการถ่าย

2. หน้าต่างโปรแกรมการประมวลผลภาพแคนนี่เอดจ์

หน้าต่างของการประมวลผลภาพแคนนี่เอดจ์ ดังภาพที่ ข-3 เป็นการตรวจสอบภาพที่ผ่านการประมวลผลแคนนี่เอดจ์ ก่อนที่จะส่งค่าไปยังเซอร์โวมอเตอร์เพื่อวาดภาพ ขั้นตอนต่อไปเป็นการเริ่มวาดภาพ โดยโปรแกรมจะส่งค่าไปยังเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 5 ตัว โดยการกดปุ่ม “G” เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำงาน



ภาพที่ ข-3 หน้าจอแสดงผลภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพแคนนี่เอดจ์

ภาคผนวก ค

โค้ดของการพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพถ่ายบุคคลโดยใช้เทคนิคการ
ประมวลผลภาพ

โค้ดบางส่วนของปริญาณิพนธ์นี้

โค้ดทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD

โค้ด Python

*****ส่วนของการใช้ตลับเมตร*****

```

dataframe = openpyxl.load_workbook("test001.xlsx")
dataframe1 = dataframe.worksheets[0]
m1 = np.zeros((ht, wd))
m2 = np.zeros((ht, wd))
m3 = np.zeros((ht, wd))
m4 = np.zeros((ht, wd))
m5 = np.zeros((ht, wd))
stepMsT = np.array([600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000, 3300, 3600, 3900, 4200, 4500, 4800,
5100, 5400, 5700, 6000, 6300, 6600, 6900, 7200, 7500, 7800, 8100, 8400, 8700, 9000, 9300, 9600, 9900,
10200, 10500, 10800, 11100, 11400, 11700, 12000, 12300, 12600, 12900, 13200, 13500, 13800, 14100,
14400, 14700, 15000, 15300, 15600, 15900, 16200, 16500, 16800, 17100, 17400, 17700, 18000, 18300,
18600, 18900, 19200, 19500, 19800, 20100, 20400, 20700, 21000, 21300])
print(stepMsT.shape)
stepMs = stepMsT[:]
mstep = np.zeros((ht, wd))
cntc = 0
for cole in dataframe1.iter_cols(1, 1):
    cntr = 0
    for row in range(0, ht):
        mystr = cole[row].value
        spstr = cole[row].value
        x = spstr.split(",")
        print("x =" + x[0] + ", y =" + x[1] + ", z =" + x[2] + ", v =" + x[3] + ", sv =" + x[4] + ", step =" + x[5])
        for col in range(0, wd):
            m1[int(cntr), int(col)] = int(x[0])
            m2[int(cntr), int(col)] = int(x[1])
            m3[int(cntr), int(col)] = int(x[2])
            m4[int(cntr), int(col)] = int(x[3])
            m5[int(cntr), int(col)] = int(x[4])
            mstep[int(cntr), int(col)] = stepMs[col]
        cntr = cntr + 1

    cntc = cntc + 1

```

*****ส่วนของกล้อง*****

```
cap = cv2.VideoCapture(1)
save_folder = r'C:\Users\thira\Desktop\project12\image'
if not os.path.exists(save_folder):
    os.makedirs(save_folder)
print("Press 'c' for Capture")
nameF = "mydata_" + datetime.datetime.now().strftime('%m_%d_%Y_%H_%M_%S') + ".jpg"
while True:
    ret, frame = cap.read()
    cv2.imshow('Camera', frame)
    key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    if key == ord('s'):
        break
    elif key == ord('c'):
        resized_frame = cv2.resize(frame, (70, 100))
        resized_file_path = os.path.join(save_folder, nameF)
        cv2.imwrite(resized_file_path, resized_frame)
        cv2.imshow('Captured Image', frame)
        print("Press 's' to continue.")
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

*****ส่วนของการประมวลผลภาพ*****

```
blurred_image = gaussian_blur(image, kernel_size=9, verbose=False)
edge_filter = np.array([[[-1, 0, 1], [-2, 0, 2], [-1, 0, 1]]])
gradient_magnitude, gradient_direction = sobel_edge_detection(blurred_image, edge_filter,
convert_to_degree=True)
new_image = non_max_suppression(gradient_magnitude, gradient_direction)
weak = 50
new_image = threshold(new_image, 5, 20, weak=weak)
magnitude ต่ำกว่าค่า threshold ให้มีค่าสีดำ(ต่ำ) ต่ำว่า 5 เป็นสีดำ สูงว่า 20 เป็นสีขาว
new_image = hysteresis(new_image, weak)
cv2.imshow("Canny edge",new_image)
newSize_image = cv2.resize(new_image, (wd, ht), cv2.INTER_NEAREST)
cv2.namedWindow("Image Drawing", cv2.WINDOW_NORMAL)
cv2.imshow("Image Drawing", newSize_image)

cv2.waitKey(5)
newSize_image = cv2.flip(newSize_image, 1) #พลิกรูป
posPix = np.array(np.nonzero(newSize_image[:, 0:wd]))
```

```

print(posPix.shape)
y0 = posPix[0, :]
x0 = posPix[1, :]

```

******ส่วนของการสั่งให้เซอร์โวทั้งหมดเคลื่อนที่******

```

prv_step = 0
stepM = 0
res = bytes('L' + str(stepM - prv_step), 'utf-8')
ser.write(res + b'\n')
prv_step = stepM
time.sleep(3)
print(len(x0))
for i in range(len(x0)):
    print(x0[i], ', ', y0[i], ' = ', newSize_image[y0[i], x0[i]])
    Step = int(mstep[y0[i], x0[i]])
    diff_step = abs(Step - prv_step)
    if Step >= prv_step:
        myStr = str(diff_step)
        prv_step = Step
        pulse = Step
        res = bytes('L' + myStr, 'utf-8')
        ser.write(res + b'\n')
        print(res)
        print(prv_step)
    else:
        myStr = str(diff_step)
        prv_step = Step
        pulse = Step
        res = bytes('R' + myStr, 'utf-8')
        ser.write(res + b'\n')
        print(res)
        print(prv_step)
    prv_step = Step
    print(prv_step)
    if(diff_step > 11000):
        time.sleep(5)
    else:
        time.sleep(1)
    controller.move(1, int(m1[y0[i], x0[i]]), 1000)
    time.sleep(dl)
    controller.move(4, int(m4[y0[i], x0[i]]), 1000)
    time.sleep(dl)
    controller.move(3, int(m3[y0[i], x0[i]]), 1000)

```



```

time.sleep(dl)
SV = int(m5[y0[i], x0[i]])
myStr = str(SV)
res = bytes('S' + myStr, 'utf-8')
ser.write(res + b'\n')
print(res)
time.sleep(1)
controller.move(2, int(m2[y0[i], x0[i]]), 1000)
time.sleep(dl)
controller.move(2, 10, 1000)
time.sleep(dl2)
SV = 1
myStr = str(SV)
res = bytes('S' + myStr, 'utf-8')
ser.write(res + b'\n')
print(res)
time.sleep(1)

controller.move(3, 300, 1000)
time.sleep(dl2)

```

```
SV = 1
```

```

myStr = str(SV)
res = bytes('S' + myStr, 'utf-8')
ser.write(res + b'\n')
print(res)
time.sleep(1)
Step = 0 #16200
myStr = str(abs(Step - prv_step))
prv_step = 0
pulse = 0
res = bytes('R' + myStr, 'utf-8')
ser.write(res + b'\n')
print(res)
print(prv_step)
time.sleep(5)
end_time = time.time()
Alltime = end_time - stat_time
print(Alltime, "second")

```

ภาคผนวก ง

ข้อตกลงการโอนสิทธิทรัพย์สินทางปัญญาจากโครงการวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ข้อตกลงว่าด้วยการโอนสิทธิทรัพย์สินทางปัญญาจากวิชาโครงการวิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นายธีระพงศ์ เสี่ยงล้ำ รหัสประจำตัว 1621010541107 ที่อยู่ 64/56 หมู่ 8 ตำบล
อ้อมใหญ่ อำเภอสสามพราน จังหวัด นครปฐม 73160

ข้าพเจ้า นายกฤษณะวัน ภูมิมาลี รหัสประจำตัว 1621010541162 ที่อยู่ 99/31 หมู่ 5 ตำบล
คลองใหม่ อำเภอสสามพราน จังหวัด นครปฐม 73110

เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ระดับปริญญาตรี หลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็น “ผู้โอน” ขอ
โอน สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาที่ได้จากรายวิชาโครงการวิศวกรรมตามสาขาที่ศึกษา ให้ไว้กับ
มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ โดยมี ผศ.ดร.เจษฎาพร สกลานทรัพย์ ตำแหน่ง คณบดี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นตัวแทน “ผู้รับโอน” สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาและมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำโครงการวิศวกรรมเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์แขนกลสำหรับการร่างภาพ
บุคคลโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งอยู่ในความ ควบคุมของ อ.ชัยพิชิต คำพิมพ์ ตาม
พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตร ของ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนสิทธิจากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าใน
โครงการ วิศวกรรมให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตลอดอายุแห่งการคุ้มครอง
สิทธิตาม พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติหัวข้อโครงการวิศวกรรมจากคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำผลงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของ
ข้าพเจ้าใน โครงการวิศวกรรมนี้ ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใด ๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าโครงการ
วิศวกรรม

นี้ เป็น ผลงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ทุกครั้งที่มี
การเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำผลงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของ
ข้าพเจ้าไป เผยแพร่หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำ หรือ ดัดแปลง หรือ เผยแพร่ต่อสาธารณชน หรือ
กระทำการอื่นใดตาม พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 การนำทรัพย์สินทางปัญญาไปใช้ประโยชน์

ในเชิงพาณิชย์ข้าพเจ้าจะ กระทำได้ เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ก่อน

ข้อตกลงนี้ทำขึ้นโดยทั้งสองฝ่ายได้อ่านและแก้ไขข้อความโดยละเอียดตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อ พร้อมประทับตราสำคัญ (ถ้ามี) ไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์
(นายธีระพงศ์ เสียงล้ำ)
วันที่ เดือน พ.ศ.

ลงชื่อ.....พยาน
(.....)
วันที่ เดือน พ.ศ.

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์
(นายกฤษตะวัน ภูมิมาลี)
วันที่ เดือน พ.ศ.

ลงชื่อ.....พยาน
(.....)
วันที่ เดือน พ.ศ.

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนลิขสิทธิ์
(ผศ.ดร.เจษฎาพร สถานทรัพย์)
วันที่ เดือน พ.ศ.

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล: นายธีระพงศ์ เสี่ยงล้ำ
 รหัสนักศึกษา: 1621010541107
 สาขาวิชา: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 ที่อยู่: 64/56 หมู่ 8 ตำบลอ้อมใหญ่ อำเภอสามพราณ จังหวัด
 นครปฐม 73160
 เบอร์โทรศัพท์: 0648028659
 E-mail: 1621010541107@rmutr.ac.th

ประวัติการศึกษา:

- 2557 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเบญญาพัฒน์
- 2561 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญญาพัฒน์



ชื่อ-นามสกุล: นายกฤษตะวัน ภูมมาลี
 รหัสนักศึกษา: 1621010541162
 สาขาวิชา: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 ที่อยู่: 99/31 หมู่ 5 ตำบล คลองใหม่ อำเภอสามพราณ จังหวัด
 นครปฐม 73110
 เบอร์โทรศัพท์: 0917699794
 E-mail: ktwrew123@gmail.com

ประวัติการศึกษา:

- 2557 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสารสาสน์วิเทศนครปฐม
- 2561 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสารสาสน์วิเทศนครปฐม