

การควบคุมหุ่นยนต์หยิบจับวัตถุโดยใช้การมองเห็นจากกล้องแบบ 2 มิติ

Robot Control for Picking Up Objects using 2D Vision Camera

บุญเลิศ สือเฉย^{1*}, ณพงษ์ กุลคณา^{1*} และ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์²
Boonlert Suechoey^{1*}, Napong Kulkana^{1*} and Monthon Leelajindakrairerk²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ผู้พิมพ์ประสานงาน : boonlerts@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 มีนาคม 2563 / วันที่แก้ไขบทความ: 11 กรกฎาคม 2563 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 21 กรกฎาคม 2563

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาการใช้กล้องร่วมกับแขนกลในการมองเห็นแบบ 2 มิติ เพื่อใช้ในการหยิบจับวัตถุ และทำการศึกษาประสิทธิภาพในการใช้กล้องกับหุ่นยนต์ในการวางวัตถุให้มีความแม่นยำในการวางวัตถุตามจุดที่ได้กำหนดไว้ งานวิจัยนี้จึงได้เน้นไปที่การวิจัยพัฒนาควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ที่สามารถใช้งานได้จริง เพื่อใช้ในการหยิบจับชิ้นงาน โดยใช้กล้องในการมองเห็นตำแหน่งของชิ้นงานแทนเพื่อวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ โดยมีส่วนประกอบสำคัญสองส่วนคือการสร้างกลไกที่สามารถควบคุมได้อัตโนมัติในการจับวัตถุ และการใช้โปรแกรมวิทัศน์(Vision) ในการสร้างส่วนของการมองเห็นของเครื่องจักร และต้องให้การทำงานทั้งสองส่วนนั้นสอดคล้องกัน การทำงานอย่างถูกต้องไปพร้อมกัน และมีความเร็ว เป็นที่พอใจ จากการทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้น มีผลเป็นที่น่าพอใจ และสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : กล้อง, หุ่นยนต์, ความคลาดเคลื่อน, เครื่องจักร

Abstract : This research presents the development of using a camera with a 2D vision robot arm for handling object and study the efficiency of using cameras and robots to place objects with the accuracy of placing objects at specified points. This research focuses on the research and development of a robot arm control that can actually be used for grabbing work pieces by using the camera to see the position of the workpiece instead to analyze the product integrity. There are two important components: creating a mechanism that can be controlled automatically to capture the object and the use of vision programs to create machine vision and having both work parts correctly and coordinated with satisfactory speed. From the test of developed robot control, it shows satisfactory results that can be used effectively.

Keywords : camera, robot, tolerance, machine

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตและการทำงานของมนุษย์มากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกซึ่งในระยะเวลาไม่ถึง 10 ปี การพัฒนาเทคโนโลยีจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและแพร่หลายทั้งทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และทางการแพทย์ โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อมและช่วยลดปัญหามลพิษ ทางด้านอุตสาหกรรมได้มีการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งเรื่องเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ และเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างรวดเร็ว

การใช้เครื่องจักรในการหยิบวางวัตถุนั้น ในงานระบบของอุตสาหกรรมมีการใช้เครื่องจักรในการหยิบวางหลายรูปแบบและมีหลายประเภทได้แก่งานที่เป็นระบบอัตโนมัติ และงานในส่วนของแขนกล จาก Chen และ คณะ [1] และ Prommarak และ คณะ Chamniprasart [2] ได้ใช้วิทัศน์ (Vision) ในการตรวจสอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จาก Guo-Shing และคณะ [3] ได้ใช้แขนกลในการจับวางโดยใช้ระบบตรวจจับขอบภาพ จาก Varagul และ Chamniprasart [4] ได้พัฒนาเครื่องตรวจสอบด้วยภาพอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตสารคดีสก์ จาก Nerakae และคณะ [5] ได้ออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบวางที่ใช้ระบบมองเห็นของเครื่องจักรด้วยการจับขอบภาพ จาก Santosh และ Choudhury [6] ได้ใช้ระบบวิทัศน์สำหรับตรวจสอบวัตถุเพื่อระบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งในงานส่วนนี้ต้องอาศัยความแม่นยำในการวางวัตถุของงานเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นและเพิ่มความรวดเร็วความแม่นยำ

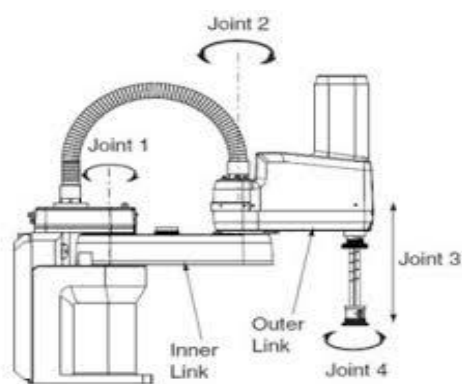
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอเทคนิควิธีการใช้กล้องควบคุมแขนกลในการวางวัตถุ โดยการใช้กล้องเพื่อตรวจรู้ค่าความคลาดเคลื่อนว่าวัตถุเคลื่อนไปทางแกนเอ็กซ์ (x axis) ระยะกี่มิลลิเมตร ไปทางแกน

วาย (y axis) มีระยะกี่มิลลิเมตรและวัตถุได้หมุนไปกี่องศา หลังจากนั้นเมื่อได้ค่ามาแล้วแขนกลจะนำค่าที่ได้จากการถ่ายมาลบกับค่าที่ไปวางวัตถุตามระยะที่กำหนด

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีวิจัย

2.1 แขนกลตีสกล่า (SCARA Robot)

การใช้แขนกลในการหยิบวางในการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้แขนกลตีสกล่า [5] ซึ่งเป็นแขนกลที่มีการเคลื่อนที่เร็ว มีการหยิบวางวัตถุที่แม่นยำประกอบกับความเหมาะสมกับงานในลักษณะนี้ จึงได้ใช้แขนกลตีสกล่าในงานวิจัยนี้ โดยแสดงดังรูปที่ 1



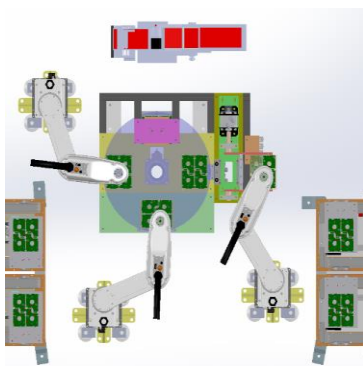
รูปที่ 1 แขนกลตีสกล่า (SCARA Robot) [5]

2.2 การหยิบจับชิ้นงานของแขนกล

ในการหยิบวางของแขนกลตีสกล่า นั้น จะมีลักษณะที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง มีลักษณะที่มีความรวดเร็ว และแม่นยำในการหยิบ และวางวัตถุ อีกทั้งยังทำงานควบคุมการทำงานที่ใช้การมองเห็นจากภาพเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้นและควบคุมการทำงานของแขนกลผ่านพีแอลซี (PLC) ในการเช็คสถานะและควบคุมการทำงานของแขนกล

ชิ้นงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาด 10 x 10 มิลลิเมตร ซึ่งถ้ามองด้วยสายตาสีจะรู้สึกว่าชิ้นงานมีขนาดเล็ก แต่ในมุมมองวิทัศน์ที่ใช้เลนส์ระยะโฟกัสที่ 8 มิลลิเมตรจะสามารถเห็นภาพของชิ้นงานได้ชัดเจน เพราะได้ทำการทดสอบเลนส์กล้องในขนาดที่แตกต่าง

กัน แล้วพบว่าขนาดเลนส์ระยะโฟกัสที่ 8 มิลลิเมตร สามารถให้ความละเอียดในระยะที่ติดตั้งกล้องถึงวัตถุ มีความคมชัดและเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด



รูปที่ 2 รูปแบบของแขนกล
ในการทำงานที่ใช้โปรแกรมออกแบบ

จากรูปที่ 2 แสดงรูปแบบของหุ่นยนต์ในการทำงานและลักษณะของจุดที่หยิบและวางของเครื่องนั้น โดยแขนกลจะไปหยิบตัวฟองน้ำที่เป็นสีแดง และจะนำไปวางลงตรงกลางของจุดสี่เหลี่ยมบนแผ่นอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3 รูปแบบของแขนกลในการทำงานที่จริง

จากรูปที่ 3 แสดงรูปแบบของแขนกลทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานในการหยิบวางฟองน้ำลงบนชิปของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB)

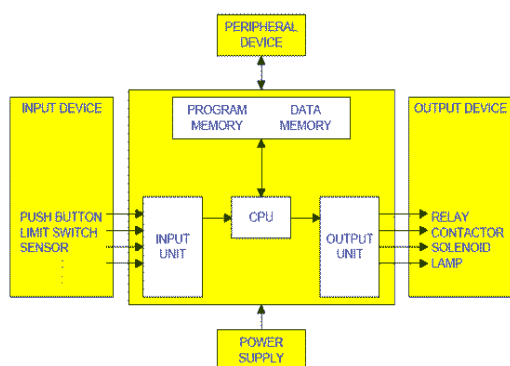


รูปที่ 4 รูปแบบของแขนกล
ในการหยิบฟองน้ำจากฟิดเดอร์

จากรูปที่ 4 แสดงรูปแบบของแขนกลในการทำงานและลักษณะจุดขึ้นงาน เพื่อนำไปวิเคราะห์ภาพเพื่อที่จะนำไปติดตั้งบนชิปของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการประกอบฮาร์ดดิสก์[4], [7]

2.3 การควบคุมหุ่นยนต์ผ่านโปรแกรมพีแอลซี[8-9]

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมพีแอลซีในการสั่งการหุ่นยนต์ให้ทำงานร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งเป็นตัวลำเลียงแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ทำงานตามการผลิตที่วางแผนไว้ได้อย่างถูกต้องโดยจะทำการอินเตอร์เฟสระหว่างโปรแกรมพีแอลซี สไลเดอร์คอนเวเยอร์เข้ากับพีแอลซี ที่ควบคุมหุ่นยนต์เพื่อรับสัญญาณอินพุตจากสไลเดอร์คอนเวเยอร์ เพื่อลำเลียงแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มายังจิกใส่แผ่น โดยจะทำการหมุนโดยเซอร์โวมอเตอร์ และให้พีแอลซี รับสัญญาณอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเช็คสถานะของอุปกรณ์ประกอบการสั่งการแขนกลว่าถ้าสถานะขณะนี้อุปกรณ์ทำการควัดอยู่ จะสั่งการหุ่นยนต์ให้ทำขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 5 โครงสร้างของพีแอลซี (PLC)[10]

จากรูปที่ 5 จะเป็นส่วนโครงสร้าง ของพีแอลซี โดยส่วนโครงสร้างจะมี 5 องค์ ประกอบหลัก ๆ คือ

1. ตัวประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของพีแอลซี ภายในจะประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดใช้แทนอุปกรณ์พวก รีเลย์ เคานเตอร์/ไทมเมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้โปรแกรม (Ladder Diagram)

2. หน่วยความจำ (Memory Unit) ทำหน้าที่เก็บรักษา โปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของ หน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูลภายใน หน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันไปแต่คำสั่ง

3. หน่วยอินพุต – เอาต์พุต (Input-Output Unit) หน่วย อินพุตทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้ว แปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่ง สัญญาณให้หน่วยประมวลผล หน่วยเอาต์พุตทำหน้าที่ รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุม อุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ ควบคุมมอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทำหน้าที่จ่ายพลังงาน และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับหน่วย ประมวลผล (CPU Unit) หน่วยความจำและ หน่วย อินพุต/เอาต์พุต

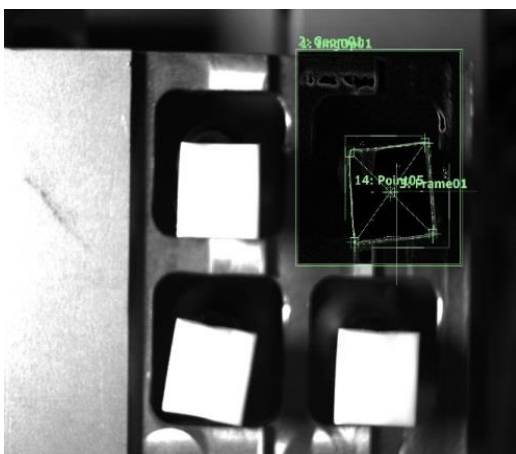
5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- อุปกรณ์ป้อนโปรแกรม (Programming Console)
- หน้าจอทัชสกรีน (Human Machine Interface)
- คอมพิวเตอร์ (Computer)

2.4 เทคโนโลยีการมองเห็นของเครื่องจักร

กระบวนการวิเคราะห์ภาพและนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจการทำงานของ เครื่องจักร เป็นกระบวนการ โดยรวมที่ใช้เรียกการมองเห็นของเครื่องจักร (Machine Vision) ซึ่งแนวคิดในการมองเห็นภาพได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องมีวิธีการและเทคโนโลยีหลายรูปแบบ ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กับการมองเห็นของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือการตรวจจับขอบภาพ (Edge Detection) [5], [11]

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณบน สัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง ภาพวิดีโอ และยังรวมถึง สัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย ในหลายปีที่ผ่านมา การประมวลผลภาพนั้น จะอยู่ในรูปของการประมวลผล สัญญาณแอนะล็อก โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง ซึ่งวิธี เหล่านี้ในปัจจุบันยังมีการใช้อยู่ และได้มีการประยุกต์ใช้ งานบางอย่างได้แก่ งานโอโลกราฟี แต่เนื่องจากมี ประสิทธิภาพมากขึ้น การประมวลผลดิจิทัลจึงได้รับความนิยมมากกว่า เพราะการประมวลผลภาพที่ทำได้ ซับซ้อนขึ้นแม่นยำ และง่ายในการลงมือปฏิบัติ ในส่วน ของงานวิจัยนี้ได้ใช้การประมวลผลภาพแบบการหา ขอบภาพ (Edge Detection) เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุในภาพจะทำให้ทราบจุด กึ่งกลางของวัตถุ และเมื่อทราบจุดกึ่งกลางของวัตถุ ใน ตัวของโปรแกรมจะคำนวณตำแหน่งจุดกึ่งกลางของวัตถุ จากตำแหน่ง (Pixel) ในแนวระนาบ X และ Y แปลงเป็น ตำแหน่ง (mm) ในแนว X และ Y ของตัวหุ่นยนต์ [5], [12]



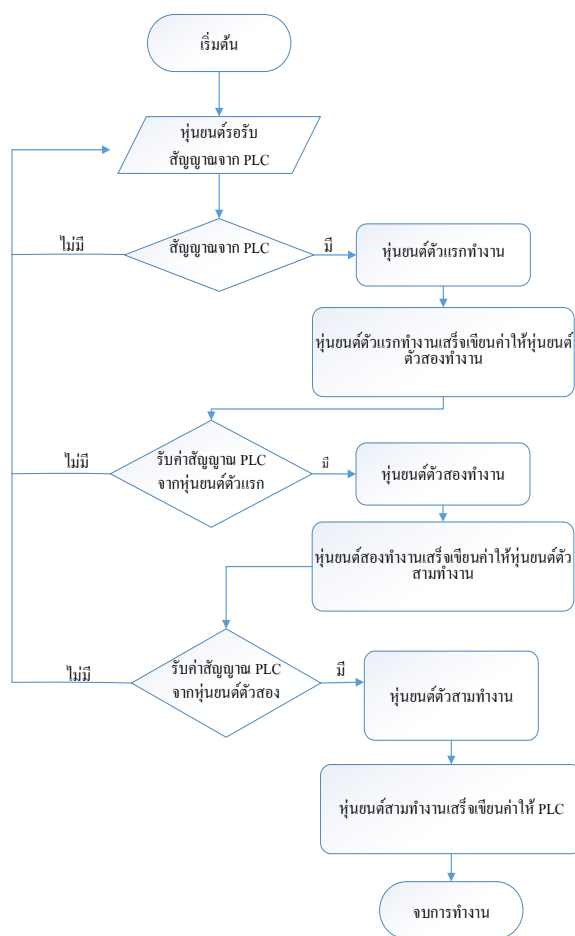
รูปที่ 6 ตัวอย่างในการตรวจจับขอบภาพแบบ

2.5 ระบบการทำงานของหุ่นยนต์

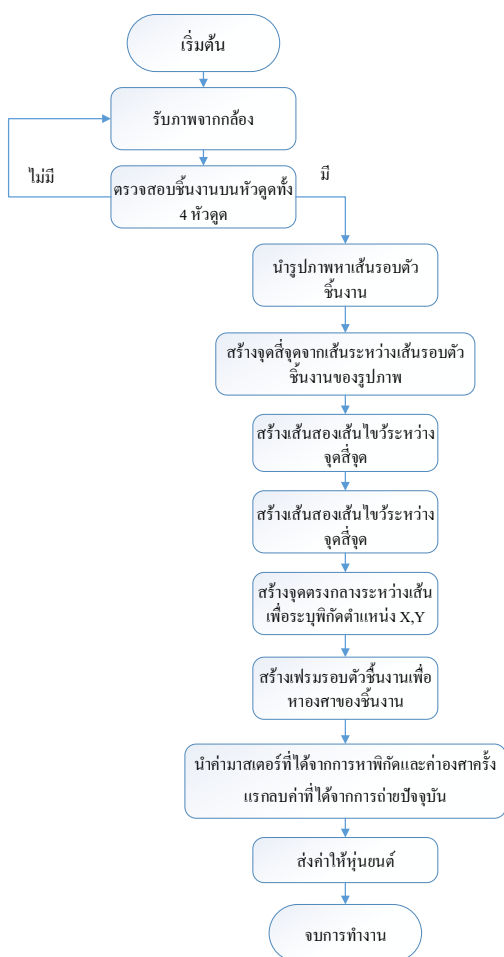
ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์ แสดงได้ดังรูปที่ 7 การทำงานของแขนกลทั้ง 3 ทำงานร่วมกันระหว่างแขนกลกับพีแอลซี โดยแขนกลแต่ละแขนจะทำการอ่านสถานะในพีแอลซีเพื่อทำงานตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้

2.6 ระบบการทำงานของกล้อง

ขั้นตอนการทำงานของกล้องแสดงได้ดังรูปที่ 8 การทำงานของกล้องร่วมกับแขนกล จะเริ่มจากกล้องรับสัญญาณภาพ เมื่อรับสัญญาณภาพมาแล้วจะทำการหาชิ้นงานบนหัวดูดจากภาพ เมื่อทำการหาชิ้นงานเจอทางโปรแกรมวิทัศน์ จะทำการหาเส้นรอบตัวชิ้นงานเพื่อหาจุดตัดในการระบุพิกัดตำแหน่งแกนเอ็กซ์ (x axis) และ แกนวาย (y axis) จากนั้นทำการสร้างเฟรมตัวจับชิ้นงานเพื่อหาความเอียงของชิ้นงาน(องศา) แล้วนำค่ามาสเตอร์ที่ได้จากการหาพิกัดและค่าองศาในครั้งแรกมาลบค่าที่ได้จากการหาพิกัดในปัจจุบันหลังจากนั้นส่งค่าที่ได้จากการลบค่าให้แขนกลติดอุปกรณ์



รูปที่ 7 ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์



รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของกล้องร่วมกับหุ่นยนต์

3. การทดสอบและวิเคราะห์ผล

ในการทดสอบจากงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดสอบทั้งหมดเป็น 5 ชุด ชุดละ 20 ครั้งของแต่ละหัวดูด โดยอุปกรณ์การดูดวัตถุบนหัวกับเปอร์ของหุ่นยนต์มีทั้งหมด 4 หัวดูด โดยจะเก็บค่า x , y , u ที่ได้จากการถ่ายในแต่ละหัวดูด เก็บค่าชดเชยที่ได้จากการนำค่ามาสเตอร์ที่ถ่ายได้ในครั้งแรกแล้วนำมาลบกับค่าที่ถ่ายได้ของแต่ละครั้งในทุกๆ ครั้งและนำค่าที่ได้จากการหาค่าชดเชยมารวมกับค่าเป้าหมายที่จะนำวัสดุไปวางในแต่ละ

ตำแหน่งของแต่ละหัวดูด เพื่อที่จะได้ค่าที่ต้องนำวัสดุ นั้นไปวางในจุดที่วางวัสดุอย่างถูกต้อง

3.1 ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 1 จะแสดงค่ามาสเตอร์ที่ได้จากการถ่ายจากกล้องของแต่ละหัวดูดในครั้งแรกเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบในการชดเชยค่า เพื่อที่จะได้นำวัสดุไปวางยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

โดยที่

x คือ ค่าตำแหน่งของวัตถุในแนวแกนเอ็กซ์ (mm.)

y คือ ค่าตำแหน่งของวัตถุในแนวแกนวาย (mm.)

u คือ ค่าตำแหน่งมุมของวัตถุมีหน่วยเป็นองศา

ตารางที่ 2 จะแสดงค่าในการถ่ายเฉลี่ยของในแต่ละรอบจากจำนวนการหยิบวัสดุในแต่ละหัวดูด หัวดูดละ 20 รอบการทดลอง ในแต่ละรอบของการดูดวัสดุนั้นเป็นการ ดูวัสดุในตำแหน่งที่ต่างกันทุกครั้งและเมื่อแต่ละหัวดูด ได้ดูดวัสดุของแต่ละหัวจนครบ 20 รอบได้ทำการเปลี่ยนชุดวัสดุใหม่ทุกรอบจนครบทั้งหมด 5 รอบรวมแล้วจะได้ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 2

และจากตารางที่ 3 ค่าชดเชยของ x , y , u ในแต่ละครั้งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ค่าชดเชย} = \text{ค่ามาสเตอร์} - \text{ค่าที่ถ่ายปัจจุบัน} \quad (1)$$

จากตารางที่ 4 เป็นค่ามาสเตอร์ที่ใช้ในการอ้างอิงในตำแหน่งของจุดวาง โดยยังไม่ได้รวมค่าชดเชย

จากตารางที่ 5 เป็นการค่าเฉลี่ยรวมที่ได้จากการวางในแต่ละรอบ รอบละ 20 ครั้งจำนวน 5 รอบ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ตำแหน่งวาง} = \text{ค่ามาสเตอร์เป้าหมาย} + \text{ค่าชดเชย} \quad (2)$$

ตารางที่ 1 ตารางค่ามาตรฐานที่ได้จากการถ่ายครั้งแรก

ค่ามาตรฐานที่ถ่ายครั้งแรกหัวคูดที่ 1			ค่ามาตรฐานที่ถ่ายครั้งแรกหัวคูดที่ 2		
x	y	u	x	y	u
-247.54201	173.0878	101.115	-246.5204	153.5028	99.355
ค่ามาตรฐานที่ถ่ายครั้งแรกหัวคูดที่ 3			ค่ามาตรฐานที่ถ่ายครั้งแรกหัวคูดที่ 4		
x	y	u	x	y	u
-264.96	151.7565	90.337	-265.29219	172.9602	89.47798

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยรวมของการถ่ายได้ในแต่ละรอบ

ค่าเฉลี่ย	ตำแหน่งที่ถ่ายหัวคูดที่ 1			ตำแหน่งที่ถ่ายหัวคูดที่ 2		
	x	y	u	x	y	u
1	-249.2555	175.7101	90.7228	-248.5844	153.456	99.3551
2	-248.7369	174.7834	95.7913	-245.8095	153.2083	105.5173
3	-249.5206	174.53975	99.2785	-246.1486	152.8189	110.2642
4	-248.4693	174.8687	101.988	-247.7902	153.09	100.4776
5	-248.9224	174.6308	97.4787	-247.5836	153.4218	101.2137
ค่าเฉลี่ย	ตำแหน่งที่ถ่ายหัวคูดที่ 3			ตำแหน่งที่ถ่ายหัวคูดที่ 4		
	x	y	u	x	y	u
1	-268.4332	151.9068	98.6453	-269.0144	172.872	91.8497
2	-268.9667	151.3395	90.1033	-268.7493	173.0852	87.7516
3	-265.9509	150.0745	95.4106	-267.0287	172.1897	95.7233
4	-269.4187	151.1055	89.1626	-268.4659	173.2976	95.3173
5	-269.251	151.2517	91.8429	-268.3259	172.262	91.0159

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยขดเชยของหัวคูคในแต่ละรอบของการทดลอง

ค่าเฉลี่ย	ค่าชดเชยหัวคูคที่ 1			ค่าชดเชยหัวคูคที่ 2		
	x	y	u	x	y	u
1	1.71346	-2.622	10.3922	2.0643	0.0472	-0.003
2	1.1949	-1.6955	5.3236	-0.7105	0.2947	-6.1623
3	1.9786	-1.4517	1.8364	-0.3713	0.684	-10.9091
4	0.9272	-1.7806	-0.873	1.2702	0.4129	-1.1227
5	1.3803	-1.5428	3.6362	1.0636	0.0812	-1.8588
ค่าเฉลี่ย	ค่าชดเชยหัวคูคที่ 3			ค่าชดเชยหัวคูคที่ 4		
	x	y	u	x	y	u
1	3.4732	-0.1498	-8.3081	3.7224	0.088	-2.3717
2	4.0066	0.4176	0.2336	3.4572	-0.12529	1.72639
3	0.99096	1.6826	-5.1407	1.7367	0.7703	-6.24536
4	4.4586	0.6516	1.1743	3.17388	-0.33762	-5.8393
5	4.2909	0.5053	-1.5059	3.0339	0.6979	-1.5379

ตารางที่ 4 ตารางค่ามาตรฐานเป้าหมายในการวาง

ค่ามาตรฐานเป้าหมายหัวคูคที่ 1			ค่ามาตรฐานเป้าหมายหัวคูคที่ 2		
X	y	u	x	y	u
404.841	419.268	-181.646	402.525	358.63	-177.735
ค่ามาตรฐานเป้าหมายหัวคูคที่ 3			ค่ามาตรฐานเป้าหมายหัวคูคที่ 4		
X	y	u	x	y	u
297.508	356.417	-180.751	297.436	417.098	-180.421

ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวางของแต่ละหัวดูด

ค่าเฉลี่ย	ตำแหน่งวางหัวดูดที่ 1			ตำแหน่งวางหัวดูดที่ 2		
	x	y	u	x	y	u
1	406.5544	416.6459	-171.2538	404.5895	358.6772	-177.7351
2	406.0359	417.5725	-176.3224	401.8144	358.9246	-183.8974
3	406.8196	417.8163	-179.8094	402.1536	359.31405	-188.6442
4	405.7683	417.4872	-182.5905	403.7953	359.04295	-178.8577
5	406.2214	417.7252	-178.0097	403.5886	358.7112	-179.594
ค่าเฉลี่ย	ตำแหน่งวางหัวดูดที่ 3			ตำแหน่งวางหัวดูดที่ 4		
	x	y	u	x	y	u
1	300.9821	356.2471	-189.0592	301.1584	417.1869	-182.7937
2	301.5157	356.8145	-180.5174	300.8933	416.9738	-178.6957
3	298.5	358.0795	-185.8247	299.1728	417.8693	-186.6674
4	301.9677	357.0486	-179.5766	300.6098	416.7614	-186.2613
5	301.8	356.9023	-182.2569	300.47	417.7969	-181.9599

ตารางที่ 6 ตารางแสดงตำแหน่งวางวัตถุครั้งแรก

ค่ามาตรฐานวางวัตถุครั้งแรกหัวดูดที่ 1			ค่ามาตรฐานวางวัตถุครั้งแรกหัวดูดที่ 2		
X	y	u	x	y	u
406.372	416.253	-172.148	404.294	358.841	-177.852
ค่ามาตรฐานวางวัตถุครั้งแรกหัวดูดที่ 3			ค่ามาตรฐานวางวัตถุครั้งแรกหัวดูดที่ 4		
X	y	u	x	y	u
300.614	356.509	-191.377	301.782	417.839	-184.637

ตารางที่ 7 ตารางแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแต่ละหัวจุด

รอบที่	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหัวจุดที่ 1			ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหัวจุดที่ 2		
	x	y	u	x	y	u
1	0.0449	0.09438	0.51932	0.07309	0.04561	0.065785
2	0.0827	0.317	2.4246	0.61331	0.02332	3.3988
3	0.1101	0.3755	4.4502	0.5294	0.13184	6.0679
4	0.1485	0.2965	6.06629	0.1233	0.05629	0.5656
5	0.037	0.35367	3.4052	0.17447	0.0361	0.97946
ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหัวจุดที่ 3			ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหัวจุดที่ 4		
	x	y	u	x	y	u
1	0.12248	0.07343	1.2112	0.20663	0.156	0.99817
2	0.29995	0.08569	5.6746	0.29448	0.207	3.21766
3	0.70322	0.440521	2.9125	0.86459	0.00725	1.09945
4	0.4503	0.15135	6.16584	0.38839	0.2578	0.87956
5	0.39455	0.11031	4.76546	0.43475	0.01	1.4498

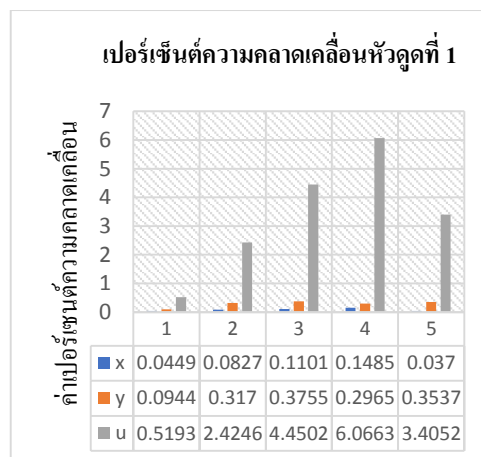
การหาค่าความคลาดเคลื่อนสามารถหาได้จากสมการ

$$\text{Error} = \left\{ \left| \frac{X_{\text{mea}} - X_t}{X_t} \right| \right\} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ X_t คือ ค่าจริง

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด

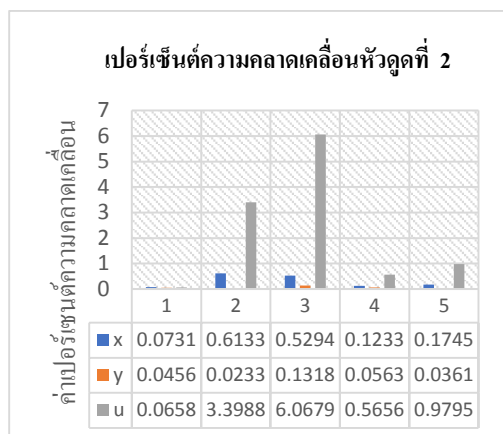
จากกราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบในแต่ละรอบของการทดลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนจากจุดวางมาตรฐาน ของแต่ละหัวจุด โดยสีน้ำเงินแสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนของแกน x สีส้มแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแกน y และสีเทาแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแกน u



รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของหัวจุดที่ 1

จากรูปที่ 9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของหัวจุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีความคลาดเคลื่อนรองลงมา และในแนวแกน u หรือจุดหมุน(องศา) มี

ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะเห็นได้ว่าการทดลองรอบที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในการทดลองที่ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด

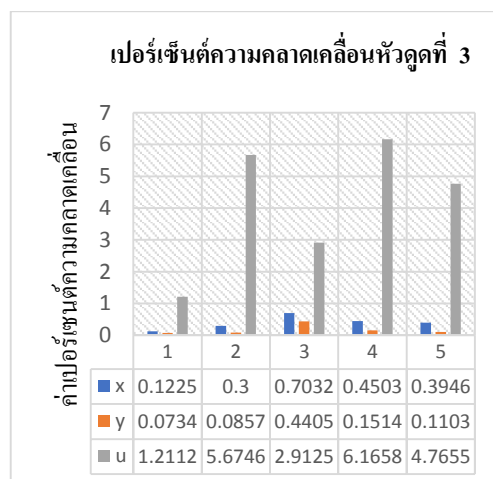


รูปที่ 10 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของหัวดูดที่ 2

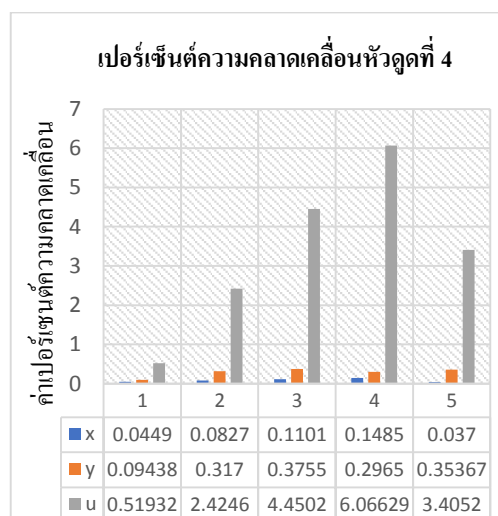
จากรูปที่ 10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของหัวดูดที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีความคลาดเคลื่อนรองลงมา และในแนวแกน u หรือจุดหมุน(องศา) มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะเห็นได้ว่าการทดลองรอบที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในการทดลองที่ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด

จากรูปที่ 11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของหัวดูดที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีความคลาดเคลื่อนรองลงมา และในแนวแกน u หรือจุดหมุน(องศา) มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะเห็นได้ว่าการทดลองรอบ

ที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในการทดลองที่ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด



รูปที่ 11 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของหัวดูดที่ 3



รูปที่ 12 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของหัวดูดที่ 4

จากรูปที่ 12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของหัวดูดที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน y มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ค่าความคลาดเคลื่อนในแนวแกน x มีความคลาดเคลื่อนรองลงมา และในแนวแกน u หรือจุดหมุน(องศา) มี

ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะเห็นได้ว่าการทดลองรอบที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในการทดลองที่ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจมีผลมาจากการปิดชิ้นงานให้หุ่นยนต์หยิบจับ แสงไฟ การโค้งงอของวัสดุที่หุ่นยนต์หยิบจับ ขนาดของหัวดูด และขนาดของวัสดุ โดยผู้วิจัยได้วางแผนสำหรับพัฒนางานวิจัยต่อไป

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำหุ่นยนต์ที่มาใช้ในงานร่วมกับการทำงานโดยใช้กล้องร่วมในการทำงานเพื่อเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบในการทำงานเฉพาะงาน โดยได้ทดลองใช้แล้วบันทึกผลการทดลอง บันทึกค่าความคลาดเคลื่อน ทดสอบประสิทธิภาพและคุณภาพในการทำงาน ซึ่งทำให้ทราบถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดของตัวหุ่นยนต์ เวลาที่ได้จากการทำงานคุณภาพของฟีดเดอร์ในการปิดชิ้นงานให้หุ่นยนต์หยิบจับ แสงไฟ การโค้งงอของวัสดุที่หุ่นยนต์หยิบจับและอีกหลายๆ ปัจจัยทำให้การอ่านค่าจากกล้องซึ่งมีผลโดยตรงและเป็นสาเหตุที่ทำให้กล้องอ่านค่ามาเพื่อชดเชยไปยังจุดวางไม่เท่ากัน ผลจากการเปรียบเทียบกับการทำงานแบบเดิม โดยทำเครื่องหมายติดลงไปที่เป็นหมยพบว่าตัวหุ่นยนต์สามารถทำงานได้แม่นยำกว่า และยังสามารถทำงานต่อเนื่อง ซึ่งเป็นจุดคุ้มทุนในการทำงานในระยะยาว และสามารถเพิ่มจำนวนการผลิตได้ตามต้องการได้ในเวลาที่กำหนดและจำนวนการผลิตค่อนข้างคงที่

สำหรับแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อสามารถทำได้โดยทำการทดสอบความละเอียดของกล้องที่ความละเอียดต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบการมองเห็นอัตโนมัติโดยนำค่าความ

ละเอียดกล้องในพิกเซลที่แตกต่างกันมาทดสอบเปรียบเทียบว่าส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด รวมถึงการเลือกใช้วัสดุที่ไม่อ่อนหรือโค้งงอจนเกินไป การสร้างหัวดูดจับที่มีความพอดีกับตัวของวัสดุ หรือมีความเหมาะสมในการดูดวัสดุ ก็จะทำให้มีข้อมูลอ้างอิงจำนวนมากขึ้น มีกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของการวางชิ้นงานในอนาคตได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท แคล-คอมพีโอเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนข้อมูลวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] T.Q. Chen, Y.L. Murphey, J.X. Zhang, and Y.N. Zhou, A Smart Machine Vision System for PCB Inspection, IEA/AIE, 2001.
- [2] N. Prommarak and K. Chamniprasart, "Damage Screw Inspection Computer Vision Prototype Machine," Proceeding of International Conference on Data Storage Technology (DSTCON), Vol. 1, pp. 1-6, 2010.
- [3] H. Guo-Shing, L. Hsiung-Cheng and C. Po-Cheng, "Robotic arm grasping and placing using edge visual detection system," Proceeding of 8th Asian Control Conference (ASCC), Vol. 2, pp. 960-964, 2011.
- [4] J. Varagul, and K. Chamniprasart, "Development of automated visual inspection machine for HDD manufacturing process,"

- Proceeding of International Conference on Data Storage Technology (DSTCON), Vol. 1, pp. 26-31, 2010.
- [5] P. Nerakae, P. Uangpairaj and K. Chamniprasart, "Prototyping of flexible manufacturing system with machine vision," ESIT: 2016, pp. 113-117, 2016.
- [6] S. K. Sahoo and B.B. Choudhury, "A robotic assistance machine vision technique for an effective inspection and analysis," Proceeding of International Conference on Data Storage Technology (DSTCON), Vol. 1, pp. 1-6, 2010.
- [7] N. Kulkana, Manual Auto Sponge Robotic and Calibration Automation, Calcom Electronics Co. Ltd., pp. 42-68, 2019.
- [8] N. Nakazawa, I.H. Kim, H. Inooka and R. Ikeura, "Force control of a robot hand emulating human's grasping motion," IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 10, pp. 774-779, 1999.
- [9] E. Ottaviano, M. Toti and M. Ceccarelli, "Grasp force control in two-finger grippers with pneumatic actuation," IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 10, pp. 1976-1981, 2000.
- [10] "Construction of PLC" [Online]. Available: <http://www.star-circuit.com/article/PLC.html>.
- [11] S.M. Kim, S.C. Lee and Y.C. Lee, System for SMT Assembly Vision Based Automatic, Inspection System for Computers & Industrial Engineering 40, pp.175-190, 2006.
- [12] B. V. Adorno, P. Fraisse, and S. Druon, "Dual position control strategies using the cooperative dual task-space framework," Proceeding of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 3955-3960, 2010.

ประวัติผู้ประพันธ์



บุญเลิศ สือเคย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้อำนวยการ
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า



ณพงษ์ กุลคณา

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง วิศวกร
ไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ



มณฑล สีสัจจินดาไกรฤกษ์

จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรดุษฎี
บัณฑิต (D. Eng.)
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยโตโก ประเทศญี่ปุ่น