การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45
The 45th Electrical Engineering Conference (EECON-45)
วันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2565 ณ ภูสักธาร รีสอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

การพัฒนาชุดศึกษาระบบคัดแยกสีของวัตถุบนสายพานลำเลียงด้วยแขนกลหุ่นยนต์สการ่า

Implementation of RGB Object Detection for Conveyer Process with SCARA Robot

วนายุทธ์ แสนเงิน, ณรงค์พล นัยสงวนศรี, กริชธนา บุญนาค และ นัฐพร แซ่ฟู

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม wanayuth.sa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาชุดเรียนรู้ระบบอัตโนมัติเพื่อจำลองการคัดแยกสีวัตถุและจัดเก็บวัตถุ ด้วยแขนกลหุ่นยนต์แบบสการ่า (SCARA) โดยประกอบด้วยส่วนของ ระบบควบคุมสายพานลำเลียงพร้อมชุดจ่ายวัตถุ ขนาด 3x3x3 เซนติเมตร ระบบควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ด้วยพีแอลซี (PLC) แสดงผลผ่านหน้าจอแบบสัมผัส (HMI), บอร์ดสมองกลอาร์ดุยโน (Arduino) สำหรับระบบคัดแยกสีของวัตถุบนสายพานลำเลียง ด้วยโมดูลวัดค่าสี RGB ด้วย TCS230 โดยสื่อสารข้อมูลไปยังอุปกรณ์ PLC จากผลการทดลอง สามารถตรวจวัดค่าวัตถุสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ได้สมบูรณ์ ที่ระยะความสูงตรวจวัด 1.2 เซนติเมตร การควบคุมตำแหน่งแขนกลหุ่นยนต์ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน 0.83% ของแกนหมุน Base, 1% ของจุดหมุน Joint 1, 0.23% ของจุดหมุน Joint 2 และ 0.2% ของแนวแกน Z-axis

คำสำคัญ: ตรวจวัดค่าสีวัตถุ, แขนกลหุ่นยนต์สการ่า, สายพานลำเลียง

Abstract

This article is to study and implement the automation system for color object detection with pick-and-place SCARA robot and conveyer device. The system consists the conveyer system with feeding object device size 3x3x3 cm and the SCARA robot which is controlled by PLC with HMI display. The Arduino board is preformed the color object detection with RGB TCS230 sensor module, and data communication between Arduino to PLC. The experimental results, the object color of red color, green color and blue color can be detected in range distance 1.2 cm. height from object surface. The average of position error of robot motion is 0.83% of Base joint, 1% of Joint 1, 0.23% of Joint 2 and 0.2% of Z-axis.

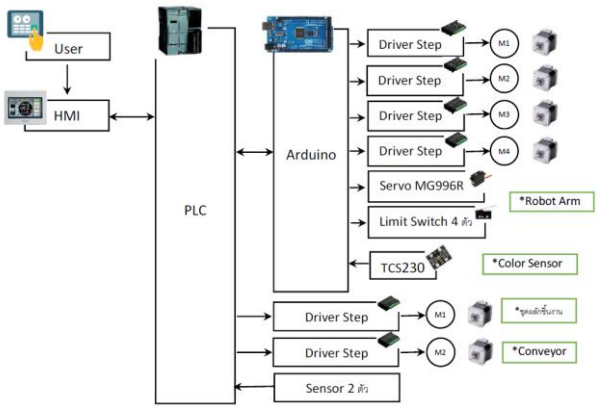
Keywords: Color Sensor, SCARA Robot, Conveyer

1. บทนำ

การพัฒนาการออกแบบและสร้างแขนกลคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง ให้สามารถปฏิบัติงานได้ตามการออกแบบให้แยกวัตถุที่เป็นสีของวัตถุ เคลื่อนย้ายวัตถุไปยังถาดเก็บที่กำหนดไว้ โดยอาศัยการควบคุมด้วย PLC [1] และ บอร์ด Arduino [2] สำหรับเชื่อมต่อเซนเซอร์โมดูลตรวจจับสี เป็นชนิดเก็บประจุอ่านค่าสีของวัตถุ แปลงผลเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันตามแต่ละสีของวัตถุ ในการออกแบบและการพัฒนาที่ได้จากชิ้นงานนี้ สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์พื้นฐาน ในการฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ และนำไปใช้เป็นแนวทางกับโรงงานอุตสาหกรรมประเภทงานแยกวัตถุในการผลิต เพื่อจำแนกสีวัตถุได้ตามที่โปรแกรมสั่งงาน แยกสีวัตถุก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป โดยศึกษาการทำงานของแขนกล SCARA Robot [3] ที่มีความคล่องแคล่วและรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดในระยะการปฏิบัติการ สำหรับการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง แทนการเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยคน เพราะมีความสะดวกหลายอย่างในเรื่องความต่อเนื่องของการทำงาน ความแม่นยำและเที่ยงตรง สามารถใช้ร่วมกับระบบสายพานลำเลียง สามารถประยุกต์ใช้กับระบบอัตโนมัติอื่นๆ ซึ่งเป็นผลดีต่อการผลิต การควบคุมคุณภาพ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดทำการออกแบบและพัฒนาระบบคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง เพื่อเป็นชุดศึกษาด้านปฏิบัติการระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ ให้เข้าใจกระบวนการทำงานของระบบแขนกลหุ่นยนต์ ระบบสายพานลำเลียงพร้อมชุดเก็บวัตถุ ระบบเซนเซอร์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ ทั้งยังเรียนรู้การผสมผสานระบบที่มีความซับซ้อนต่อไปได้

2. โครงสร้างการทำงานของระบบ

2.1 ภาพรวมของระบบ



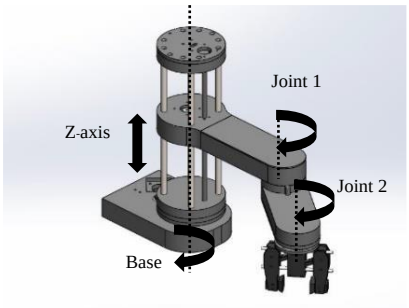
รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานของแขนกลคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติตามสายพาน

การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมคัดแยกสีของวัตถุบนสายพานลำเลียงด้วยแขนกลหุ่นยนต์สการ่า มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) และส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) ซึ่งวิธีการดำเนินงานตลอดจนขั้นตอนการทดสอบการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์ ในการหยิบสิ่งของจากตำแหน่งต้นทาง ไปยังอีกตำแหน่ง

ปลายทาง ได้พัฒนาการเขียนโปรแกรมควบคุม การทำงานของแขนกล โดยใช้โปรแกรมพีแอลซี (PLC) เชื่อมต่อกับบอร์ดอาร์ดูโน่ (Arduino) ในการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต และหน้าจอสัมผัส HMI ติดต่อผู้ใช้งานส่วนของ User Interface เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จำนวน 4 ตัว ในแต่ละแกนของแขนกล และ มอเตอร์จำนวน 2 ตัว สำหรับสายพานลำเลียงและตัวผลักชิ้นงาน

2.2 การออกแบบโครงสร้างทางกล

การออกแบบโครงสร้าง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ชุดแขนกลหุ่นยนต์แบบ 4 แกน แสดงดังรูปที่ 2 และชุดสายพานลำเลียงพร้อมตัวผลักชิ้นงาน โดยโครงสร้างแขนกล วัสดุแขนกลหุ่นยนต์ทำจากพลาสติก PLA โดยมีชุดขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จำนวน 4 ตัว และ เซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัว สำหรับชุดหยิบจับ, ชุดพานสายพานลำเลียง วัสดุที่ใช้ประกอบโครงสร้างหลักคืออลูมิเนียมโปรไฟล์ 20x20 มิลลิเมตร รวมชุดผลักชิ้นงาน โดยชุดแขนกลสามารถหยิบกล่องวัตถุสี ขนาด 3x3x3 เซนติเมตร ไปวางในตำแหน่งของถาดเก็บชิ้นงานขนาด 7x7x7 เซนติเมตร เพื่อคัดแยกคัดแยกสี พร้อมติดตั้งเซนเซอร์ 2 ตัว ตรวจสถานะของวัตถุ เพื่อผลักชิ้นงานและหยุดวัตถุ เพื่อให้แขนกลหุ่นยนต์หยิบจับชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 3



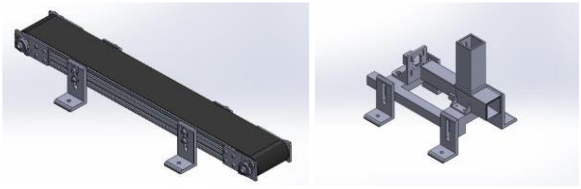
รูปที่ 2 ออกแบบแขนกลหุ่นยนต์แบบ 4 แกน สำหรับหยิบจับวัตถุ

การคำนวณน้ำหนักโหลดทั้งหมดในแขนกล แสดงดังตารางที่ 1 โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร F = mg และ T = F*r โดย F คือ แรงกด หน่วยนิวตัน (N), m คือ มวลของชิ้นงาน (kg), g คือค่าแรงโน้มถ่วง (9.81 m/s^2), T คือ แรงบิด (N.m) และ r คือ รัศมีของแกนหมุนมอเตอร์ เท่ากับ 0.006 m.

ตารางที่ 1 แรงบิดแขนกลหุ่นยนต์ในแต่ละแนวแกน

ลำดับแกนหุ่นยนต์ (Robot Axis)	น้ำหนัก (kg)	แรงกด (N)	แรงบิด (N.m)
Axis 1 (Base)	5.3	52	0.312
Axis 2 (Z-axis)	2.6	25.50	0.153
Axis 3 (Joint 1)	2.27	22.27	0.134
Axis 4 (Joint 2)	1.14	11.13	0.067

จากการออกแบบโครงสร้างชุดสายพานลำเลียง โดยเลือกใช้สายพานหนัง PU ที่มีขนาดหน้ากว้าง 80 มิลลิเมตร ชุดลูกกลิ้งแบบกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 มิลลิเมตร กำหนดระยะห่างของ เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างชุดลูกกลิ้ง เท่ากับ 650 มิลลิเมตร โดยใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 40 x 80 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3(a) การออกแบบโครงสร้างชุดผลักชิ้นงาน โดยเลือกใช้ Lead Screw ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ขนาดความยาว 120 mm โดยกำหนดระยะชุดปล่อยกล่อง เพื่อลำเลียงกล่องลงบนสายพานลำเลียง เท่ากับ 72 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ประกอบหลักคือ อลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาด 20x20 cm. และขนาด 20x40 mm และฐานรองรับน้ำหนักชุดผลักชิ้นงาน จำนวนฐาน 4 ตัว แสดงดังรูป 3(b) โครงสร้างมีความยาว 650 mm มีน้ำหนักประมาณ 4.3 kg สายพานหนัก 0.2 kg ดังนั้น มวลวัตถุจะมีน้ำหนัก 0.02 kg ความเร็วมอเตอร์ 200 RPM รัศมีเฟืองขับ 0.006 m อัตราทดเกียร์ 1:3 แรงบิด 0.266 N.m. และชุดผลักชิ้นงาน แรงบิด 0.084 N.m.



(a) (b)

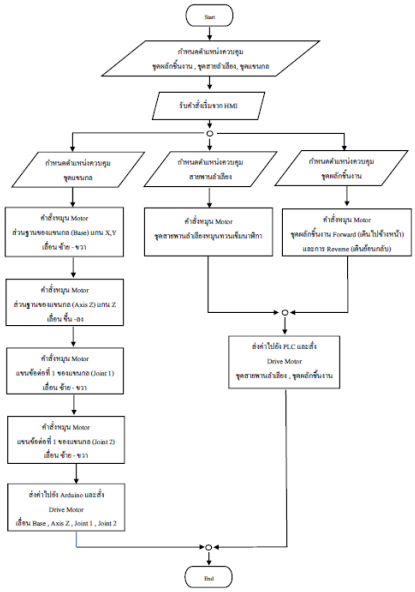
รูปที่ 3 สายพายลำเลียง (a) และชุดจ่ายวัตถุด้วยการผลักวัตถุ (b)

2.3 การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมการคัดแยกสีของวัตถุบนสายพานลำเลียง มีส่วนของอุปกรณ์สมองกล PLC เชื่อมต่อกับหน้าจอแบบสัมผัส HMI ผ่านช่องทางสื่อสารแบบ RS485 ในการออกแบบในส่วนของหน้าจอ HMI เพื่อผู้ใช้งานสามารถสั่งการและกำหนดค่าพารามิเตอร์ของหุ่นยนต์ ทั้งยังมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์สมองกล PLC เข้ากับบอร์ด Arduino เพื่อรับ ค่าสีของวัตถุ เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผล สั่งการควบคุมการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์ โดยการพัฒนาระบบควบคุมแบ่งเป็น 2 โหมด คือ โหมดการกำหนดเองจากผู้ใช้งาน (Manual Control) และโหมดส่วนที่เป็นควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control) แสดงดังรูปที่ 4

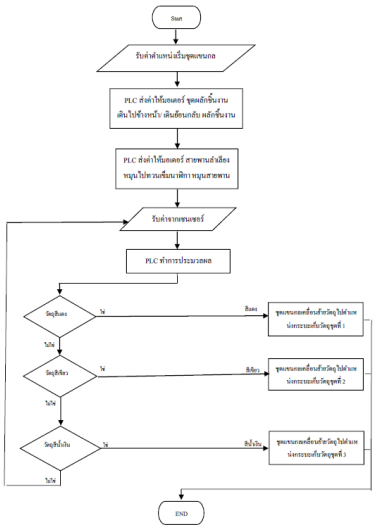
Manual Mode เมื่อผู้ใช้งานเปิดหน้าต่างโปรแกรมขึ้นมา ทำการกดปุ่ม Manual Mode สามารถควบคุมการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์สำหรับการควบคุมแกนหมุนแต่ละแกนหมุนแบบอิสระ ส่วนปุ่มคำสั่ง RUN/STOP จะเป็นทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียง และปุ่มคำสั่ง Set ของชุดผลักชิ้นงาน และหยิบชิ้นงาน รวมถึง ปุ่มคำสั่ง Reset สำหรับการควบคุมตำแหน่งแขนกลไปยังจุดตำแหน่งเริ่มต้น แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 หน้าจอ HMI สำหรับโหมดแบบ Manual Mode และ Automatic Mode



รูปที่ 5 ผังงานระบบแขนกลคัดแยกสีวัตถุ แบบกำหนดเองจากผู้ใช้งาน

โหมดการทำงานแบบ Automatic mode การควบคุมการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการแบบอัตโนมัติ โดยผู้ใช้เพียงกำหนดปุ่ม Start/Run ระบบทำงานแบบอัตโนมัติ โดยสายพายลำเลียงจะทำงาน และชุดผลักวัตถุจะนำวัตถุบนสายพานลำเลียง และผ่านจุดตรวจวัดค่าสีวัตถุ เพื่อระบุสีของวัตถุ โดยแขนกลหุ่นยนต์เคลื่อนที่มาหยิบวัตถุ ไปวางไว้ในถาดสีให้ตรงตามตำแหน่งของถาดสีที่ถูกตรวจวัด แสดงผังงานดังรูปที่ 6

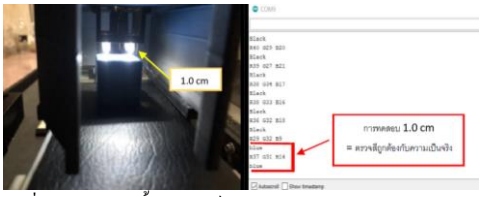


รูปที่ 6 ผังงานระบบคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติตามสายพานแบบอัตโนมัติ

3. ผลการทดลอง

3.1 การทดสอบระยะทำการตรวจวัดค่าสีของวัตถุ

การทำงานของโมดูลวัดค่าสี RGB ด้วย TCS230 [5] เพื่อตรวจสอบค่าสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ของกล่องวัตถุชิ้นงาน จะส่งข้อมูลไปยัง PLC และแสดงผลที่หน้าจอ HMI อัตโนมัติ โดยการทดสอบระยะความสูง มี 3 ระยะคือ 1.0, 1.5 และ 2.0 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อปรียบเทียบการหาระยะตำแหน่งติดตั้งเซนซอร์ตรวจสีของวัตถุ แสดงดังรูปที่ 7 โดยที่ระยะความสูง 1.0 และ 1.5 เซนติเมตร จากการทดลองวัตถุทั้ง 3 สี จำนวน 10 ครั้ง ผลลัพธ์จากการทดสอบสามารถระบุสีได้ถูกต้อง 100% แสดงดังตารางที่ 2

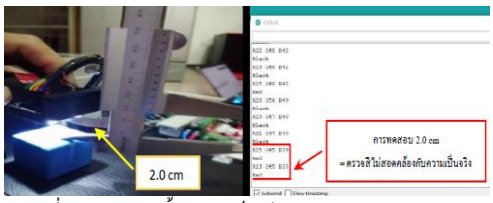


รูปที่ 7 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดสีระยะความสูงจากวัตถุตรวจวัดสี

ตารางที่ 2 การตรวจสอบค่าสีของวัตถุ

การตรวจจับวัตถุสีวัตถุและส่งการแสดงสถานะที่หน้าจอ HMI			
ครั้งที่	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน
1	R15,G27,B23 = red	R18,G11,B20 = green	R37,G31,B7 = blue
2	R9,G36,B32 = red	R16,G12,B21 = green	R24,G16,B8 = blue
3	R15,G29,B19 = red	R16,G14,B28 = green	R20,G31,B15 = blue
4	R14,G21,B36 = red	R13,G15,B17 = green	R18,G15,B11 = blue
5	R11,G16,B19 = red	R24,G15,B36 = green	R22,G31,B8 = blue
6	R13,G34,B40 = red	R17,G15,B27 = green	R17,G11,B7 = blue
7	R8,G16,B19 = red	R16,G8,B11 = green	R36,G19,B17 = blue
8	R14,G21,B16 = red	R20,G8,B21 = green	R37,G11,B6 = blue
9	R18,G36,B26 = red	R17,G12,B15 = green	R34,G27,B22 = blue
10	R16,G29,B32 = red	R32,G15,B19 = green	R26,G31,B13 = blue

จากการทดลองระยะความสูงที่ 2.0 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 8 ทำการตรวจวัดค่าสีของวัตถุทั้ง 3 สี โดยวัตถุสีเขียวไม่สามารถตรวจวัดค่าสีได้ถูกต้อง แสดงดังตารางที่ 3



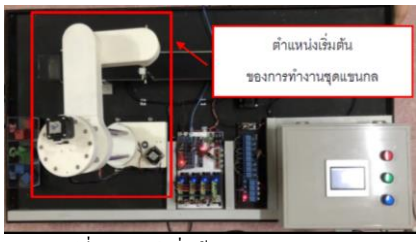
รูปที่ 8 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดสีระยะความสูง 2 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 การตรวจสอบค่าสีของวัตถุในระยะความสูง 2 เซนติเมตร

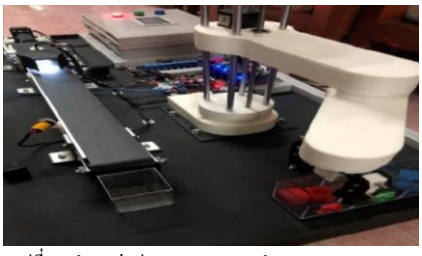
การตรวจจับวัตถุสีวัตถุและส่งการแสดงสถานะที่หน้าจอ HMI			
ครั้งที่	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน
1	R18,G21,B7 = blue	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R20,G31,B7 = blue
2	R20,G31,B37 = red	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R17,G31,B11 = blue
3	R20,G11,B9 = blue	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R8,G30,B29 = red
4	R27,G21,B12 = blue	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R20,G31,B9 = blue
5	R16,G25,B14 = blue	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R20,G31,B12 = blue
6	R20,G31,B24 = red	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R11,G16,B19 = red
7	R23,G16,B14 = blue	R21,G20,B26 = Green	R20,G31,B8 = blue
8	R15,G22,B25 = red	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R15,G33,B29 = red
9	R7,G31,B20 = red	ตรวจสอบสีวัตถุไม่ได้	R26,G31,B13 = blue
10	R20,G19,B8 = blue	R26,G19,B29 = Green	R20,G31,B15 = blue

3.2 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกล

การทำงานของชุดแขนกลหุ่นยนต์ ทดสอบหยิบวัตถุ รูปทรงลูกบาศก์ขนาด 3x3x3 เซนติเมตร ประกอบด้วย สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน น้ำหนัก 20 กรัม โดยการหยิบจากตำแหน่งบนสายพานลำเลียง ไปวางในกล่องเก็บภาชนะของแต่ละสี เมื่อแขนกลนำวัตถุไปวางเสร็จสิ้น แสดงดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 9 ตำแหน่งเริ่มต้นของการหยิบจับวัตถุ

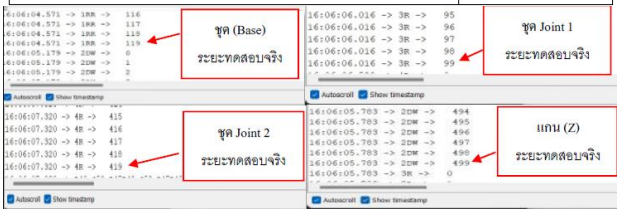


รูปที่ 10 ตำแหน่งปลายทางของการทำงานของชุดแขนกล

จะทำการตรวจสอบค่าความผิดพลาดของตำแหน่งที่เกิดขึ้น ซึ่งได้แสดงผลการทดสอบ ตารางที่ 4 และการทดสอบระยะเคลื่อนที่การหยิบชิ้นงานของแต่ละจุดหมุนการเคลื่อนที่ของแขนกลแสดงดังรูปที่ 11

ตารางที่ 4 การตรวจสอบค่าสีของวัตถุในระยะความสูง 2 เซนติเมตร

ตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของชุดแขนกล			
ครั้งที่	กำหนดระยะ Base, Joint 1, Joint 2, (แกน Z) (step)	ระยะจริง Base, Joint 1, Joint 2, (แกน Z) (step)	ค่าคลาดเคลื่อน(%) Base, Joint 1, Joint 2, แกน(Z)
1	120,100,420,500	119,99,419,499	0.83,1,0.23,0.2
2	120,100,420,500	119,99,419,499	0.83,1,0.23,0.2
3	120,100,420,500	119,99,419,499	0.83,1,0.23,0.2
4	120,100,420,500	119,99,419,499	0.83,1,0.23,0.2
5	120,100,420,500	119,99,419,499	0.83,1,0.23,0.2
ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน			0.83,1,0.23,0.2



รูปที่ 11 ค่าตำแหน่งของจุดหมุนแขนกลหุ่นยนต์

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ระยะติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าสีของวัตถุ ได้ระยะติดตั้งเซนเซอร์วัตถุ ให้ใกล้ที่สุด 1.2 เซนติเมตร การอ่านค่าสีวัตถุ ได้ถูกต้อง 100% สอดคล้องสีของวัตถุ

จากการทดลอง การควบคุมตำแหน่งของแขนกลจุดเริ่มต้น บนสายพานลำเลียง ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน 0.83% ของแกนหมุน Base, 1% ของจุดหมุน Joint 1, 0.23% ของจุดหมุน Joint 2 และ 0.2% ของแนวแกน Z-axis และจากการทดลอง แขนกลหยิบจับวัตถุพร้อมตรวจวัดค่าสี จากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งเป้าหมาย โดยทดสอบวัตถุสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของแนวแกนหมุนแขนกลหุ่นยนต์

สี	ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อน (%)			
วัตถุขนาด 3x3x3 cm	แกนหมุน Base	แกนหมุน Joint 1	แกนหมุน Joint 2	แกนหมุน Z-axis
วัตถุสีแดง	0.09	0.28	1	0.1
วัตถุสีเขียว	0.08	0.28	0.83	0.1
วัตถุสีน้ำเงิน	0.07	0.25	0.55	0.1

จากการทดลองดังกล่าว การพัฒนาชุดศึกษาระบบคัดแยกสีของวัตถุบนสายพานลำเลียงด้วยแขนกลหุ่นยนต์ สามารถศึกษากระบวนการทำงานคัดแยกสีของวัตถุได้ และนำไปใช้ประกอบในการเรียนการสอน พื้นฐานด้านระบบออโตเมชันและหุ่นยนต์ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] KMT Technology (2022), “คู่มือการใช้งาน พีแอลซี ไอเด็ค - PLC IDEC MicroSmart FC6A Plus” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.kmttechnology.com/index.php?route=product/category&path=65_132 [Accessed March, 2022].

[2] Arduino Mega2560 (2020). “ บทความ การใช้งานบอร์ด Arduino MEGA 2560 เบื้องต้น” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.lungmaker.com/arduino-mega-2560-การใช้งาน/ [Accessed February, 2022].

[3] SCARA Robot (2022), “How To Build Your Own Arduino Based Robot” [Online] Avaiable:https://howtomechatronics.com/projects / scara- robot- how- to- build- your- own- arduino- based- robot/ [Accessed January, 2022].

[4] Servo Motor, “ทุกเรื่องที่ควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน”, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:https://www.ioxhop.com/article/105/ทุกเรื่องที่ควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน [Accessed May, 2022].

[5] Color Sensing, “Arduino Color Sensing Tutorial- TCS230 color sensor” , [Online] Avaiable: https: / / howtomechatronics. com /tutorials/arduino/arduino-color-sensing-tutorial-tcs230-tcs3200-color-sensor [Accessed May, 2022].