

แบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน Model for Color Sorting Using a Six-axis Robotic Arm

จิโรมม์ วัฒนา¹ เอกชัย แทนโป² เฉลิมวุฒิ โพธิ์เงิน³ สมพร บุญริน⁴

Jirot Watana¹ Ekachai Thaenpo² Chaloeuwut Phongoen³ Somporn Boonrin⁴

¹⁻⁴ ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000

Department of Electrical Technology, Electrical Power Engineering Department,
Lopburi Technical College, Lopburi 15000

¹ Corresponding Author: E-mail: E-mail : Jirot2513@gmail.com

Received: 30 October 2024; Revised: 18 December 2024; Accepted: 19 December 2024

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันแขนกลได้ถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายมากขึ้นและไม่ได้จำกัดเฉพาะในวงการอุตสาหกรรมเท่านั้นสำหรับแขนกลในงานอุตสาหกรรมเป็นอุปกรณ์หลักของระบบ Flexible Production System (FPS) ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ทำงานอย่างอัตโนมัติง่ายในการทำโปรแกรมและ ปรับแต่งเพื่อให้ใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่มีความต่อเนื่องแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น แบบจำลองแขนกลแบบ 6 แกนหมุน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ศึกษาระบบ การทำงานของแขนกลแบบ 6 แกนหมุน การเขียนโค้ดผ่านโปรแกรม Arduino IDE ควบคุมการทำงานของ Servo motor ศึกษาประสิทธิภาพ โดยมีค่าความผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 10 และศึกษาความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ตารางบันทึกผลการทดลอง และแบบประเมินความพึงพอใจ

ผลการวิจัยผลการออกแบบและสร้างแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ตัวฐานของแบบจำลองทำจากพาสทูตหนา 8 mm. ซึ่งสามารถทนแรงกดทับ ความชื้นและความร้อนได้ดี และตัวสายพานได้ทำมาจากเหล็กประกอบก่อนและติดตั้งมอเตอร์ปัดน้ำฝนพร้อมกับสายพานลำเลียงชนิด PVC ที่สามารถทนความร้อนและเย็นได้ดี มีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงขีดข่วนและตัวทำลาย และตัวแขนกลเป็นแขนกลอลูมิเนียม มีน้ำหนักมาและแข็งแรงทนทานที่ยึดกันด้วยสกรู พร้อมติดตั้งเซอร์โวไว้บนตัวแขนกลทั้งหมด 6 แกน ประสิทธิภาพของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกล แบบ 6 แกนหมุน มีผลการทดลองดีมาก เพราะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 4 ซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 ความพึงพอใจของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน อยู่ในระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบและโครงสร้างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย (X) เท่ากับ 4.69 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.55

คำสำคัญ : แบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

Abstract

Nowadays, the robotic arm is used in a wider variety of applications and is not limited to the industrial sector. The industrial robotic arm is the main device of the Flexible Production System (FPS), which is an automatic production system that is easy to program and customize to use with a more continuous, accurate and efficient production process. The 6-axis robotic arm model aims to study the operation of the 6-axis robotic arm of which the coding through the Arduino IDE program to control the operation of the servo motors. Other purposes included the study of the efficiency of the developed model with an error value of no more than 10 percent. The users' satisfaction was also explored. The research tools included an experimental result recording table and a satisfaction assessment form.

The research results of the design and the construction of a color sorting model with the 6-axis mechanical arm are as follows. The base of the model is made of 8 mm. thick plywood, which can withstand pressure, humidity, and heat well. The belt is made of pre-assembled steel and the model is equipped with a wiper motor and a PVC conveyor belt that can withstand heat and cold well. Other properties include flexibility and resistance to scratches and destructive forces. The robot arm is made of aluminum that is heavy and strong, held together with screws. The servo motors are installed on all 6 robot axis. The efficiency of the color sorting model with the 6-axis mechanical arm has very good experimental results because the average error value is 4 percent, which does not exceed 10 percent. The satisfaction of the color sorting model with the 6-axis mechanical arm in terms of the design and structure of the color sorting model with the 6-axis mechanical arm is at a very good level, with an average value ($\bar{X}$) of 4.69 and a standard deviation (S.D.) of 0.55.

Keywords : model for color sorting using six-axis robotic arm

1. บทนำ

ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ได้กำหนดกรอบเป้าหมายและทิศทางการจัดการศึกษาของประเทศโดยมุ่งจัดการศึกษาให้คนไทยทุกคนสามารถเข้าถึงโอกาสและความเสมอภาคในการศึกษาที่มีคุณภาพพัฒนาระบบการบริหารจัดการการศึกษาที่มีประสิทธิภาพพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะในการทำงานที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและการพัฒนาประเทศโดยเน้นการให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมและการยอมรับของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง [1] การพัฒนาครูและบุคลากรอาชีวศึกษาที่กำหนดขึ้นในปัจจุบันได้เชื่อมโยงกับนโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ (Value Addad) ตามแนวทางการพัฒนา 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ (First S-Curve, New S-Curve) และเชื่อมโยงกับนโยบายสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ภายใต้ นโยบายการศึกษา “เรียนดี มีความสุข” ของกระทรวงศึกษาธิการ [2]

วงการอุตสาหกรรมการผลิตได้ถูกนำมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ในงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง งานที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันตลอดเวลา งานที่เป็นอันตราย งานที่หนักและยากเกินที่มนุษย์จะทำไหว ปกติมนุษย์สามารถทำงานได้ทุกอย่างแต่ข้อจำกัดของมนุษย์นั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องยาวนานจะเกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า จึงต้องมีการพักผ่อนเมื่อคนทำงานในที่อันตรายเช่นงานที่เกี่ยวกับสารเคมีที่มีพิษ ถ้าป้องกันไม่ดีก็จะมีผลต่อสุขภาพได้ เมื่อเป็นข้อจำกัดอย่างนี้หุ่นยนต์ก็จะเข้ามามีบทบาทในการทำงานดังกล่าว และข้อดีของการที่มีหุ่นยนต์ทำงานแทนคนนั้นนอกจากที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ประสิทธิภาพการทำงานก็จะดีขึ้น มีความแน่นอน แม่นยำ สามารถทำงานผลิตได้โดยไม่ต้องพัก และได้จำนวนชิ้นงานที่ทำก็มากขึ้น แขนกลอุตสาหกรรมนั้นมีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนได้แก่ ฐาน (Base) ของหุ่นยนต์ ท่อนชิ้นส่วนที่เป็นแขนกล ข้อต่อจุดหมุน (Joints) ตามชิ้นส่วนที่ต่อกัน ปลายของแขนกลที่ใช้ทำงานยกตัวอย่าง เช่น มือคีบจับ หัวเชื่อม อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วน ปีนพ่นสี หัวเจาะ ฯลฯ [3] คอมพิวเตอร์ที่มาควบคุมแขนกลนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมในส่วนที่เป็นเซอร์โวมอเตอร์ มีความสามารถหมุน และหยุดได้ตามความต้องการ ตามที่โปรแกรมไว้และสามารถทำซ้ำ ๆ กันได้ในการเคลื่อนที่ เนื่องจากแขนกลอุตสาหกรรมมีราคาที่สูงจึงยากต่อการนำมาศึกษาด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นเหตุผลสำคัญ ที่ผู้จัดทำโครงการมีความคิด ที่จะสร้างแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกล แบบ 6 แกนหมุน โดยการใช้ Arduino ควบคุม Servo Motor ตามคำสั่งของโปรแกรม Arduino IDE เพื่อศึกษา และหาประสิทธิภาพของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 สร้างแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน
- 2.2 หาประสิทธิภาพของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน
- 2.3 ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกล แบบ 6 แกนหมุน

ตัวแปรที่ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาความพึงพอใจเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า ในสถานศึกษา วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี สถาบันการอาชีวศึกษามหาวิทยาลัย 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 14 คน

ข้อจำกัดของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน มีขอบเขตของการทำงาน ดังนี้

Servo motor ของ Base สามารถขยับได้ 0° - 180°

Servo motor ของ Shoulder สามารถขยับได้ 15° - 165°

Servo motor ของ Elbow สามารถขยับได้ 0° - 180°

Servo motor ของ Wrist vertical สามารถขยับได้ 0° - 180°

Servo motor ของ Wrist rotation สามารถขยับได้ 0° - 180°

Servo motor ของ Gripper สามารถขยับได้ 10° - 73° (10 คือ Open 73 คือ Closed)

แบบจำลองนี้สามารถคัดแยกได้ 3 สี คือ แดง เหลือง ฟ้า

สามารถจับได้เพียงแค่วัตถุทรงลูกบาศก์เท่านั้นและสามารถจับวัตถุที่มีขนาด 1 - 45 mm.

RGB Sensor มีระยะอ่านค่าสีระหว่าง 5 - 10 mm.

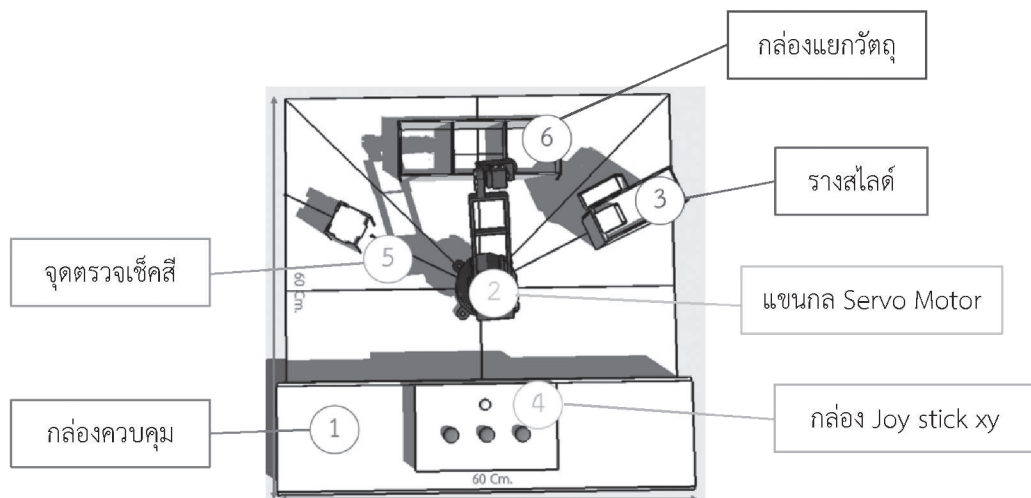
สายพานมีขนาด 5 X 30 cm.

คุณสมบัติของแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ผู้ใช้สามารถเขียนโค้ดเพื่อควบคุมแขนกลและสายพานลำเลียงวัตถุได้อย่างอิสระพื้นฐานของโปรแกรม คือ เมื่อมีวัตถุผ่านสายพานลำเลียงเข้ามาตามไกด์นำวัตถุมายังจุดตรวจวัตถุ ซึ่งเมื่อถึงจุด Photo sensor จะตรวจจับและพบว่า มีวัตถุเข้ามายังสายพานลำเลียงและสั่งให้สายพานลำเลียงหยุดทำงาน และ RGB Sensor จะทำการคัดแยกสีตามโปรแกรมที่ตั้งไว้เมื่อตรวจจับสำเร็จแล้วแขนกลแบบ 6 แกนหมุน จะยกวัตถุที่ตรวจเสร็จแล้วไปไว้ในจุดที่กำหนด โดยแบบจำลองแขนกลแบบ 6 แกนหมุนนี้ จะแบ่งการคัดแยกสีเป็น 3 สี คือ ฟ้า เหลือง แดง ซึ่งเมื่อแขนกลคัดแยกสำเร็จแล้วจะกลับมายังจุดเดิมที่โปรแกรมเอาไว้และรอให้วัตถุตัวถัดไปเข้ามาตามสายพานลำเลียงแล้วทำงานวนซ้ำเหมือนเดิม เป็นขั้นตอนวนไปเรื่อย ๆ จนวัตถุหมดลง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบโครงสร้าง

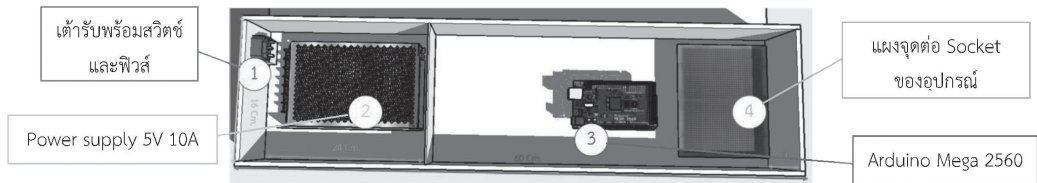
ในการออกแบบโครงสร้างชุดสาธิตแขนกล Servo Motor คัดแยกสีควบคุมโดย Microcontroller Arduino ตำแหน่งของโครงสร้างต่าง ๆ ของชุดสาธิต ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตำแหน่งของโครงสร้างต่าง ๆ ของชุดสาธิต

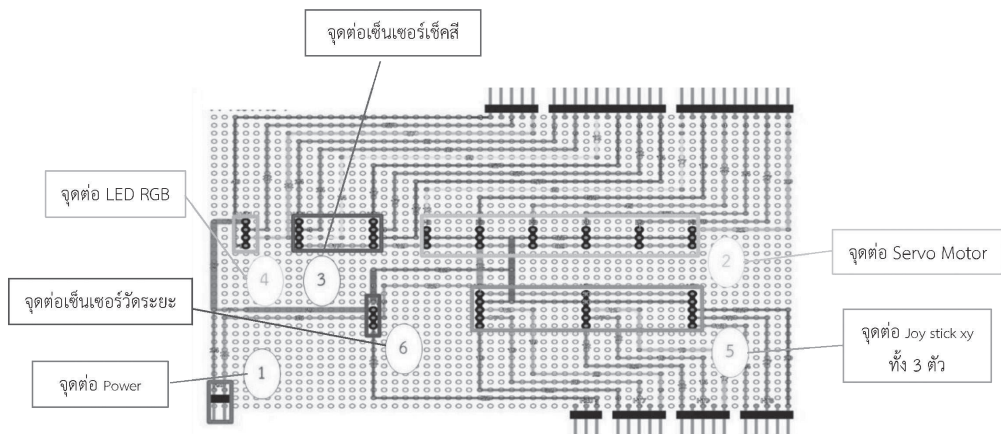
จากภาพที่ 1 ตำแหน่งของโครงสร้างต่าง ๆ ของชุดสาธิตแขนกล Servo Motor คัดแยกสีควบคุมโดย Microcontroller Arduino

โครงสร้างภายในและภายนอกของกล่องควบคุม รายละเอียด ดังภาพที่ 2

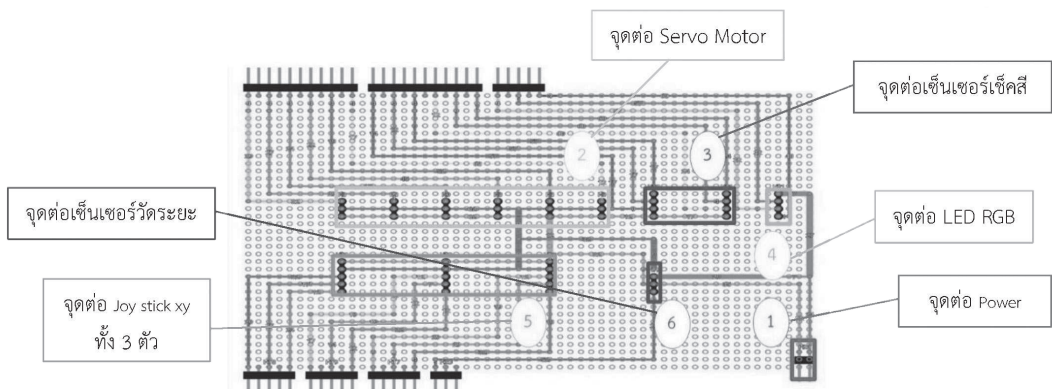


ภาพที่ 2 โครงสร้างภายในของกล่องควบคุม

1) แผงจุดต่อ Socket ของอุปกรณ์ออกแบบการสร้างโดยโปรแกรม UPB editor ลายวงจรของ แผงจุดต่อ Socket ของอุปกรณ์ด้านหน้า ดังภาพที่ 3 และด้านหลัง ดังภาพที่ 4



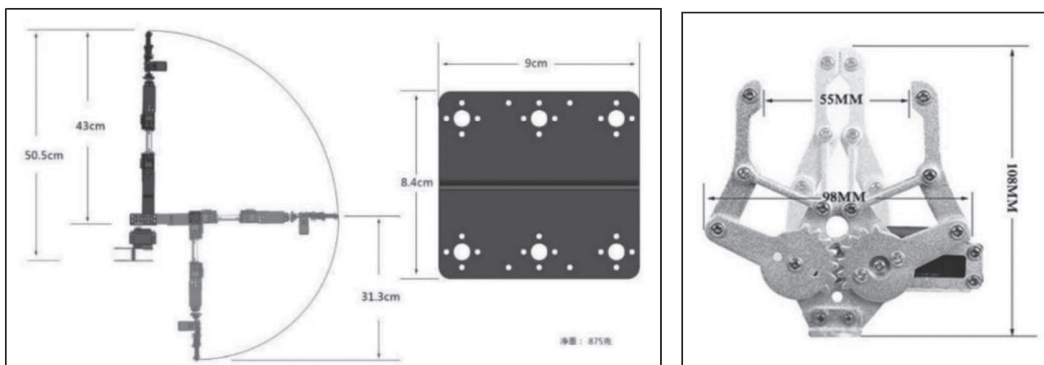
ภาพที่ 3 ลายวงจรของ แผงจุดต่อ Socket ของอุปกรณ์ (ด้านหน้า)



ภาพที่ 4 ลายวงจรของ แผงจุดต่อ Socket ของอุปกรณ์ (ด้านหลัง)

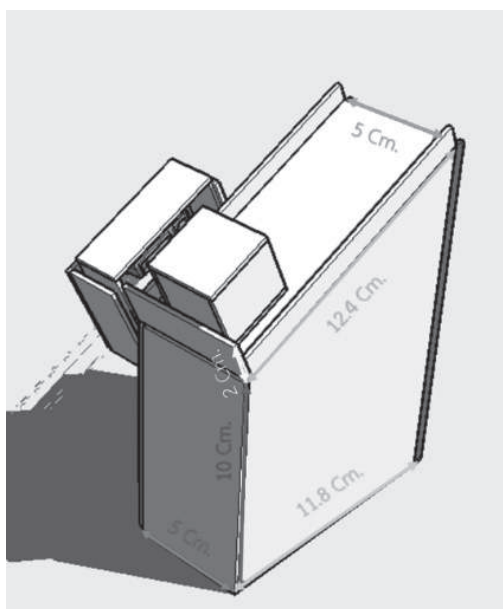
อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบในโปรแกรมจะมีขนาดและรูปแบบไม่สมจริงตามอุปกรณ์จริง ๆ เป็นเพียงการออกแบบเพื่อให้เห็นถึงลายวงจรเท่านั้น

2) แขนกลเซอร์โวใช้เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 6 ตัว ใช้เป็นมอเตอร์ MG996R Servo Motor 0 - 180 องศา ด้านโครงสร้างมีลักษณะการติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ของมอเตอร์ ดังภาพที่ 5 โครงสร้างแขนกลเซอร์โว



ภาพที่ 5 โครงสร้างแขนกลเซอร์โว

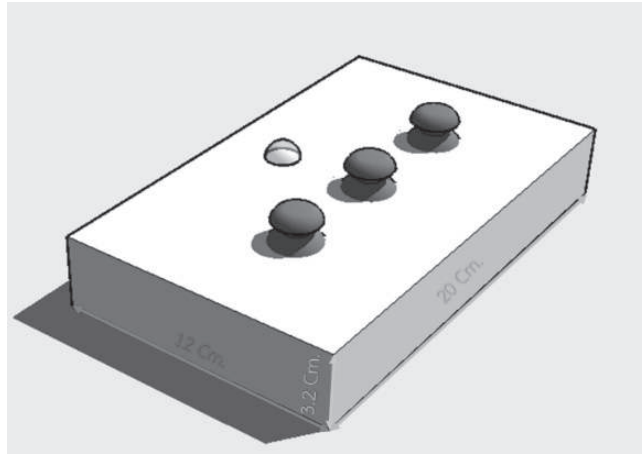
3) รางสไลด์ได้ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับวัตถุและติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะตาม โครงสร้าง ดังภาพที่ 6 โครงสร้างรางสไลด์



ภาพที่ 6 โครงสร้างรางสไลด์

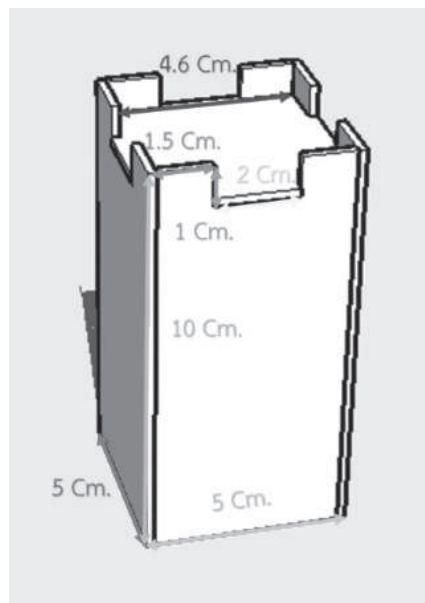
เซ็นเซอร์วัดระยะใช้เป็น GP2Y0A41SK Infrared Sensor ใช้เพื่อตรวจจับวัตถุที่มีอยู่บนรางสไลด์ ระยะห่างจากวัตถุ 3 - 5 ซม.

4) กล่อง Joy stick xy ใช้ทั้งหมด 3 ตัวและมี LED RGB เป็นแบบ Module 1 ตัว ดังภาพที่ 7 กล่อง Joy stick xy เป็นตัวด้านทานปรับค่าได้ทำให้เป็นลักษณะของ Joy stick มีหน้าหลัก ๆ ใช้เพื่อควบคุม เซอร์โวมอเตอร์ และ LED แสดงผลได้หลายสีขึ้นตามความต้องการ



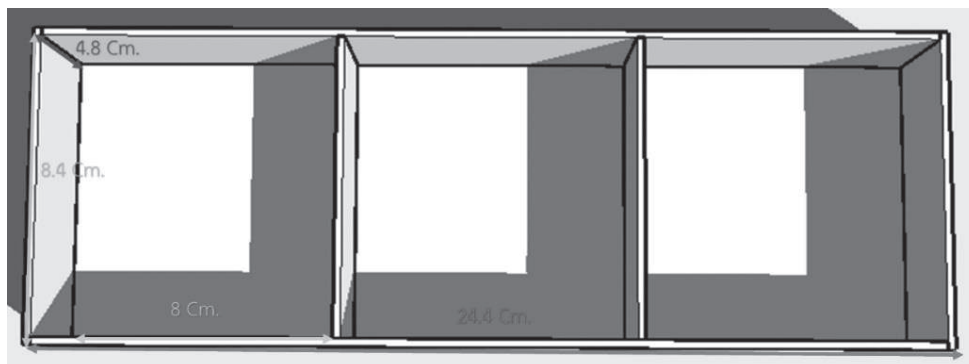
ภาพที่ 7 โครงสร้างกล่อง Joy stick xy

5) จุดตรวจเช็คสีทำเป็นรูปทรงให้วางวัตถุที่ออกแบบโดยเฉพาะมีลักษณะโครงสร้าง ดังภาพที่ 8 จุดตรวจเช็คสีได้ใช้เซ็นเซอร์เช็คสี RGB Colour Sensor (TCS230/TCS3200) มี LED ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจเช็ค



ภาพที่ 8 โครงสร้างจุดเช็คสี

6) กล่องแยกวัตถุได้ทำออกเป็น 3 ช่อง ให้คัดแยกสีที่แตกต่างกันได้ทั้งหมด 3 สีหลัก ๆ ด้วยกันมีลักษณะโครงสร้าง ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โครงสร้างกล่องแยกวัตถุ

3.2 การสร้างเครื่องมือ

3.2.1 งานวิจัยนี้ได้แบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือในการดำเนินการวิจัย ได้แก่ แบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกผลการทดลอง และแบบประเมินความพึงพอใจในการออกแบบโครงสร้างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีวิธีการออกแบบและสร้าง ดังนี้

1) แบบประเมินแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกน ด้านการออกแบบ ด้านการสร้างแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2) แบบสอบถามความพึงพอใจมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยประเมินจากผู้ใช้งาน

เมื่อได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญประเมินชิ้นงาน จากการทดลอง จากการนำไปใช้จริง และจากผู้ใช้งานแล้ว ขั้นตอนต่อไป ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ตามหลักการทางสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกน ซึ่งใช้สถิติในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

3.3 การดำเนินการทดลอง

ในการศึกษาความแม่นยำของเซ็นเซอร์เช็คสี และตรวจสอบวัตถุพร้อมกับความถูกต้องในการหยิบจับคัดแยกของแขนกลนั้นการทดลองจะเป็นการเขียนโค้ดบนโปรแกรม Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงานให้ทำงานพร้อมกันไปทีละขั้นตอน โดยสังเกตผลการตอบสนองผลของแบบจำลอง และบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง และการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 คน ทำการประเมินความพึงพอใจแบบประเมิน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาผลการทดลองการใช้งานจะเป็นการทดลองเขียนโค้ดให้แขนกลทำงานแบบเต็มประสิทธิภาพโดยเริ่มจากการวางวัตถุไปวางบนสายพานลำเลียงเมื่อโฟโต้เซ็นเซอร์ตรวจจับพบสายพานจะหยุดและเซ็นเซอร์ตรวจจับสีจะแยกสีและส่งให้แขนกลหยิบชิ้นงานไปวางยังสีที่กำหนด ซึ่งจะบันทึกผลการทำงานลงในตารางโดยจะบันทึกความแม่นยำในการจับชิ้นงานความแม่นยำของเซ็นเซอร์เช็คตรวจสอบวัตถุและคัดแยกสีรวมทั้งอื่น ๆ ตามตารางบันทึกผล โดยจะแบ่งเป็น 3 สี คือ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน ทดลองสีละ 10 ครั้ง รวมการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง โดยมีค่าความผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 10

3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาความพึงพอใจ โดยให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 คน ทำการทดลองแล้วทำการประเมินผลในแบบประเมินความพึงพอใจจากนั้นนำผลการประเมินมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและสร้างแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุนจากที่ได้ทำ การออกแบบการสร้างและหาประสิทธิภาพแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ตัวฐานของแบบจำลองทำจากพลาสติคหนา 8 mm. ซึ่งสามารถทนแรงกดทับ ความชื้นและความร้อนได้ดี และตัวสายพานได้ทำมาจากเหล็กประกอบก่อนและติดตั้งมอเตอร์ปั้มน้ำพร้อมกับสายพานลำเลียงชนิด PVC ที่สามารถทนความร้อนและเย็นได้ดี มีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงขีดข่วนและตัวทำลาย และตัวแขนกลเป็นแขนกลลูมิเนียม มีน้ำหนักมาและแข็งแรงทนทานที่ยึดกันด้วยสกรู พร้อมติดตั้งเซอร์โวไว้นบนตัวแขนกลทั้งหมด 6 แกน ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

การหาประสิทธิภาพของแบบจำลองจะเป็นการหาประสิทธิภาพของการใช้งานของแขนกลและเซ็นเซอร์ต่าง ๆ โดยจะทำการหาประสิทธิภาพจากการทดลองหยิบวัตถุจากรางสไลด์ไปให้เซ็นเซอร์เช็คสีคัดแยกตามสีต่าง ๆ ทั้งหมด 3 สี (แดง เหลือง น้ำเงิน) สีละ 10 รอบ การทดลองและบันทึกผลตามตารางที่สร้างขึ้น โดยมีผลลัพธ์ตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองของแบบจำลองในด้านสีแดง

ครั้งที่	ความแม่นยำการหยิบ - วางวัตถุ			ความแม่นยำของ Photo sensor	ความแม่นยำของ RGB Sensor			
					ค่าความถี่ของ แสงที่เช็คได้ (kHz)			การ แสดงผล สีแดง
	จุดตรวจเช็คสี (Sensor RGB)	หยิบ วัตถุจาก สายพาน	จุดที่ วางวัตถุ	ระยะห่างระหว่างวัตถุ กับ Sensor RGB (5 - 10 mm.)	R	Y	B	
1	✓	✓	✓	5	21	55	38	✓
2	✓	✓	✓	5	22	53	40	✓
3	✓	✓	✓	6	23	54	42	✓
4	✓	✓	✓	6	23	56	41	✓
5	✓	✓	✓	6	21	59	38	✓
6	✓	✓	✓	8	22	58	36	✓
7	✓	✓	✗	5	20	57	36	✓
8	✓	✓	✓	5	24	56	34	✓
9	✓	✓	✓	6	23	56	40	✓
10	✓	✓	✗	7	24	54	42	✓
ความ แม่นยำ (ร้อยละ)	100	100	80					
ค่าเฉลี่ย		93.33		5.9				

จากตารางที่ 1 ผลการทดลองของแบบจำลองในด้านสีแดง ด้านความแม่นยำการหยิบ - วางวัตถุแบบกล สามารถหยิบวัตถุได้สำเร็จจากจุดต่าง ๆ ครอบคลุม 8 ครั้ง ด้านความแม่นยำของ Photo sensor มีค่าเฉลี่ยของการตรวจจับวัตถุอยู่ที่ 5.9 mm. ทำงานได้ปกติครบถ้วน 10 ครั้ง ด้านความแม่นยำของ RGB Sensor สามารถเช็คสีแดงได้ถูกต้องครบถ้วน 8 ครั้ง ดังนั้น ค่าความผิดพลาดการหาประสิทธิภาพของแบบจำลอง ในด้านสีแดง ได้ร้อยละ 4 จากการหาประสิทธิภาพของความแม่นยำในการทดลองของสีแดง พบว่า ค่าความผิดพลาด ไม่เกินร้อยละ 10

ตารางที่ 2 ผลการทดลองของแบบจำลองในด้านสีเหลือง

ครั้งที่	ความแม่นยำการหยิบ - วางวัตถุ			ความแม่นยำของ Photo sensor	ความแม่นยำของ RGB Sensor			
	จุดตรวจเช็คสี (Sensor RGB)	หยิบ วัตถุจาก สายพาน	จุดที่ วางวัตถุ		ค่าความถี่ของ แสงที่เช็คได้ (kHz)			การ แสดงผล
					R	Y	B	
				ระยะห่างระหว่างวัตถุ กับ Sensor RGB (5 - 10 mm.)				สีเหลือง
1	✓	✓	✓	5	29	23	31	✓
2	✓	✓	✓	5	33	25	29	✓
3	✓	✓	✓	6	40	24	29	✓
4	✓	✓	✓	6	36	23	30	✓
5	✓	✓	✓	6	35	24	36	✓
6	✓	✓	✓	8	39	23	38	✓
7	✓	✓	✗	5	38	22	37	✓
8	✓	✓	✓	5	35	23	36	✓
9	✓	✓	✓	6	36	21	34	✓
10	✓	✓	✗	7	34	22	31	✓
ความ แม่นยำ (ร้อยละ)	100	100	80					
ค่าเฉลี่ย		100		6.4				

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองของแบบจำลองในด้านสีเหลืองด้านความแม่นยำการหยิบ - วางวัตถุ แขนกลสามารถหยิบวัตถุได้สำเร็จจากจุดต่าง ๆ ครอบคลุม 10 ครั้ง ด้านความแม่นยำของ Photo sensor มีค่าเฉลี่ยของการตรวจจับวัตถุอยู่ที่ 6.4 mm. ทำงานได้ปกติครบถ้วน 10 ครั้ง ด้านความแม่นยำของ RGB Sensor สามารถเช็คสีเหลืองได้ถูกต้องครบถ้วน 10 ครั้ง ดังนั้น ค่าความผิดพลาดการหาประสิทธิภาพ ของแบบจำลองในด้านสีเหลืองได้ร้อยละ 0

ตารางที่ 3 ผลการทดลองของแบบจำลองในด้านสีน้ำเงิน

ครั้งที่	ความแม่นยำการหยิบ - วางวัตถุ			ความแม่นยำของ Photo sensor	ความแม่นยำของ RGB Sensor			
					ค่าความถี่ของ แสงที่เช็คได้ (kHz)			การ แสดงผล
	จุดตรวจเช็คสี (Sensor RGB)	หยิบ วัตถุจาก สายพาน	จุดที่ วางวัตถุ		ระยะห่างระหว่างวัตถุ กับ Sensor RGB (5 - 10 mm.)	R	Y	
1	✓	✓	✓	5	61	33	14	✓
2	✓	✓	✓	5	65	41	17	✓
3	✓	✓	✓	5	65	37	16	✓
4	✓	✓	✓	6	88	53	23	✓
5	✓	✓	✓	6	86	50	23	✓
6	✓	✓	✓	9	86	52	16	✓
7	✓	✓	✗	5	88	33	18	✓
8	✓	✓	✓	5	65	35	15	✓
9	✓	✓	✓	6	85	56	19	✓
10	✓	✓	✗	6	83	52	20	✓
ความ แม่นยำ (ร้อยละ)	100	100	100					
ค่าเฉลี่ย		100		5.8				

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองของแบบจำลองในด้านสีน้ำเงิน ด้านความแม่นยำการหยิบ - วางวัตถุแขนกลสามารถหยิบวัตถุได้ 10 ครั้ง ด้านความแม่นยำของ Photo sensor มีค่าเฉลี่ยของการตรวจจับวัตถุอยู่ที่ 5.8 mm. ทำงานได้ปกติครบถ้วน 10 ครั้ง ด้านความแม่นยำของ RGB Sensor สามารถเช็คสีได้ถูกต้องครบถ้วน 10 ครั้ง ดังนั้น ค่าความผิดพลาดการหาประสิทธิภาพของแบบจำลองในด้าน สีน้ำเงินได้ร้อยละ 0

4.3 ผลการหาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

ตารางที่ 4 ผลการหาค่าความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ความหมาย
1. ด้านการออกแบบและโครงสร้างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน			
1.1 ความแข็งแรงของโครงสร้าง	4.71	0.47	ดีมาก
1.2 การกำหนดความเร็วของสายพานคังที่	4.21	0.08	ดี
1.3 การใช้งานได้สะดวก	4.64	0.63	ดีมาก
1.4 การดูแลบำรุงรักษาสะดวก	4.86	0.36	ดีมาก
1.5 ความแข็งแรงของการจับชิ้นงาน	4.93	0.27	ดีมาก
1.6 สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย	4.71	0.47	ดีมาก
1.7 การออกแบบโครงสร้างเหมาะสม	4.79	0.43	ดีมาก
รวม	4.69	0.55	ดีมาก

จากตารางที่ 4 ความพึงพอใจของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ได้รับการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง 14 คน เป็น เพศ หญิง 2 คน ชาย 12 คน ระดับความพึงพอใจ ด้านการออกแบบและโครงสร้างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.69 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.55

5. อภิปรายผล

จากผลของงานวิจัย แบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะว่าแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน จัดสร้างขึ้นเป็นแขนกลที่สามารถคัดแยกสีได้ตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ทุกขั้นตอนผ่านการตรวจสอบ และได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อบกพร่องนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขจึงสามารถนำไปเป็นแบบจำลองในการคัดแยกสีได้

แบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ผลการทำแบบทดสอบความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน โดยรวมอยู่ในระดับ ดีมาก เหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน มีความแข็งแรง ของโครงสร้าง, การกำหนดความเร็วของสายพานคังที่ การใช้งานสะดวก การดูแลบำรุงรักษาสะดวก ความแข็งแรงของการจับชิ้นงานสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย การออกแบบโครงสร้างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัย เรื่อง การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมมีจุดประสงค์เพื่อจำลองการทำงานของแขนกลใน ลักษณะงานหยิบจับวัตถุสามารถควบคุมให้แขนกลย้ายวัตถุจาก ตำแหน่งหนึ่งไปวางยังอีกตำแหน่งหนึ่งได้

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

6.1 การศึกษาประสิทธิภาพแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน

การหาประสิทธิภาพของวัตถุสีแดง มีค่าความยำ ร้อยละ 93.33

การหาประสิทธิภาพของวัตถุสีเหลือง มีค่าความยำ ร้อยละ 100

การหาประสิทธิภาพของวัตถุสีน้ำเงิน มีค่าความยำ ร้อยละ 100

6.2 การศึกษาความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างพบว่า

ความพึงพอใจของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน อยู่ในระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบและโครงสร้างของแบบจำลองการคัดแยกสีด้วยแขนกลแบบ 6 แกนหมุน ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.69 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.55

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจัดแสงไฟโดยรอบชุดทดลองให้มีค่าคงที่ เพราะจากการทดลองแสงโดยรอบมีผลต่อการอ่านค่าของ RGB Sensor จึงอาจทำให้ความถี่ของแสงผิดพลาดได้

2. ควรศึกษาการเริ่มเขียนโปรแกรมควบคุมเพราะอาจทำให้เซอร์โวทำงานเกินองศาที่กำหนดไว้ทำให้สายพานหรือกล่องแยกวัตถุชำรุดได้

3. โครงสร้างของแขนกลควรใช้งานอย่างระมัดระวังไม่ควรให้ Servo Motor เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วไปในระยะเวลาสั้น ๆ จะทำให้เกิดแรงกระชากส่งผลให้มีโอกาสที่สกรูตามจุดต่าง ๆ คลายได้

7. บรรณานุกรม

- [1] นิติ นาขีด. (2566). แนวทางการสร้างพลังร่วมขับเคลื่อนอาชีวศึกษาสมรรถนะสูง ตอบโจทย์ภาคประกอบการ ด้วยนวัตกรรมและรูปแบบที่หลากหลาย ครอบคลุมทุกช่วงวัยเพื่อการมีรายได้และการมีงานทำอย่างมีความสุข. วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 3, 3(2). 1-13.
- [2] สุรพงษ์ เอ็มอุทัย. (2567). แนวทางการพัฒนาครูและบุคลากรอาชีวศึกษาเพื่อขับเคลื่อนนโยบาย “เรียนดี มีความสุข” ของกระทรวงศึกษาธิการ. วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 3, 4(1). 1-9.
- [3] พงศ์แสน พิทักษ์วัชร. (2557). จลศาสตร์ผกผันของหุ่นยนต์แบบอนุกรม, พื้นฐานของหุ่นยนต์ : กลศาสตร์ของหุ่นยนต์แบบอนุกรม. (หน้า 111-124). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.