

เครื่องคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเลียงควบคุมด้วยอาดูโน

Automatic Color Sorting Machine on Conveyor Systems Controlled by Arduino

กัณฑ์ภณ พริ้วไธสง

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จังหวัดนครราชสีมา

E-mail: therobot44@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงที่ถูกควบคุมด้วยอาดูโน ตัวเครื่องสามารถปฏิบัติงานได้ตามการออกแบบ ให้แยกชนิดวัตถุที่เป็นสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินและสีอื่นๆ และเคลื่อนย้ายวัตถุไปยังภาชนะที่กำหนดไว้อัตโนมัติโดยอาศัยการควบคุมของอาดูโน ใช้ตัวตรวจจับแบบไฟเบอร์ออปติก เซนเซอร์อ่านค่าปริมาณของความเข้มของแสงที่กระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์แปลผลเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันตามแต่ละสีของวัตถุ นอกจากนี้งานวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการฝึกปฏิบัติการวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางกับโรงงานอุตสาหกรรมประเภทงานแยกวัตถุในรายการผลิตเพื่อจำแนกวัตถุได้ตามที่โปรแกรมสั่งงาน และสามารถนำไปใช้ในโรงงานผลิตอาหาร โรงงานผลิตรถยนต์ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงระบบการเคลื่อนที่อัตโนมัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิจัยเครื่องคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเลียงพบว่าสามารถคัดแยกวัตถุสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินและสีอื่นๆ โดยเวลาเฉลี่ยของวัตถุที่ทดสอบปรากฏว่าวัตถุสีแดง 9.96 วินาที วัตถุสีเขียว 13.47 วินาที วัตถุสีน้ำเงิน 16.58 วินาที และวัตถุอื่นๆ 9.04 วินาที และสามารถหมุนภาชนะเพื่อรับวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการได้ถูกต้อง

คำสำคัญ: การคัดแยกวัตถุอัตโนมัติ เครื่องแยกวัตถุ ระบบสายพานอัตโนมัติ

ABSTRACT

This research is to develop the automatic color sorting machine with on conveyor systems which controlled by Arduino. It was designed to classify object colors such as red, green, blue and other colors by using fiber optic sensors. The arduino is automatically used to move the objects into the defined tray. The fiber optics were used for the object detection to read the amount of the intensity of light that hits the object then reflected back to the sensor, after that converted into an electrical signal to the microcontroller to control the stepper motor in order to choose containers and color of objects to match each other. In addition, the application of this research can be used in classification of food processing, car assembly process and electronic components in industrial. This development sorting machine can be also used as basis mechatronics engineering to study further automation.

From the result, it can be shown that the sorting machine classified the object colors as red, green, blue and other colors with high accuracy. The average classifying time of the test objects is 9.96, 13.47, 16.58 and 9.04 seconds for the materials as red, green, blue and other colors respectively.

KEYWORDS: Automatic object colors classification, Machines of sorting object colors, Automatic conveyor belt system

บทนำ

จากที่ได้ศึกษาระบบการขนถ่ายวัตถุและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งใช้ระบบสายพานลำเลียงวัตถุ จากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางแทนการเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยคน เพราะมีความสะดวกหลายอย่างในเรื่องความต่อเนื่องการทำงาน ความเร็วที่สม่ำเสมอของวัตถุที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายในโรงงานอุตสาหกรรม งานด้านการตรวจสอบสินค้าเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการตรวจสอบเริ่มมีความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ นับตั้งแต่โรงงานผลิตอาหาร โรงงานผลิตรถยนต์ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ เป็นต้น ดังงานวิจัยของ ญัฐพงษ์ และคณะ (ม.ป.ป.) ได้สร้างเครื่องคัดแยกพริกหวานอัตโนมัติ โดยอาศัยหลักการตรวจจับสีของพริกด้วยการประมวลผลภาพในระบบภาพ HSV ผ่านระบบสายพานลำเลียง จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะควบคุมส่วนคัดแยกให้พริกหวานไหลลงสู่ช่องตามที่กำหนด โดยสามารถนำระบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องได้ เพื่อประหยัดเวลาและประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าแรงงานได้เป็นอย่างดี งานวิจัยของสิมิลัน และจิตติวรรณ (ม.ป.ป.) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบคัดแยกขนาดปลาอัตโนมัติ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากกล้องวิดีโอ ภาพปลาที่ไหลมาตามสายพาน จะผ่านระบบประมวลผลเพื่อวิเคราะห์หาความยาวของตัวปลาแล้วไปเปรียบเทียบกับความยาวกับข้อมูลในฐานข้อมูล ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของระบบทางกลศาสตร์ที่สามารถแยกขนาดปลาออกจากกันได้จริง ระบบนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับอุตสาหกรรมประมง จากการใช้แรงงานคนในกระบวนการคัดแยกขนาดปลา โดยใช้สายตัววัดหรือไม้บรรทัดวัดซึ่งมีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย ผลจากการนำระบบนี้มาใช้พบว่าสามารถทำงานให้เสร็จได้ในเวลาที่เร็วขึ้นและได้ปลาที่สมบูรณ์ ไม่ซ้ำ ระบบนี้ยังสามารถเป็นต้นแบบ เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดกับอุตสาหกรรมต่อไป

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะทำการวิจัยสร้างเครื่องคัดแยกวัตถุด้วยสีอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง ซึ่งมุ่งเน้นที่การตรวจสอบค่าสีโดยทำการสร้างระบบฮาร์ดแวร์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การดำเนินงานประกอบไปด้วยการออกแบบและสร้างชุดสายพานลำเลียง การสร้างโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยหลักการทำงานอาศัยเซนเซอร์เป็นตัวตรวจเช็ควัตถุ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เพื่อสั่งให้ชุดคัด

แยกวัตถุทำงาน และงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาได้เป็นอย่างดี มีความเข้าใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ตลอดจนผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติอันเป็นรากฐานที่นำไปสู่การมีศักยภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อการพัฒนาประเทศสืบไป

ทฤษฎีและหลักการทํางาน

1. ระบบการเคลื่อนที่ ในการขับเคลื่อนจะใช้สายพานและพูลเลย์เป็นตัวลำเลียงวัตถุจากต้นทางไปยังปลายทาง ซึ่งสายพานลำเลียงที่นิยมใช้โดยทั่วไป เช่น สายพานแบน (Flat Belt) สายพานแบบหุ้มตัว (Fold Edge) และสายพานลิ้ม (V-Belt) เป็นต้น (สายพานและพูลเลย์, ม.ป.ป.) การทดลองครั้งนี้เลือกใช้ชนิดแบบสายพานลิ้มที่มีลักษณะคล้ายกับสายพานแบน คือ ใช้เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์วางแหวนเป็นแกนแรงและห่อหุ้มด้วยยางหรือวัสดุเดียว กับแกนสายพานลิ้มมีรูปหน้าที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านข้างหน้าทั้งสองเอียงสอบเข้าหากันทำมุม 38 ถึง 44 องศา สายพานลิ้มส่งถ่ายกำลังด้วยพูลเลย์ ผิวเกลี้ยงเป็นร่อง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สายพานลิ้ม (V-Belt)

(ที่มา: https://www.rollsheetrubber.com/html_.aspx?id=723)

ในส่วนของมอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรงแบบทอรอบโดยใช้เฟืองเพื่อลดความเร็วรอบและเพิ่มแรงบิดในการหมุนซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสร้างชุดขับเคลื่อนที่ให้กำลังสูง มอเตอร์อาจมีชุดทอรอบสำเร็จรูปจากโรงงานหรือนำมอเตอร์มาต่อกับชุดเฟืองทอรอบก็ได้มอเตอร์กระแสตรงแบบทอรอบเช่นกัน ได้แก่ มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) (วราพจน์, 2540) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 มอเตอร์เกียร์ที่แกนมอเตอร์จะมีกล่องชุดเฟืองหุ้มอยู่ (ที่มา: <http://www.suntechthai.com/index.php?mo=12&catid=147618>)

2. ระบบการตรวจจับหรือเซนเซอร์วัตถุ (Sensors) ในที่นี้เป็นอุปกรณ์ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ (Fiber Optic Sensor) ที่ใช้สำหรับตรวจจับการมีหรือไม่มีของวัตถุที่ต้องการจะตรวจจับโดยอาศัยหลักการวัดปริมาณของความเข้มของแสงที่กระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 อุปกรณ์ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ (ที่มา: <http://www.wolfautomation.com/products/22894/fiber-optic-sensor-auto-teachingbr-takex-f80r-series>)

การทำงานโดยใช้แอมพลิไฟเออร์ยิงแสงไปกระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังหัวไฟเบอร์ออปติก (ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, ม.ป.ป.) แล้วส่งกลับไปยังแอมพลิไฟเออร์ทำการประมวลผลจากค่าความเข้มแสงที่ได้ แล้วส่งสัญญาณเอาท์พุตออกมา

ข้อดีของการใช้ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์

2.1 ขนาดของหัวไฟเบอร์ออปติกที่มีขนาดเล็ก ทำให้เหมาะกับการใช้งานกับพื้นที่จำกัดหรือตรวจจับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก

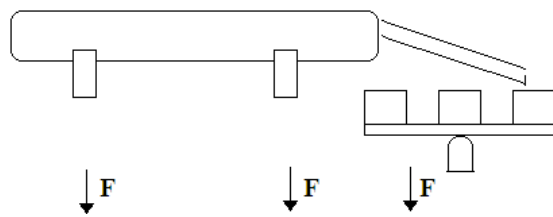
2.2 สามารถใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงได้ เนื่องจากสายไฟเบอร์ออปติกนั้นเป็นแค่ตัวนำสัญญาณแสงโดยที่ไม่มีวงจรไฟฟ้าอยู่ภายใน (แต่ตัวแอมพลิไฟเออร์ต้องลากออกไปข้างนอก)

2.3 มีหลายแบบให้เลือกใช้ตามการใช้งาน เช่น รุนทนความร้อนสูงสุด 400 องศาเซลเซียส หรือรันทนสารเคมี เป็นต้น

ส่วนประกอบของไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ประกอบไปด้วยสองส่วนหลักๆ คือ แอมพลิไฟเออร์และหัวไฟเบอร์ออปติก แอมพลิไฟเออร์อุปกรณ์ ทำหน้าที่ประมวลผลจากค่าความเข้มแสงที่ได้รับส่งเป็นสัญญาณเอาท์พุตออกมา (วิศรุต, 2550)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบโครงสร้างและคำนวณดังรูปที่ 4 (Ingram Andy, n.d.; Bhandari, 2010)



รูปที่ 4 โครงสร้างชุดจำลองคัตแยกวัตถุด้วยสี

จากสมการ $F = m \cdot g$ (1)

F คือ แรงกตนิวัตน์ (N)

m คือ มวลกิโลกรัม (Kg)

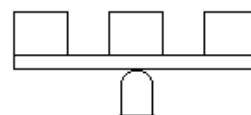
g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)

อะลูมิเนียมมีความยาว 15 เซนติเมตร จะมีน้ำหนัก 0.1 กิโลกรัม และถ้าโครงสร้างมีความยาว 170 เซนติเมตร จะมีน้ำหนักเท่ากับ 1.13 กิโลกรัมและน้ำหนักสาย พาน 0.5 กิโลกรัม

ดังนั้น m ทั้งหมดจะมีน้ำหนัก 1.63 กิโลกรัม

จากสมการ (1) จะได้ $F = 1.63 \times 9.81 = 15.99 \text{ N}$.

การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ตัวคัตแยกวัตถุ การคำนวณชุดคัตแยกวัตถุ



รูปที่ 5 ภาตที่รองรับวัตถุ

จากรูปที่ 5 ภาตเป็นอะลูมิเนียมมีขนาดน้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัมและรัศมีของภาตเท่ากับ 15 เซนติเมตร

สามารถเขียนสมการได้คือ $T = F \cdot r$ (2)

ซึ่ง r คือ รัศมีเป็นเมตร (m)

จากสมการที่ (2) จะได้

$$T = (2 \times 9.81) \times (15 \times 10^{-2}) = 2.94 \text{ N.m}$$

และกำลังของมอเตอร์สามารถเขียนสมการได้คือ

$$P = 2\pi NT/60$$
 (3)

ซึ่ง N คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

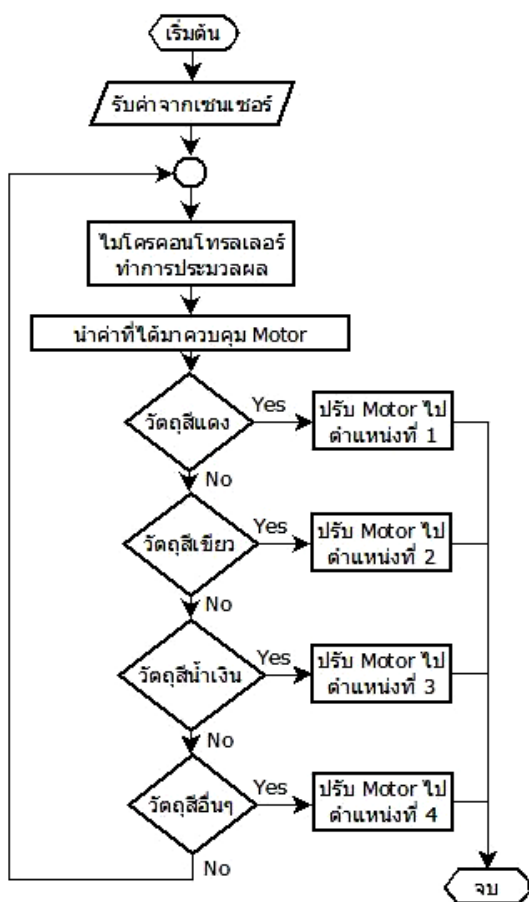
โดยมอเตอร์มีความเร็วรอบ 100 rpm

จากสมการที่ (3) จะได้

$$P = (2 \times 3.14 \times 100 \times 2.94) / 60 = 30.8 \text{ วัตต์}$$

คิดเป็นแรงม้าได้เท่ากับ $30.8 / 746 = 0.04 \text{ H.P.}$

ขั้นตอนการทดลอง

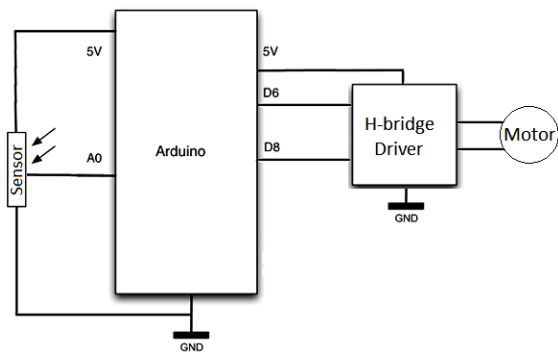


รูปที่ 6 โฟลวชาร์ตลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกวัตถุด้วยสี

1. ส่วนอินพุต (Input) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ตามสายพานผ่านจุดที่กำหนดไว้ เซนเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุแล้วส่งสัญญาณไปประมวลผลที่อาดูโน (ประจัน, 2553)

2. ส่วนประมวลผลและควบคุม (Process and Control) โดยการนำสัญญาณจากอินพุตที่ได้มาประมวลผล A/D เพื่อกำหนดระดับสัญญาณแล้วส่งงานชุดคำสั่งแยกให้ทำงานตามวัตถุประสงค์

3. ส่วนผลลัพธ์ (Output) ประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ วัตถุสีแดง วัตถุสีน้ำเงิน วัตถุสีเขียวและวัตถุสีอื่นๆ ซึ่งจะมีถาดหรือตะแกราเป็นตัวรองรับโดยมอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวหมุนเพื่อคัดแยกวัตถุหรือชิ้นงานไปไว้ในจุดที่ต้องการได้ และลำดับขั้นตอนของโปรแกรมการทำงานดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 7 วงจรการรับค่าข้อมูลและควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 8 เครื่องคัดแยกวัตถุด้วยสีอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง

จากรูปที่ 7 เริ่มต้นจากอาดูโนอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์เข้ามาที่ขา A0 เป็นสัญญาณอนาล็อก จากนั้นจึงแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Converter: ADC) เพื่อให้อาดูโนประมวลผลต่อไป โดยที่อาดูโนมีโมดูล ADC ความละเอียด 10 บิต (อุทัย, 2543) คำนวณได้ดังนี้

$$V_{\text{HOLD}} = V_{\text{REF+}} - (V_{\text{REF-}}/2048)$$
 (4)

V_{HOLD} คือ แรงดันตัวเก็บประจุภายในของ ADC

$V_{\text{REF+}}$ คือ แรงดันที่ใช้อ้างอิงระดับสูงสุด โวลต์ (V)

$V_{\text{REF-}}$ คือ แรงดันที่ใช้อ้างอิงระดับต่ำสุด โวลต์ (V)

ค่าข้อมูลของการแปลงสัญญาณ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1023 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดช่วงสัญญาณออกเป็น 4 ช่วงด้วยกัน สีแดง คือ 855-1023 สีเขียว คือ 750-850 สีน้ำเงิน คือ 650-740 และสีอื่นๆ คือ 0-600 ตัวอย่างการทำงานเช่น มีวัตถุสีแดงผ่านเข้ามาไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์จะอ่านข้อมูลได้อยู่ในช่วง 855-1023 พอดี ซึ่งอาคูโนจะแปลงข้อมูลที่ได้เป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วส่งสัญญาณออกไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้ เพื่อให้วัตถุสีแดงตกลงไปในถาดได้อย่างถูกต้อง

ผลการวิจัย

ในการทดลองเริ่มจากนำวัตถุจากต้นทางผ่านเข้าสู่ระบบสายพานลำเลียง ดังรูปที่ 8 ซึ่งวัตถุมีสี รูปร่าง และขนาดใกล้เคียงกันตามขอบเขตที่กำหนด โดยใช้ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์เป็นอินพุตแล้วส่งค่าข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเพื่อควบคุมการหมุนถาดให้ตรงตามตำแหน่งที่สอดคล้องกับวัตถุที่จะตกลงมาแล้วจึงวนไปตรวจจับวัตถุใหม่อีกครั้ง ได้ผลดังต่อไปนี้

1. ตารางการทดลองของวัตถุทั้ง 4 ชนิด

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแยกวัตถุทรงกระบอกสีแดง

ครั้งที่ทดลอง	เวลาที่ใช้ (วินาที)	การจำแนกสีของวัตถุ (ได้,ไม่ได้)	ตำแหน่งที่ต้องการคัดแยก (ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง)
1	10.07	ได้	ถูกต้อง
2	10.05	ได้	ถูกต้อง
3	10.06	ได้	ถูกต้อง
4	10.08	ได้	ถูกต้อง
5	9.87	ได้	ถูกต้อง
6	10.14	ได้	ถูกต้อง
7	9.62	ได้	ถูกต้อง
8	9.90	ได้	ถูกต้อง
9	9.77	ได้	ถูกต้อง
10	10.00	ได้	ถูกต้อง
ค่าเฉลี่ย	9.96		

จากตารางที่ 1 ทำการทดลอง 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงาน 9.96 วินาที จากการทดลองสามารถแยกจำแนกสีของวัตถุได้ทั้งหมด และตำแหน่งที่ต้องการคัดแยกได้ทั้งหมด

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแยกวัตถุทรงกระบอกสีเขียว

ครั้งที่ทดลอง	เวลาที่ใช้ (วินาที)	การจำแนกสีของวัตถุ (ได้,ไม่ได้)	ตำแหน่งที่ต้องการคัดแยก (ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง)
1	13.56	ได้	ถูกต้อง
2	13.21	ได้	ถูกต้อง
3	13.23	ได้	ถูกต้อง
4	13.56	ได้	ถูกต้อง
5	13.48	ได้	ถูกต้อง
6	13.39	ได้	ถูกต้อง
7	13.50	ได้	ถูกต้อง
8	13.55	ได้	ถูกต้อง
9	13.71	ได้	ถูกต้อง
10	13.53	ได้	ถูกต้อง
ค่าเฉลี่ย	13.47		

จากตารางที่ 2 ทำการทดลอง 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงาน 13.47 วินาที จากการทดลองสามารถแยกจำแนกสีของวัตถุได้ทั้งหมด และตำแหน่งที่ต้องการคัดแยกได้ทั้งหมด

ตารางที่ 3 ผลการทดลองแยกวัตถุทรงกระบอกน้ำเงิน

ครั้งที่ทดลอง	เวลาที่ใช้ (วินาที)	การจำแนกสีของวัตถุ (ได้,ไม่ได้)	ตำแหน่งที่ต้องการคัดแยก (ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง)
1	16.73	ได้	ถูกต้อง
2	16.78	ได้	ถูกต้อง
3	16.71	ได้	ถูกต้อง
4	16.45	ได้	ถูกต้อง
5	16.43	ได้	ถูกต้อง
6	16.38	ได้	ถูกต้อง
7	16.80	ได้	ถูกต้อง
8	16.35	ได้	ถูกต้อง
9	16.56	ได้	ถูกต้อง
10	16.67	ได้	ถูกต้อง
ค่าเฉลี่ย	16.58		

จากตารางที่ 3 ทำการทดลอง 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงาน 16.58 วินาที จากการทดลองสามารถแยกจำแนกสีของวัตถุได้ทั้งหมด และตำแหน่งที่ต้องการคัดแยกได้ทั้งหมด

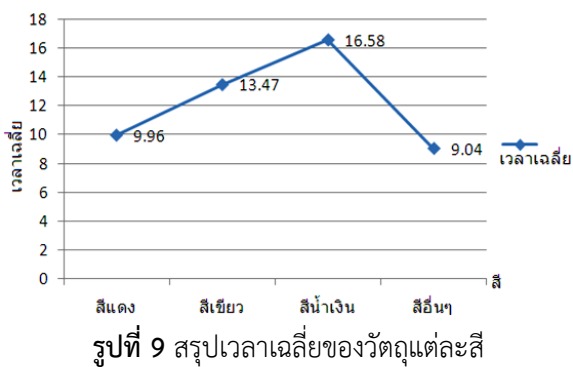
ตารางที่ 4 ผลการทดลองแยกวัตถุทรงกระบอกสีอื่นๆ

ครั้งที่ทดลอง	เวลาที่ใช้ (วินาที)	การจำแนกสีของวัตถุ (ได้,ไม่ได้)	ตำแหน่งที่ต้องการคัดแยก (ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง)
1	9.25	ได้	ถูกต้อง
2	9.11	ได้	ถูกต้อง
3	9.97	ได้	ถูกต้อง
4	9.53	ได้	ถูกต้อง
5	9.05	ได้	ถูกต้อง
6	9.06	ได้	ถูกต้อง
7	9.29	ได้	ถูกต้อง
8	9.08	ได้	ถูกต้อง
9	9.13	ได้	ถูกต้อง
10	9.01	ได้	ถูกต้อง
ค่าเฉลี่ย	9.04		

จากตารางที่ 4 ทำการทดลอง 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงาน 9.04 วินาที จากการทดลองสามารถแยกจำแนกสีของวัตถุได้ทั้งหมด และตำแหน่งที่ต้องการคัดแยกได้ทั้งหมด

2. กราฟแสดงผลการทดลอง

จากตารางที่ 1, 2, 3 และ 4 สามารถสรุปให้อยู่ในกราฟได้ดังรูปที่ 9



จากผลการทดลองทั้ง 4 การทดลอง ซึ่งค่าเวลาในการทดลองคิดที่ระยะทางจากจุดที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ จนกระทั่งวัตถุตกลงไปยังภาชนะที่กำหนดไว้ จะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนแสงได้ดีจะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของอาอูโน เป็นไปตามการทดลองงานวิจัยของ กิमानนท์ และถาวร (2555) เรื่องเครื่อง แลกธนบัตรเป็นเหรียญอัตโนมัติควบคุมโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้อธิบายไว้ว่าผลการสะท้อนแสงของคลื่นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ข้อคือ สีของวัตถุ

(การสะท้อนจะอยู่ในระดับต่ำถ้าใช้กับวัตถุที่มีสีดำหรือสีค่อนข้างทึบแสง) และระยะความห่างของวัตถุที่ใช้เป็นตัวสะท้อนคลื่นออกมา ซึ่งถ้าระยะใกล้มากจะมีระดับแรงดันสูง แต่ถ้าระยะห่างจะมีระดับแรงดันตามลงตามระยะทาง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองการทำงานของชุดจำลองเครื่องคัดแยกสีอัตโนมัติ พบว่าสามารถคัดแยกวัตถุที่เป็นสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินและสีอื่นๆ ได้ และสามารถหมุนถาดเพื่อรับวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการได้ถูกต้อง โดยตัวอาอูโนสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมอย่างถูกต้อง จากการทดลองสรุปได้ว่าการทำงานใน 1 รอบการทำงาน (1 Cycle) จะพบเวลาเฉลี่ยของวัตถุที่ทดสอบ วัตถุสีแดง 9.96 วินาที วัตถุสีเขียว 13.47 วินาที วัตถุสีน้ำเงิน 16.58 วินาที และวัตถุอื่นๆ 9.04 วินาที ซึ่งน้ำหนักไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของชุดสายพานแต่จะขึ้นอยู่กับระยะทางหมายความว่าถ้าออกแบบความยาวของสายพานมากขึ้นระยะเวลาเฉลี่ยในการคัดแยกวัตถุสีจะเพิ่มขึ้นตาม การวางแผนเซอร์พินผิวสีให้เหมาะสมกับการสะท้อนออกมาของวัตถุและในส่วนของโปรแกรมที่นำมาควบคุม

ข้อเสนอแนะ

1. ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เกิดจากความไม่เสถียรในการอ่านค่าของไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ รุ่น FS-V31 ของยี่ห้อ Keyence โดยเมื่อนำสายไฟมาต่อกันหลายเส้นเพื่อให้ได้ความยาวตามต้องการ จะทำให้เซนเซอร์ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่คงที่ ส่งผลให้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุได้ตลอดเวลาหรือไม่ทำงานเลย หากใช้สายไฟแบบสั้นจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการต่อตัวเก็บประจุ 22 ไมโครฟารัด เข้าที่ขาไฟเลี้ยงและขากราวด์ของเซนเซอร์ เพื่อให้มีการจ่ายแรงดันที่คงที่

2. ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์มีหลายประเภทและแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันในการเลือกใช้นอกจากการพิจารณาถึงลักษณะงานแล้วยังต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น ลักษณะของวัตถุ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี ลักษณะพื้นผิว ตำแหน่งติดตั้งหรือตรวจจับวัตถุ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านเซนเซอร์ ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง และสภาพแวดล้อมในบริเวณใช้งานด้วย

เอกสารอ้างอิง

กิมานนท์ พูลกาลัง และถาวร ศิริสอน. 2555. **เครื่อง แลกรับบัตรเป็นเหรียญอัตโนมัติควบคุมโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์**. ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม.

ณัฐพงศ์ เถลิ้มธำรงค์ ณรงค์ชัย โพธิ์เจริญ และปาริฉัตร เสริมวุฒิสาร. ม.ป.ป. **เครื่องคัดแยกพริกหวาน อัตโนมัติ (Automatic sweet pepper separator)**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2559 จาก http://cpe.eng.kps.ku.ac.th/db_cpeproj/fileupload/project_IdDoc7_IdPro2.pdf.

ประจัน พลังสันติกุล. 2553. **พื้นฐานภาษา C สำหรับ Arduino**. กรุงเทพฯ: แอปซอพท์เทค. หน้า 95-118.

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ม.ป.ป. **ไฟเบอร์ ออปติกเซนเซอร์**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2556. จาก <http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/FiberOpticSensor.php>.

ม.ป.ป. **สายพานและพูลเลย์**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2556. จาก <http://eng-99.weebly.com/6/post/2011/01/1.html>.

วรพจน์ ศรีวงศ์คล. 2540. **ออกแบบเครื่องจักรกล 1**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สถาบันพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้า 175-186.

วิศรุต ศรีรัตน์นะ. 2550. **เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น. 392 หน้า

สมิถัน อาศัยพานิชย์ และฐิติวรรณ ศรีนาค. ม.ป.ป. **ระบบคัดแยกขนาดปลาอัตโนมัติโดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากกล้องวีดีโอโปรแกรม เพื่องานการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2559. จาก http://www.vcharkarn.com/uploads/project/394_1.pdf.

อุทัย สุมาลย์. 2543. **การโปรแกรมควบคุมไฟฟ้าภาคทฤษฎี**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. หน้า 90-112.

Bhandari, V.B. 2010. **Design of Machine Elements**. New Dethi: Tata McGraw-Hill Education, pp. 390-430.

Ingram, A. n.d. **Machine Design Hand book**. [Online]. Retrieved May 25, 2013, from <http://www.sconconsultants.com/docs/PEPTFlowMachinDesignHandbook.pdf>.