

การพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติสำหรับ กระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Development of Automatic Vision Gripper for Electronic Circuit Board Production

บุญเลิศ สือเฉย^{1*}, อิศราพร มีทอง^{1*} และ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์²
Boonlert Suechoey^{1*}, Itsaraporn Meethong^{1*} and Monthon Leelajindakraierk²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : boonlerts@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 มีนาคม 2563 / วันที่แก้ไขบทความ: 20 มิถุนายน 2563 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 23 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์และการประเมินผลการทำงานของแขนกลจับชิ้นงานร่วมกับการทำงานเชิงการมองเห็นอัตโนมัติของวิทัศน์ (Vision) เพื่อใช้ในการหยิบชิ้นงานได้อย่างแม่นยำและลดความเสียหายของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากแขนกลหยิบชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง ซึ่งเป็นการหยิบชิ้นงานที่มีความร้อนสูงจากกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยชิ้นงานดังกล่าวจะทำหน้าที่คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม ก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้ตะกั่วบนแผ่นอิเล็กทรอนิกส์แข็งตัว จากผลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแขนกลที่พัฒนาขึ้น สามารถหยิบชิ้นงานขนาด 1.5x18 ซม. ใช้กล้องเลนส์โฟกัส 50 มม. ความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ได้อย่างแม่นยำ มีค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสูงสุด 0.11 % ผลจากการประเมินวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง สำหรับการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานที่ทำงานได้อย่างมีคุณภาพมากขึ้นในครั้งต่อไป ทำให้ผู้ออกแบบสามารถค้นหาจุดบกพร่องในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุชนิดในการผลิต อันจะทำให้แขนกลที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดความเสียหายของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากการจับชิ้นงาน เพิ่มผลผลิต และลดเวลาในการทำงานได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ และยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : แขนกล 6 แกน, กล้อง, ความคลาดเคลื่อน

Abstract: This research presents an analysis and evaluation of the manipulator arm together with the automatic vision operation of vision for using in precise picking of work

pieces and reducing the sheet damage. Electronic circuit board caused by the robot arm picking the workpiece in the wrong position which is the picking of the work that has high temperature from the electronic circuit board production process. The work piece will lock the electronic device to prevent it from moving to its original position. Before entering the process of solidifying the lead on the electronic board, from the accuracy test of the workpiece pick the developed robot arm that is able to pick up the work piece of 1.5x18 cm, use the 50 mm lens camera, 5 megapixel resolution, precisely the maximum error is 0.11%. The result of evaluating and analyzing various information and the test results will be used as a reference for the design of the robot arm to hold the work piece with better quality. This allows designers to find the design faults and use raw materials for production. This will make the robot arms, analyzed and designed to be more efficient, can reduce the damage of electronic boards caused by the workpiece grips, increase productivity and reduce working time as targeted. In addition, the result can also be used in the design of a robotic arm to capture automated workpieces for future electronic board production processes.

Keywords: Articulate, Camera, Discrepancy

1. บทนำ

หุ่นยนต์นับเป็นกลไกสำคัญของกระบวนการผลิตด้านอุตสาหกรรม ระบบการผลิตที่มีความเสถียรภาพและคุณภาพสูงจะมีผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและมีต้นทุนต่ำ การใช้หุ่นยนต์ในรูปแบบของแขนกลจับชิ้นงาน ที่ถูกออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ในบางครั้งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับชิ้นงานที่ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งเดิมจากต้นทางหรือชิ้นงานที่มีโอกาสเคลื่อนที่ตลอดเวลาจะทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายอยู่เสมอ[1-2] ดังนั้นถ้าผู้ผลิตสามารถออกแบบและผลิตแขนกลจับชิ้นงานที่เคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมได้อย่างแม่นยำตามมาตรฐานที่กำหนดจะทำให้ปัญหาชิ้นงานเกิดความเสียหายจากแขนกลลดน้อยลง และสามารถช่วยให้ระบบกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีเสถียรภาพ[3] ลดต้นทุนจากแรงงานมนุษย์ เพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพได้ตามเป้าหมายที่กำหนดมากขึ้น

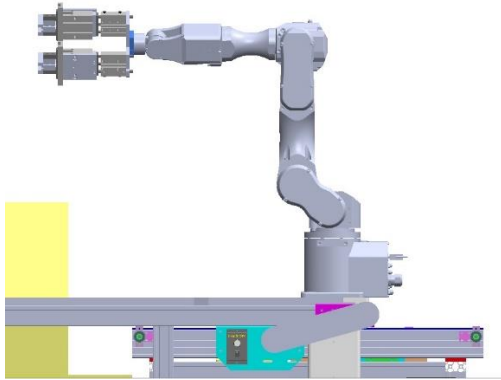
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการนำผลจากการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานและผลจากการทดสอบจริง

มาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างการทำงานของแขนกลด้วยกลไกตัวเอง กับแขนกลที่ทำงานร่วมกับระบบวิทัศน์ (Vison) เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นแนวทางและอ้างอิงในการใช้งานแขนกลแก้ไขพัฒนาการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นไปตามข้อกำหนดของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2. ทฤษฎี

2.1 แขนกล 6 แกน (Articulate)[4-5]

เนื่องจากพื้นที่ทำงานจริงเป็นพื้นที่แคบทำให้การเคลื่อนที่ของแขนกลค่อนข้างยากจึงต้องเลือกแขนกลที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ มีองศาในการเคลื่อนที่เยอะพอสมควร ในการพัฒนาแขนกลหยิบชิ้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แขนกล 6 แกน (Articulate) เป็นแขนกลที่มีจุดต่อทำงานคล้ายแขนของมนุษย์เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ สามารถทำงานในพื้นที่แคบได้ดี และรับน้ำหนักของชิ้นงานได้ 3-4 กิโลกรัม ซึ่งเหมาะสมที่สุดกับงานวิจัยในครั้งนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 แบบแขนกล 6 แกนที่ใช้ในการทำวิจัย

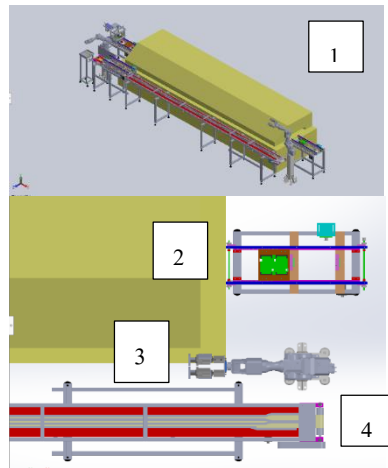


รูปที่ 2 แขนกล 6 แกนที่ใช้งานจริง

2.2 การประยุกต์ใช้งานแขนกลในการหยิบจับชิ้นงาน (Pick & Place)

การหยิบจับชิ้นงานจากที่หนึ่งไปวางอีกที่หนึ่ง ซึ่งการใช้แขนกลนี้จะสามารถเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้ตามตำแหน่งที่ต้องการอย่างแม่นยำและสามารถทำงานด้วยความเร็วสูงและคงที่ โดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Control; PLC) และ โปรแกรมหุ่นยนต์ในการควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ระบบการทำงานของแขนกลที่นำมาประยุกต์ใช้งานในวิจัยนี้คือ แขนกลจะหยิบจับชิ้นงาน 2

ชิ้นที่วางบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) โดยชิ้นงานดังกล่าวจะถูกวางมาแล้วจากแกนกลด้านหน้าแล้วลำเลียงโดยสายพานลำเลียงผ่านเตาที่มีอุณหภูมิความร้อนสูงเพื่อให้ตะกั่วบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์แข็งตัว เมื่อแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่มาถึงแกนกลหยิบจับ แขนกลจะทำการหยิบชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้นไปวางบนสายพานลำเลียงชิ้นงานกลับไปด้านหลัง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบระบบการทำงานของแขนกล

จากรูปที่ 3 ภาพหมายเลข 1 จะเป็นกระบวนการผลิตแผ่นอิเล็กทรอนิกส์โดยรวม เป็นจุดที่ได้ผลิตแขนกลเข้าไปแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนภาพหมายเลข 2, 3, 4 จะเป็นภาพจากแบบด้านบน ซึ่งในแบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือ ชิ้นงานในรูปหมายเลข 2 เป็นส่วนของสายพานลำเลียงลำเลียงชิ้นงานจากด้านหน้า ส่วนที่สองคือ ชิ้นงานในรูปหมายเลข 3 เป็นส่วนของแขนกลหยิบจับชิ้นงาน และส่วนที่สาม ชิ้นงานหมายเลข 4 คือ สายพานลำเลียงชิ้นงานกลับไปด้านหลัง เป็นสายพานลำเลียงลำเลียงชิ้นงานที่แขนกลหยิบ กลับไปยังกระบวนการทำงานด้านหน้าเพื่อใช้กับแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

2.3 การระบุตำแหน่งของแขนกล

ใช้ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate system) เป็นระบบที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดแต่ละจุดบนระนาบโดยอ้างอิงถึงตัวเลข 2 จำนวน ซึ่งแต่ละจำนวนเรียกว่า พิกัด X และ พิกัด Y ของจุดนั้น กำหนดพิกัดของจุดจะต้องมีเส้นแกนสองเส้นตัดกันเป็นมุมฉากที่จุดกำเนิด ได้แก่ แกน X และ แกน Y ซึ่งเส้นแกนดังกล่าวจะมีหน่วยบอกความยาวเป็นระยะทาง ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนยังสามารถใช้ได้ ในปริภูมิสามมิติ (ซึ่งจะมี แกน Z และ พิกัด Z เพิ่มเข้ามา) ในส่วนนี้ถ้าเป็นระบบปกติไม่ใช้วิทัศน์ร่วมจะสามารถระบุตำแหน่งให้แขนกลด้วยการป้อนค่าโดยตรง แต่งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิทัศน์ในการมองเห็นของแขนกล การส่งค่าตำแหน่งของชิ้นงานจะเป็นหน้าที่ของวิทัศน์ แขนกลจะทำหน้าที่ในการรับค่าและทำงานตามค่าพิกัดที่ได้รับมา ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการหยิบชิ้นงานของแขนกล

จากรูปที่ 4 แสดงภาพในขณะที่แขนกลหยิบชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น บนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อไปวางบนสายพานลำเลียง โดยใช้กล้องในการหาพิกัดตำแหน่งชิ้นงาน แล้วส่งค่าตำแหน่งที่กล้องมองเห็นให้กับแขนกลเพื่อไปหยิบชิ้นงานนั้น

2.4 การควบคุมด้วยพีแอลซี (PLC)

ในงานวิจัยนี้จะใช้พีแอลซี(PLC) ในการควบคุมแขนกลให้ทำงานร่วมกับระบบลำเลียงแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ทำงานตามกระบวนการการผลิตได้อย่างถูกต้อง โดยจะให้พีแอลซีรับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ต่อกับช่องรับสัญญาณ (Input Terminals) ของพีแอลซี สัญญาณที่พีแอลซีรับจะมี 2 แบบ คือ สัญญาณดิจิทัลและสัญญาณอนาล็อก สัญญาณดิจิทัลก็คือสัญญาณที่มีการเปิด-ปิด ในการรับสัญญาณความถี่สูง รีเลย์รับสัญญาณของ พีแอลซี จะต้องมีความไวในการตอบสนองให้ทันกับสัญญาณด้วย โดยผู้ผลิตได้ออกแบบให้รีเลย์รับสัญญาณมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้รับความถี่ต่ำ และแบบที่ใช้รับความถี่สูง สำหรับสัญญาณแบบอนาล็อกก็คือแรงดันกระแสไฟฟ้าซึ่งป้อนให้พีแอลซีโดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ เมื่อพีแอลซีได้รับสัญญาณแล้วก็นำสัญญาณนั้นไปแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัล และนำไปใช้ในโปรแกรม ส่วนผลลัพธ์โปรแกรมจะส่งมาที่ตัวส่งสัญญาณของพีแอลซี โดยตัวส่งสัญญาณของพีแอลซี แบบดิจิทัลจะจ่ายสัญญาณดิจิทัลเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ที่ต่อกับพีแอลซี ในส่วนตัวส่งสัญญาณของพีแอลซีแบบอนาล็อกก็จะจ่ายแรงดันกระแสไฟฟ้าออกมาได้ งานวิจัยนี้เลือกใช้พีแอลซี รุ่น PLC KV 5000 เพราะแขนกลรับสัญญาณจากพีแอลซีผ่าน Hostlink ส่วน FMI สื่อสารกับพีแอลซี ผ่าน (VTStudio) และ คอมพิวเตอร์ สื่อสารกับ พีแอลซีผ่านพีแอลซี รุ่น KVStudio KV 5000 จึงเหมาะสมที่สุดกับงานวิจัยนี้เพราะมีทุกฟังก์ชัน (Function) ที่ต้องใช้งานจึงไม่ต้องใช้โมดูลเสริมเพิ่มเติม ดังรูปที่ 5



ความเร็วการประมวลผล	ความจุโปรแกรม 260k
คำสั่ง LD/OUT : 10 ns	ระดับ
พอร์ต Ethernet/FL-net	พอร์ต USB
การ์ดหน่วยความจำ SD	ไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์
Simple PLC link	FTP
การสื่อสารผ่านหัวเสียบ	I/O หลายฟังก์ชัน

รูปที่ 5 คุณสมบัติของพีแอลซี รุ่น PLC KV 5000

2.5 การประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่องจักร

การใช้ระบบวิทัศน์ควบคุมแขนกลสำหรับการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อกล้องมองเห็นคอมพิวเตอร์ตรวจพบวัตถุในมุมมองกล้องจะค้นหาและตั้งค่าพิกัด x และ y ของวัตถุที่สัมพันธ์กับมุมซ้ายบนของภาพ - 0, 0 แขนกล ทำงานด้วยระบบพิกัดของตัวเองซึ่งมีตั้งต้นอยู่ที่จุด 0 ของตัวเองซึ่งมักจะไม่ตรงกับที่ใช้ระบบการมองเห็น เพื่อให้การสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์และแขนกลง่ายขึ้นและทำให้แขนกลดำเนินการได้อย่างถูกต้องระบบการมองเห็นจะเปลี่ยนพิกัดของแขนกลเนื่องจากความเป็นไปได้นี้จะแปลงข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของจุดสนใจในระบบอ้างอิงกล้องเป็นระบบพิกัดของอุปกรณ์ระบบการมองเห็น

นอกเหนือจากพิกัดตำแหน่ง x และ y แล้วระบบมักจะต้องบอกพิกัด rota theta 0 หรือมุมการหมุนของวัตถุเป้าหมาย การรวมพิกัด 0 ช่วยให้แขนกลสามารถกำหนดได้ว่าส่วนนี้อยู่ที่ใดและสามารถหยิบมันได้ เครื่องมือการมองเห็นสามารถรายงานตำแหน่งของวัตถุและวิธีการหมุนดังนั้นแขนกลสามารถปรับตัวเองได้อย่างเหมาะสมก่อนที่จะหยิบวัตถุและปฏิบัติงาน ในระบบวิทัศน์ งานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องเลนส์โฟกัส 50 มม. เพราะได้ทำการทดสอบว่าในระยะตำแหน่งกล้องถึงชิ้นงาน และขนาดชิ้นงานที่ใช้ในงานจริง เลนส์ระยะนี้ภาพจะออกมาชัดที่สุดเมื่อเทียบกับเลนส์ค่าโฟกัสอื่นๆ ดังรูปที่ 6



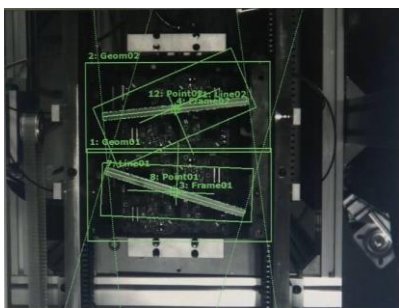
รูปที่ 6 กล้องที่ใช้ในการทำวิจัย

2.6 การตรวจจับขอบวัตถุ

การหาขอบภาพเป็นการหาขอบเขตของวัตถุภายในภาพซึ่งขอบเขตของวัตถุจะเป็นส่วนที่เด่นและมีความสำคัญมากที่สุดที่จะนำไปสู่การรู้จักวัตถุนั้นๆ โดยคอมพิวเตอร์จะเห็นได้ว่าการหาขอบภาพเป็นการหาจุดเด่นของวัตถุนั้นเอง ลักษณะที่เด่นของวัตถุที่เรามองเห็นโดยทั่วไปก็คือ ส่วนที่เป็นสันหรือส่วนที่เป็นขอบของวัตถุ เมื่อมีแสงมากระทบก็จะมีแสงสว่างมากกว่าส่วนอื่น โดยทั่วไปลักษณะของขอบภาพที่ดีจะต้องมีความบาง คือ จุดที่เป็นขอบภาพจะต้องมีความกว้างเพียงจุดเดียวเท่านั้น ลักษณะที่สองจะต้องมีความต่อเนื่อง โดยจุดของขอบภาพในวัตถุเดียวกันมีความต่อเนื่องกัน ถ้าจุดที่เป็นขอบภาพมีอยู่เพียงจุดเดียว โดย

ไม่ต่อเนื่องในย่านใกล้เคียงเลย อาจจะเป็นขอบภาพที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจจะเป็นสัญญาณรบกวนได้ ลักษณะที่สาม คือ ตำแหน่งของจุดที่เป็นขอบภาพควรมีความถูกต้องโดยขอบที่มีความถูกต้องนั้นจะต้องอยู่ในส่วนที่มีค่าความเข้มของจุดภาพที่สูงกว่า

การตรวจจับขอบของชิ้นงานมีหลักการทำงานโดยเมื่อระบบวิทัศน์ได้รับภาพเข้ามา ระบบจะหาชิ้นงานที่มีลักษณะเหมือนเฟรมภาพที่ได้ทำการป้อนข้อมูลไว้ในตอนตั้งค่า โปรแกรมและระบบกล้อง หลังจากนั้นจะหาจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้ายของชิ้นงานทั้ง 2 ชั้น เมื่อได้จุดนั้น วิทัศน์จะหาจุดกึ่งกลางขนาดความกว้างของชิ้นงานด้านบนและด้านล่าง และใช้จุดกึ่งกลางที่ได้ในการหาจุดกึ่งกลางอีกครั้ง เพื่อกำหนดขอบของชิ้นงานให้กึ่งกลางที่มากที่สุด แผลกลจะได้อธิบายชิ้นงานอย่างแม่นยำ ดังรูปที่ 7

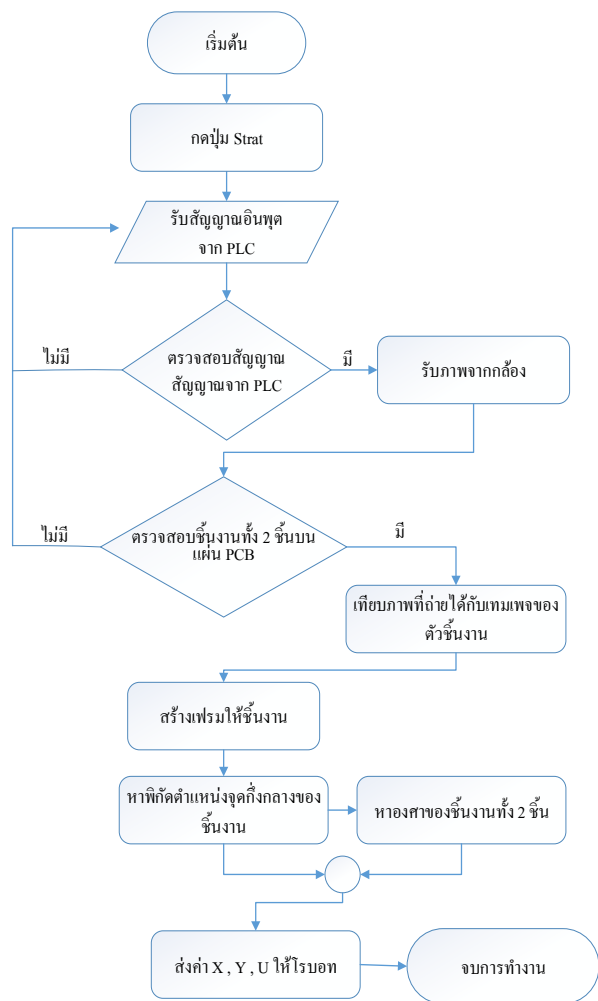


รูปที่ 7 การจับขอบของชิ้นงานในระบบวิทัศน์

จากรูปที่ 7 ระบบวิทัศน์สามารถจับขอบภาพของชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์เพราะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ ระยะตำแหน่งกล้องถึงชิ้นงาน 90 ซม. และขนาดชิ้นงานที่ใช้ในงานจริง 1.5 x18 ซม. ใช้ กล้องเลนส์โฟกัส 50 ซม. ความละเอียด 5 ล้านพิกเซลเหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ขนาดของวัตถุที่ใช้จึงไม่มีผลต่อระบบวิทัศน์ในการทดสอบนี้ แต่ถ้ามมีการเปลี่ยนระยะกล้องถึงวัตถุจะต้องทดสอบกล้อง

และขนาดเลนส์โฟกัสที่เหมาะสมในการใช้งานกับชิ้นงานนั้นอีกครั้ง

แขนกลหยิบชิ้นงานจะแบ่งการทำงานของ เป็น 2 ส่วน คือ การทำงานของระบบวิทัศน์ และการทำงานของแขนกลเอง ซึ่งหลักการการทำงานของระบบวิทัศน์จะอยู่ในรูปที่ 8 ส่วนการทำงานของแขนกลหยิบชิ้นงานทั้งเครื่อง โดยรวมจะเขียนอธิบายเป็นขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 10

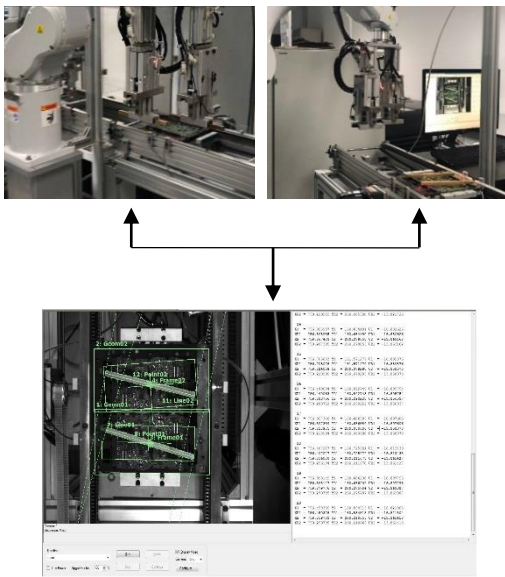


รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของระบบวิทัศน์

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 การทดสอบความแม่นยำแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์และแบบมีระบบวิทัศน์

จากวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย จะดำเนินงานวิจัยโดยเริ่มจากการทดสอบความแม่นยำในการหยิบจับของแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์ก่อน โดยการทดสอบแบบนี้จะสามารถเก็บค่าได้จากแกนกลเลยโดยตรงซึ่งจะไม่มีภาพวัตถุปรากฏให้เห็นในโปรแกรมเหมือนการทดสอบแบบระบบวิทัศน์ เมื่อทดสอบความแม่นยำของแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์เสร็จก็จะทำการทดสอบความแม่นยำของแกนกลแบบมีระบบวิทัศน์ วงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 9



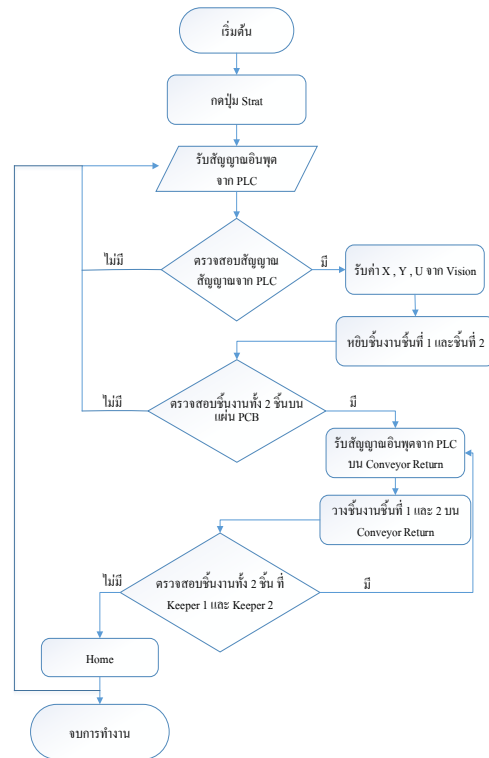
รูปที่ 9 ขั้นตอนการทดสอบแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์และไม่มีระบบวิทัศน์

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

สำหรับหลักการการทำงานของแกนกล หยิบจับแบบไม่มีระบบวิทัศน์และไม่มีระบบวิทัศน์เพื่อหาแบบการทำงานการทำงานของแกนกลหยิบจับชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพความแม่นยำมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 10

4.1 ผลการทดสอบ

การเก็บข้อมูลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแกนกลจะเก็บข้อมูลโดยแบ่งเป็น 2 ชุด จะเก็บค่าตำแหน่ง X, Y, U ซึ่งในตารางด้านล่างจะสังเกตได้ว่าค่าตำแหน่ง X, Y, U จะมี 2 ชุด นั้นหมายความว่า X1, Y1, U1 คือค่าที่ได้จากการหยิบชิ้นงานชิ้นที่ 1 จากแกนกลและ XR1, YR1, UR1 คือค่าที่ได้จากการหยิบชิ้นงานชิ้นที่ 1 จากวิทัศน์ ส่วนค่า X2, Y2, U2 คือค่าที่ได้จากการหยิบชิ้นงานชิ้นที่ 2 จากแกนกลและ XR2, YR2, UR2 จากงานวิจัยนี้จะทดสอบวางชิ้นงานทั้งสองชิ้นในตำแหน่งที่แตกต่างกัน 5 ตำแหน่ง และจะทดสอบหยิบชิ้นงานตำแหน่งละ 20 รอบ ซึ่งการเก็บข้อมูลนี้เป็นการทดสอบความคลาดเคลื่อนของแกนกลเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งชิ้นงานที่ถูกต้องนั่นคือจุดมาสเตอร์ซึ่งมีค่าดังตารางที่ 1



รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของแกนกลหยิบชิ้นงาน

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของชิ้นงานที่ 1 และชิ้นที่ 2 ใน 5 ตำแหน่ง แบบมีระบบวิทัศน์และแบบไม่มีระบบวิทัศน์

ค่ามาตรฐานชิ้นงานชิ้นที่ 1						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X1 (mm)	Y1 (mm)	U1 (°)	XR1 (mm)	YR1 (mm)	UR1 (°)
1	756.4556	160.7664	-16.8364	756.4556	160.7664	-16.8364
2	756.6734	160.9927	-12.7739	756.6734	160.9927	-12.7739
3	755.6902	159.2441	13.2310	755.6903	159.2441	13.2310
4	754.4612	138.8046	-8.3611	754.4612	138.8046	-8.3611
5	756.0417	168.5466	10.9815	756.0417	168.5466	10.9815
ค่ามาตรฐานชิ้นงานชิ้นที่ 2						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X2 (mm)	Y2 (mm)	U2 (°)	XR2 (mm)	YR2 (mm)	UR2 (°)
1	759.2180	260.0652	-13.8652	759.2180	260.0652	-13.8652
2	758.8805	262.1523	8.0900	758.8805	262.1523	8.0900
3	758.2934	257.2120	-8.6868	758.2934	257.2120	-8.6868
4	760.7959	270.6493	-6.9779	760.7959	270.6493	-6.9780
5	759.2297	268.6077	-7.0269	759.2297	268.6077	-7.0269

4.1.1 ผลการทดสอบระบบความแม่นยำของชิ้นงานชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่ง แบบมีระบบวิทัศน์และไม่มีระบบวิทัศน์

การเก็บข้อมูลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแขนกลในส่วนที่ใช้ระบบวิทัศน์ จะใช้

หลักการจากการวิเคราะห์ภาพชิ้นงานที่กล้องเจอ กล้องจะเปรียบเสมือนสายตาให้กับแขนกลในการเคลื่อนที่หาวัตถุ ส่วนการเก็บข้อมูลแบบไม่มีระบบวิทัศน์ จะใช้การป้อนค่าในการสั่งการแขนกลผ่าน โปรแกรมหุ่นยนต์ ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบความแม่นยำของแกนกลด้วยระบบแบบมีระบบวิทัศน์ และไม่มีระบบวิทัศน์ ของชิ้นงานชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่งที่ต่างกัน

ชิ้นงานชิ้นที่ 1						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X1 (mm)	Y1 (mm)	U1 (°)	XR1 (mm)	YR1 (mm)	UR1 (°)
1	756.4475	160.8381	-16.8231	756.4475	160.8381	-16.8231
2	757.3698	160.8247	-12.7926	757.3698	160.8246	-12.7926
3	755.6922	159.1851	13.2308	755.6922	159.1851	13.2308
4	754.4634	138.7543	-8.3625	754.4634	138.7543	-8.3625
5	756.0407	168.6655	10.9880	756.0407	168.6655	10.9880
ชิ้นงานชิ้นที่ 2						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X2 (mm)	Y2 (mm)	U2 (°)	XR2 (mm)	YR2 (mm)	UR2 (°)
1	759.2500	268.1827	-12.4725	759.2500	260.1827	-7.0225
2	758.9065	262.0529	8.0666	758.9065	256.0529	8.0666
3	758.3080	257.2716	-8.7127	758.3081	257.2716	-8.71267
4	759.7958	270.7041	-6.9756	760.7958	270.7041	-6.9756
5	759.2389	268.6316	-7.0227	759.2389	268.6316	-7.0227

4.1.2. ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดสอบระบบความแม่นยำของชิ้นงานชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่ง แบบมี และไม่มี

การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสามารถหาได้จากสมการ

$$\% \text{ Error} = \left\{ \left| \frac{X_{\text{men}} - X_t}{X_t} \right| \right\} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ X_t คือ ค่าจริง
 X_{men} คือ ค่าที่ได้จากการวัด

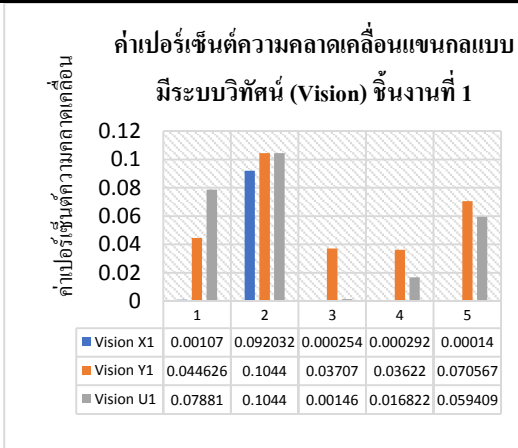
จากสมการข้างต้นจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระบบแขนกลแบบมีระบบวิทัศน์และไม่มีระบบวิทัศน์ของชิ้นงาน ชั้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่งที่ต่างกัน

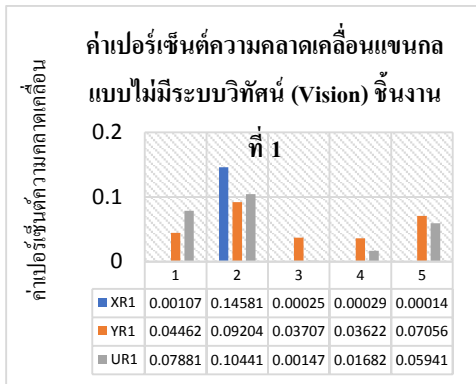
ชิ้นงานชั้นที่ 1						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X1 (mm)	Y1 (mm)	U1 (°)	XR1 (mm)	YR1 (mm)	UR1 (°)
1	0.0011	0.0446	0.0788	0.0011	0.0446	0.07881
2	0.0920	0.1044	0.1044	0.1458	0.0920	0.1044
3	0.0003	0.0371	0.0015	0.0003	0.0371	0.0015
4	0.0010	0.0362	0.0168	0.0003	0.0362	0.0168
5	0.00014	0.0706	0.0594	0.0001	0.0706	0.05941
ชิ้นงานชั้นที่ 2						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X2 (mm)	Y2 (mm)	U2 (°)	XR2 (mm)	YR2 (mm)	UR2 (°)
1	0.0042	3.1213	10.0446	0.0042	0.0452	0.0486
2	0.0034	0.0380	0.2892	0.0034	2.3267	0.2892
3	0.0019	0.0232	0.2980	0.0019	0.0232	0.2980
4	0.1315	0.0201	0.0339	1.4327	0.0202	0.0339
5	0.0012	0.0089	0.0597	0.0012	0.0089	0.0597

4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

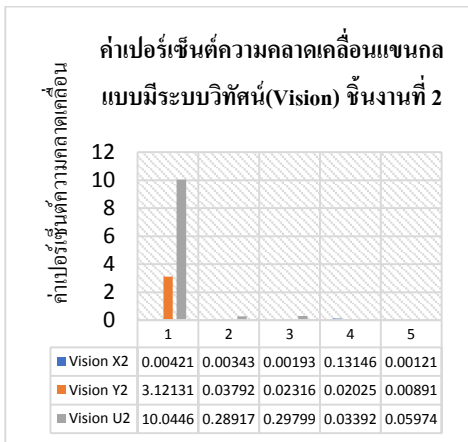
จากตารางที่ 1, 2 และตารางที่ 3 จะทำให้ทราบถึงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการทำงานของแขนกลด้วยตัวเองในและการทำงานของแขนกลร่วมกับระบบวิทัศน์ สามารถแสดงค่าเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการทำงานของแขนกลด้วยตัวเองจากชิ้นงานทั้ง 2 ดังรูปที่ 12 และรูปที่ 14 ส่วนการทำงานของแขนกลร่วมกับระบบวิทัศน์ จะแสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานทั้ง 2 ใน 5 ตำแหน่งที่ต่างกันดังรูปที่ 11 และรูปที่ 13



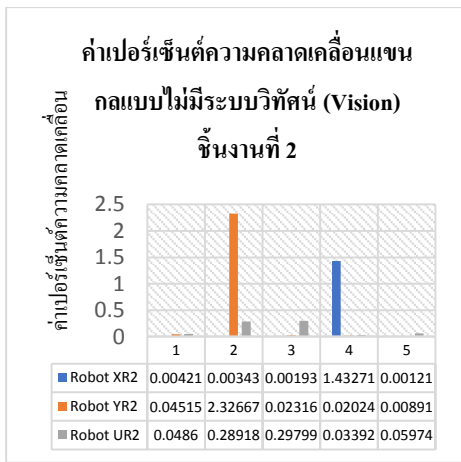
รูปที่ 11 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระบบวิทัศน์ ของชิ้นงานชั้นที่ 1



รูปที่ 12 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหุ่นยนต์ของชั้นงานชั้นที่ 1



รูปที่ 13 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระบบวิทัศน์ ของชั้นงานชั้นที่ 2



รูปที่ 14 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของชั้นงานชั้นที่ 2

จากรูปเมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแขนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์ ดังรูปที่ 12 และรูปที่ 14 มาเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแขนกลแบบมีระบบวิทัศน์ ดังรูปที่ 11 และรูปที่ 13 จะสังเกตได้ว่าการหยิบชิ้นงานในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 การใช้ระบบวิทัศน์ ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า สังเกตเห็นได้ชัดในตำแหน่ง U ซึ่งระบบวิทัศน์ สามารถหมุนตัวจับตามชิ้นงานได้ ด้วยเหตุผลนี้สามารถลดแรงกระแทกของตัวจับชิ้นงานต่อชิ้นงานได้ดีที่สุด ทำให้ของเสียลดน้อยลง เพิ่มผลผลิตได้ตามความต้องการของผู้ผลิตและทันเวลาที่ต้องการ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักที่ผู้ผลิตมีจุดประสงค์ในการพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติ

5. สรุปผล

ในงานวิจัยนี้ได้นำหุ่นยนต์ที่ได้รับการออกแบบแล้วนำมาใช้หยิบชิ้นงานต้นแบบขึ้น แล้วนำเสนอวิธีการทดสอบ คำนวณ วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนการหยิบจับชิ้นงานของแขนกลในขณะที่ทำงานด้วยตัวเอง และในขณะที่ทำงานร่วมกับระบบวิทัศน์ โดยผลของการวิเคราะห์ตามตัวอย่างข้างต้นจะเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทำการวิเคราะห์ออกแบบตัดสินใจเลือกการทำงานของแขนกลที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับงานมากที่สุด และเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการออกแบบแขนกลหยิบจับชิ้นงาน เช่น แบบแขนกลที่เหมาะสมกับงาน ระยะโฟกัสของเลนส์ที่ชัดที่สุด ความเร็วของสายพานลำเลียงระยะห่างของหัวจับชิ้นงาน เพราะปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมานี้ มีผลโดยตรงต่อแขนกลและความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นหลังจากแขนกลทำงานจริง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลอ้างอิงสำหรับใช้เป็นแนวทางในการใช้งาน และทำการวิเคราะห์ออกแบบแขนกลหยิบจับชิ้นงานให้สามารถทำงานได้อย่างมี

ประสิทธิภาพและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดตามที่มาตรฐานกำหนด สามารถลดต้นทุนการผลิตในระยะยาวได้ เพิ่มจำนวนผลผลิตได้ตามต้องการในเวลาที่กำหนด

สำหรับแนวทางในการพัฒนาต่อไปสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการหยิบจับชิ้นงานหรือค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการทำงานของแขนกล รวมถึงการเลือกใช้วัตถุที่ใช้ในการผลิตแขนกลหยิบจับชิ้นงานตามแนวทางของงานวิจัยนี้ ก็จะทำให้มีข้อมูลอ้างอิงจำนวนมากขึ้น มีผลผลิตที่มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของชิ้นงานในอนาคตได้อีกด้วย หรือสามารถเปรียบเทียบความละเอียดของกล้องมากกว่าและน้อยกว่า 5 ล้านพิกเซล ว่าส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบขนาดเลนส์โฟกัสที่แตกต่างกันแต่มีค่าความละเอียด 5 ล้านพิกเซล เท่ากัน ก็จะทำให้มีข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทแคล-คอมพ์ อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนข้อมูลวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chen, T.Q., Murphey, Y.L., Zhang, J.X., and Zhou, Y.N. (2001) A Smart Machine Vision System for PCB Inspection. IEA/AIE.
- [2] Varagul, J., and Chamniprasart, K. (2010) Development of Automated Visual Inspection Machine for HDD Manufacturing process.

Proceedings of International Conference on Data Storage Technology (DST-CON) Bangkok, Thailand.

- [3] Kim, S.M., Lee, S.C., and Lee, Y.C. (2006) Vision Based Automatic Inspection System for Nuts Welded on the Support Hinge. SICE-ICASE International Joint Conference 2006.
- [4] Phansak Nerakae, Pichitra Uangpairroj, Kontorn Chamniprasart. Prototyping of Flexible Manufacturing System with Machine Vision. The 2nd International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT 2016), Phuket, Thailand, April 21 – 23 2016.
- [5] Prommarak, N., and Chamniprasart, K. (2010) Damage Screw Inspection Computer Vision Prototype Machine. Proceedings of International Conference on Data Storage Technology (DSTCON) Bangkok, Thailand.

ประวัติผู้ประพันธ์



บุญเลิศ สือเจย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้อำนวยการ
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต



อิสราพร มีทอง

ปัจจุบันดำรง ตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า
และระบบควบคุมอัตโนมัติ



มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรดุษฎี
บัณฑิต(D.Eng) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยโตโก ประเทศญี่ปุ่น