

Efficiency Study of Image Processing Techniques for Small Robotic Arm Control

Keeradit Saipattalung^{1,*}, Jirapas Jitaree¹, Thaichai Thongyoo¹, Somjai Klinngam¹, Chatchphon Ketviriyakit³

ABSTRACT

This article presented a study on the efficiency of image processing techniques for controlling a small robotic arm. The system used a webcam to capture images, which were then processed using the PyCharm program. Micro servo motors served as the driving mechanism for the robotic arm, controlled through an Arduino board. The robotic arm operated based on hand movements, utilizing real-time hand detection techniques that measured the distance between the hand and the camera. The image processing analyzed the movement patterns and distance of the hand to determine whether it was moving forward, backward, left, right, grasping, or releasing an object. This information was then used to command the microcontroller, which controlled the small robotic arm's movement along the X, Y, and Z axes. Test results showed that the image processing techniques effectively controlled the small robotic arm's movement along the axes. The X, Y, and Z axis values changed according to hand movements. When testing the robotic arm's ability to move an object from left to right at a distance of 35 centimeters, the average time for object movement was 34.51 seconds. When powered by a 12-volt, 2200 milliamp-hour lithium-polymer battery, the small robotic arm could operate for an average of 20 hours and 45 minutes.

Keywords: Image Processing, Small Robotic Arms, Servo Motor, Pycharm

Published Online: 12 July, 2026

ISSN: 3057-0778 (Online)

Keeradit Saipattalung^{1,*}

¹Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University
(keeradit@pnru.ac.th)

Jirapas Jitaree¹

¹Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University
(jirapas.item@pnru.ac.th)

Thaichai Thongyoo¹

¹Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University
(thongchai@pnru.ac.th)

Somjai Klinngam¹

¹Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University
(somjai.k@pnru.ac.th)

Chatchphon Ketviriyakit²

¹Faculty of Industrial Technology,
Uttaradit Rajabhat University
(Chatchaphon77@hotmail.com)

**Corresponding Author*

Received date: 26 June 2024

Revised date: 7 October 2024

Accepted date: 27 May 2025

การศึกษาประสิทธิภาพเทคนิคการประมวลผลภาพในการควบคุม แขนกลขนาดเล็ก

กิริติช สายพัทลุง^{1*}, จิรภาส จิตอารี¹, ธงชัย ทองอยู่¹, สมใจ กลิ่นงาม¹ และ ชัชพล เกษวิริยะกิจ²

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการศึกษาประสิทธิภาพเทคนิคการประมวลผลภาพในการควบคุมแขนกลขนาดเล็ก โดยรับภาพผ่านกล้องเว็บแคม ไปประมวลผลบนโปรแกรมไพชาร์ม โดยมีไมโครเซอร์โวมอเตอร์เป็นส่วนขับเคลื่อนแขนกลผ่านบอร์ดอาดูโน ซึ่งแขนกลจะทำงานตามการเคลื่อนที่ของมือ โดยอาศัยเทคนิคการตรวจจับมือแบบเวลาจริงที่ทำหน้าที่ตรวจจับระยะห่างระหว่างมือกับกล้อง เพื่อประมวลผลหาลักษณะการเคลื่อนที่และระยะห่างของมือ ว่าเคลื่อนที่ไปด้านหน้าหลัง ซ้าย ขวา จับ ปล่อยชิ้นงาน จากนั้นสั่งงานให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของแขนกลขนาดเล็กตามแนวแกน X, Y และ Z ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่าการศึกษาประสิทธิภาพเทคนิคการประมวลผลภาพสามารถควบคุมแขนกลขนาดเล็กให้เคลื่อนที่ไปตามแนวแกนได้ ซึ่งค่าแกน X, Y และ Z จะเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของมือ เมื่อนำแขนกลไปทดสอบการเคลื่อนย้ายวัตถุจากซ้ายไปขวาที่ระยะ 35 เซนติเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนวัตถุเฉลี่ยเท่ากับ 34.51 วินาที และเมื่อใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเธียม-โพลีเมอร์ ขนาด 12 โวลต์ 2200 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง จะสามารถใช้งานแขนกลขนาดเล็กที่เวลาเฉลี่ย 20 ชั่วโมง 45 นาที

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ แขนกลขนาดเล็ก เซอร์โวมอเตอร์ไพชาร์ม

Published Online: 12 กรกฎาคม, 2569

ISSN: 3057-0778 (Online)

กิริติช สายพัทลุง^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
(keeradit@pnru.ac.th)

จิรภาส จิตอารี¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
(jirapas.item@pnru.ac.th)

ธงชัย ทองอยู่¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
(thongchai@pnru.ac.th)

สมใจ กลิ่นงาม¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
(somjai.k@pnru.ac.th)

ชัชพล เกษวิริยะกิจ²

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
(Chatchaphon77@hotmail.com)

^{*}Corresponding Author

Received date: 26 มิถุนายน 2567

Revised date: 7 ตุลาคม 2567

Accepted date: 27 พฤษภาคม 2568

1. บทนำ

หุ่นยนต์กับระบบอัตโนมัติ กล่าวว่ามี ความคล้ายกัน ในแง่ มุมของการเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation Machine) โดยหุ่นยนต์สามารถเรียกได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งในระบบอัตโนมัติได้ เนื่องจากมีองค์ประกอบ และการทำงานที่มีลักษณะคล้ายกัน แต่หุ่นยนต์จะสามารถทำงานจากโปรแกรมการตัดสินใจ และสามารถปรับเปลี่ยน โปรแกรม ทำให้การทำงานของหุ่นยนต์จึงมีหลากหลาย ซึ่งระบบอัตโนมัติไม่สามารถทำได้ สำหรับองค์ประกอบที่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนสำหรับหุ่นยนต์ คือ องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ Programming Pendant หรือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งโดยผู้ควบคุมหรือผู้ใช้งาน Controller หรือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งานและนำมาประมวลผล เพื่อทำการควบคุมหรือสั่งการทำงานของหุ่นยนต์ต่อไป และสุดท้าย Manipulator หรือ “ตัวหุ่นยนต์” ที่จะทำงานตามคำสั่งที่ผ่านการประมวลผลจากส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน สำหรับประเทศไทยมีการลงทุนอย่างมากเกี่ยวกับหุ่นยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับ กระบวนการผลิต และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลก ทำให้การเติบโตของตลาดหุ่นยนต์อุตสาหกรรมของไทย มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว (Policy Research Department, 2019) โดยคาดว่าจะมีการเติบโตสูงถึงร้อยละ 133 จาก 2,131 ยูนิต ในปี 2556 เป็น 7,500 ยูนิต ในปี 2561 และจากการศึกษาของ World Robotics ในปี 2558 พบว่า ประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 8 ของประเทศที่มีการนำเข้าหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมากที่สุดในโลก (World Robotics, 2015)

การใช้งานหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะใช้งานกันอยู่ในภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก โดยเฉพาะการใช้ งานหุ่นยนต์ในลักษณะที่เป็นแขนกลในรูปแบบต่าง ๆ (Alazki et al., 2013; Blatnicky et al., 2020; Hayat et al., 2016; Iqbal et al., 2012; Singh et al., 2016; Yande et al., 2016) โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์ การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมในรูปแบบอื่น ๆ อีกทั้งยังมีการนำแขนกลไปใช้งานในงาน ทางด้านการแพทย์ การผสมสารเคมี ดังนั้นการศึกษาและการประยุกต์ใช้งานแขนกลในทุกขนาด ทั้งขนาดใหญ่ ขนาด กลาง และขนาดเล็ก จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาของประเทศ เช่น การควบคุมระยะไกลเพื่อควบคุมแขนกล (Kadir et al., 2012; Yusoff et al., 2012) ซึ่งมีการนำแขนกลไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น แขนกลใน การแพทย์ (Kulkarni et al., 2020; Pierrot et al., 1999) แขนกลทางการเกษตร (Madure & Borkar, 2019; Muniraj et al., 2020; Phiphithirankarn et al., 2022) อีกทั้งในปัจจุบันเทคโนโลยีประมวลผลภาพ (Image Processing) ผ่านกล้องมีการพัฒนาไปอย่างกว้างขวาง มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายประเภท เช่น การนำการ ประมวลผลภาพไปควบคุมรถนั่งสำหรับคนพิการ (Wheelchair) (Kundu, 2018; Rosca & Leba, 2017) การประมวล ภาพเพื่อการควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก (Rao & Rajasekhar, 2016) การประยุกต์ใช้คลื่นสมองในการควบคุมแขนกล (Arshad et al., 2022; Patil et al., 2016) เป็นต้น

จากความสำคัญของการนำแขนกลไปใช้งานในหลากหลายจุดประสงค์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ ศึกษาประสิทธิภาพเทคนิคการประมวลผลภาพในการควบคุมแขนกลขนาดเล็ก โดยนำเอาความสามารถของ เทคนิคการประมวลผลภาพในการจับตำแหน่งมือ ลักษณะท่าทางของมือ การเคลื่อนที่ ระยะห่าง เข้ามาควบคุม

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 4 ตัว ให้ทำงานตามคำสั่งมือ เช่น ลักษณะการเคลื่อนของมือ ว่าเคลื่อนที่ไปด้านหน้า หลัง ซ้าย ขวา จับ หรือปล่อยชิ้นงาน เป็นต้น โดยควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลไปตามแนวแกน X, Y, Z ซึ่งการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพจะช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน เช่น การผสมสารเคมี การหยิบวัตถุอันตราย เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการจับตำแหน่งของมือเพื่อควบคุมแขนกลขนาดเล็ก
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมแขนกลผสมผสานกับการทำงานของมือมนุษย์ได้
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของแขนกล พร้อมหยิบจับชิ้นงานตัวอย่างได้

กรอบแนวคิดวิจัย

กรอบแนวคิดงานวิจัยเป็นการรูปแบบการประยุกต์ใช้แขนกลในการทดแทนกิจกรรมที่มีความเสี่ยงต่อมนุษย์ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีในหลาย ๆ ด้าน ดังกรอบแนวคิดดัง Figure 1

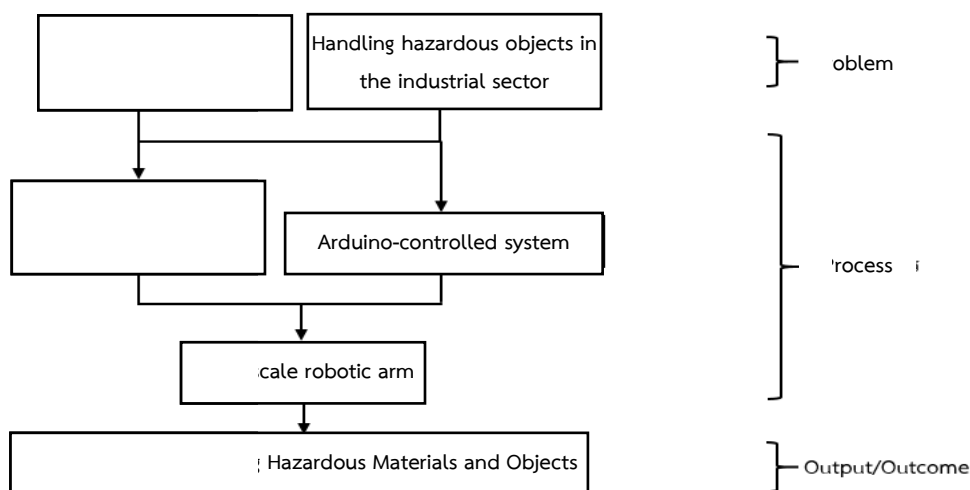


Figure 1 Conceptual Framework

จาก Figure 1 จากปัญหาการปฏิบัติงานในด้านต่าง ๆ เช่น การสัมผัสสารเคมีในการแพทย์ การหยิบวัตถุอันตรายในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เป็นต้น โดยปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการควบคุมแขนกลขนาดเล็ก เพื่อประยุกต์ใช้ทดแทนผู้ปฏิบัติงาน อันเป็นการลดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน การลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทั้งภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม

2. วิธีการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของ การประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งการประมวลผล คือ การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่สนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในภาพ เป็นต้น จากนั้นสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เช่น ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนน โดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละ

ช่วงเวลา ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบเก็บข้อมูลที่เข้าและออกอาคารโดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย (Duchon et al., 2017; Prasad et al., 2020; Rehman et al., 2021) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้ง คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้ในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ ซึ่งการประมวลผลภาพมีหัวข้อที่นำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมสิ่งต่าง ๆ ก็คือ การวิเคราะห์ข้อมูลภาพ (Image Analysis) การวิเคราะห์ข้อมูลภาพเป็นการวัดหรือวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงปริมาณ เพื่อสร้างค่าจำกัดความให้กับภาพแล้วนำไปใช้งาน ตัวอย่างเช่น การนำภาพถ่ายของเซลล์เม็ดเลือดมาวิเคราะห์ หาขนาดและมุมเอียงแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบความผิดปกติของเม็ดเลือดในผู้ป่วย หรือการนำภาพถ่ายมาวิเคราะห์เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น ควบคุมให้หุ่นยนต์ เคลื่อนย้ายวัตถุที่มีลักษณะตามที่กำหนด เป็นต้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจำเป็นต้องมีการแยกแยะ คุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ ในภาพเพื่อช่วยระบุชนิดของวัตถุนั้น นอกจากนี้ยังต้องมีการแยกส่วนวัตถุ (Segmentation) อีกทั้งการประมวลผลภาพยังมีความสามารถในการค่าตำแหน่งต่าง ๆ ทางกายภาพของร่างกายได้ เช่น จุดต่าง ๆ ของลำตัว แขน มือ เป็นต้น โดยส่วนประกอบของมือจะพิจารณาต่างตำแหน่งของจุดข้อต่อมือทั้ง 21 จุด (Pu et al., 2023) ดัง Figure 2

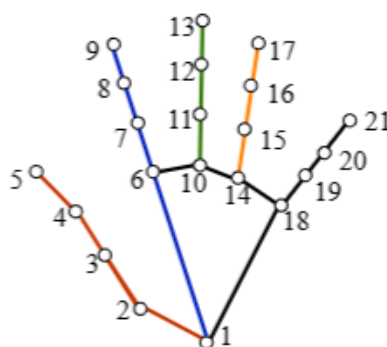


Figure 2 21 hand joint landmarks

ที่มา : Pu et al. (2023)

2. การคำนวณหาระยะห่างระหว่างกล้องกับมือ ซึ่งเป็นการวัดระยะเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของแขนกล โดยการวัดระยะห่างนั้นจะอาศัยการเปรียบเทียบค่ากับขนาดของวัตถุที่ทราบค่าแน่นอนเพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อหาระยะห่างระหว่างกล้องกับมือ ดัง Figure 3

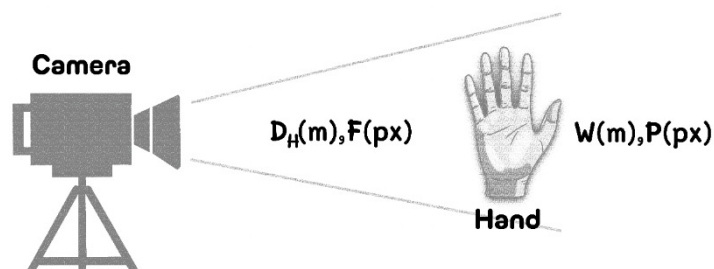


Figure 3 Distance estimation between the camera and the hand

จาก Figure 3 การหาระยะห่างระหว่างกล้องกับมือ (D_H) นั้นจำเป็นต้องคำนวณหาระยะโฟกัสของกล้องกับวัตถุ
 อ้างอิง จากสมการที่ 1 จากนั้นทำการหาระยะห่างระหว่างกล้องกับมือ (D_H) จากสมการที่ 2

$$F = (D_R \times P_R) / W \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ F คือ ระยะโฟกัสของกล้องกับวัตถุอ้างอิง หน่วยเป็นพิกเซล (px)
 D_R คือ ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุอ้างอิง หน่วยเป็นเมตร (m)
 P_R คือ พิกเซลขนาดของวัตถุอ้างอิงที่กล้องอ่านค่าได้ หน่วยเป็นพิกเซล (px)
 W คือ ความกว้างของวัตถุอ้างอิง หน่วยเป็นเมตร (m)

$$D_H = (F \times W) / P_H \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ D_H คือ ระยะห่างจากกล้องกับมือ หน่วยเป็นเมตร (m)
 F คือ ระยะโฟกัสของกล้อง หน่วยเป็นพิกเซล (px) จากสมการที่ (1)
 P_H คือ พิกเซลขนาดของมือที่กล้องอ่านค่าได้ หน่วยเป็นพิกเซล (px)
 W คือ ขนาดจริงของวัตถุอ้างอิง หน่วยเป็นเมตร (m) จากสมการที่ (1)

3. ออกแบบกระบวนการควบคุมแขนกลขนาดเล็ก โดยทำการออกแบบโครงสร้างการควบคุมแขนกลขนาดเล็กด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งจะใช้วิธีการจับตำแหน่งของมือทั้งระยะห่างระหว่างกล้องกับมือ ตำแหน่งมือ โดยทำการพัฒนาเป็นโปรแกรม Pycharm ดัง Figure 4 โดยลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ประกอบด้วย กล้องเว็บแคม บอร์ดอาดูโน ไมโครเซอร์โว เฟืองโลหะ โครงสร้างแขนกลขนาดเล็กที่สร้างจากแผ่นอะคริลิกหนา 3 มิลลิเมตร ดัง Figure 5

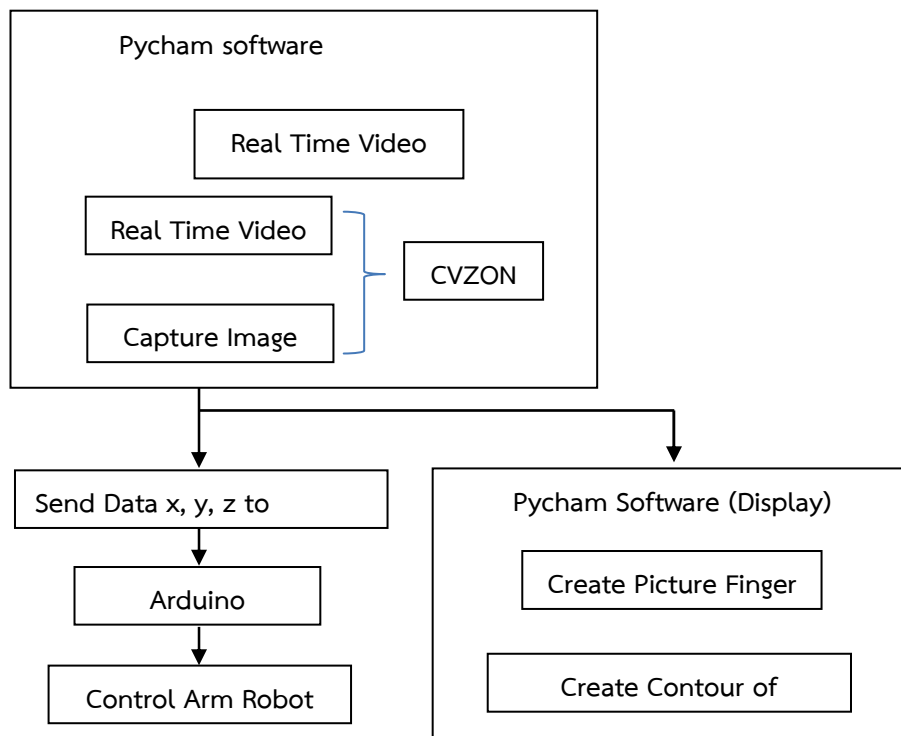


Figure 4 Control Software Development Process

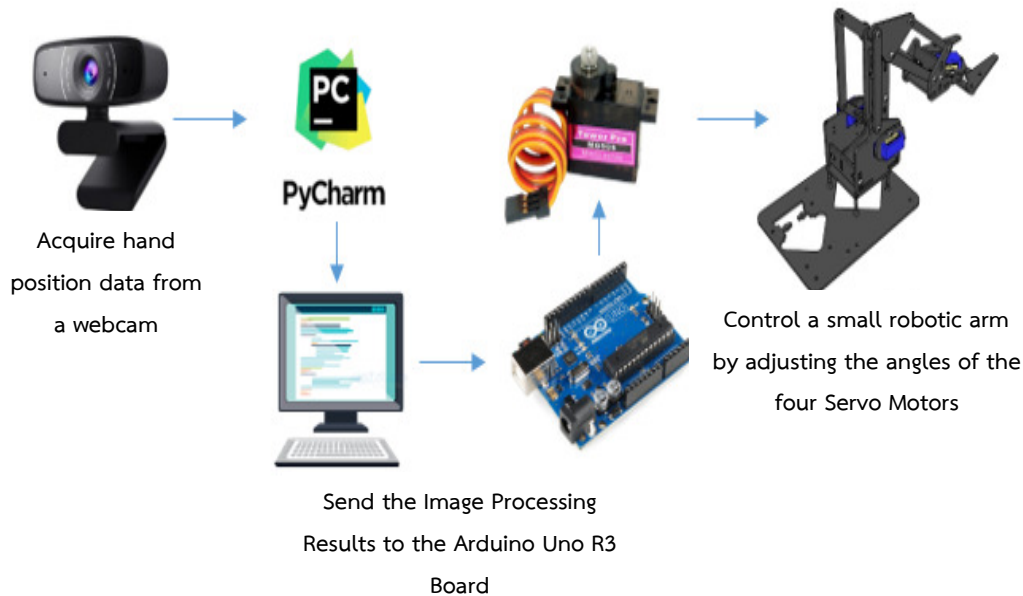


Figure 5 Hardware Connection Configuration for Controlling a Small Robotic Arm

3. ผลการวิจัย

1. การศึกษาการทำงานของกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) และการตรวจจับมือ รวมไปถึงการตรวจจับการเคลื่อนที่ของมือ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของแขนกลขนาดเล็ก ซึ่งมีอุปกรณ์ควบคุมหลักก็คือ เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ซึ่งจะทำงานในลักษณะการเคลื่อนที่แบบองศา ซึ่งเมื่อนำมาประกอบกับโครงสร้างของ แขนกลขนาดเล็กแล้วนั้น การเคลื่อนที่ของแขนกลจะทำงานในรูปแบบของแกน X, Y, Z ซึ่งการเคลื่อนที่นั้นจะทำงานตามการเคลื่อนที่ของมือ ซึ่งผลทดสอบการทำงานของแขนกลขนาดเล็กเมื่อควบคุมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ดัง Table 1

Table 1 Operational Test Results of a Small Robotic Arm Controlled Using Image Processing Techniques

Hand Position Detected by the Camera	X	Y	Z	Robotic Arm Motion	Hand grasp type
Initial Position (middle)	93	98	96	At the initial position	Open the gripper
Top	94	150	107	Move upward	Open the gripper
Down	98	50	106	Move downward	Open the gripper
Left	150	103	115	Move leftward	Open the gripper
Right	94	105	137	Move rightward	Open the gripper
Move closer to the camera	93	110	180	The robotic arm moves forward	Open the gripper
Move away from the camera	97	107	80	The robotic arm retracts to the initial position	Open the gripper
Grasp the object	-	-	-	At the object position	Open the gripper

Note: The values on each axis change according to the hand movement detected by the camera

จาก Table 1 ผลการควบคุมแขนกลให้เคลื่อนที่ตามมือ ซึ่งสามารถควบคุมให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ได้ โดยลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นไปดัง Figure 6(a) ถึง Figure 6(f) ซึ่งภาพที่จับด้วยกล้องเว็บแคมที่มีความละเอียดของกล้องอยู่ที่ 1280x800 ที่ 0.9MP และใช้โปรแกรม Pycham เป็นตัวประมวลผลการจับภาพมือ โดยโปรแกรมจะแสดงค่าระยะห่างระหว่างมือกับกล้อง และจะแสดงในลักษณะของกรอบรอบมือ พร้อมทั้งแสดงค่าระยะห่างในหน่วยของเซนติเมตร (ซ.ม.)

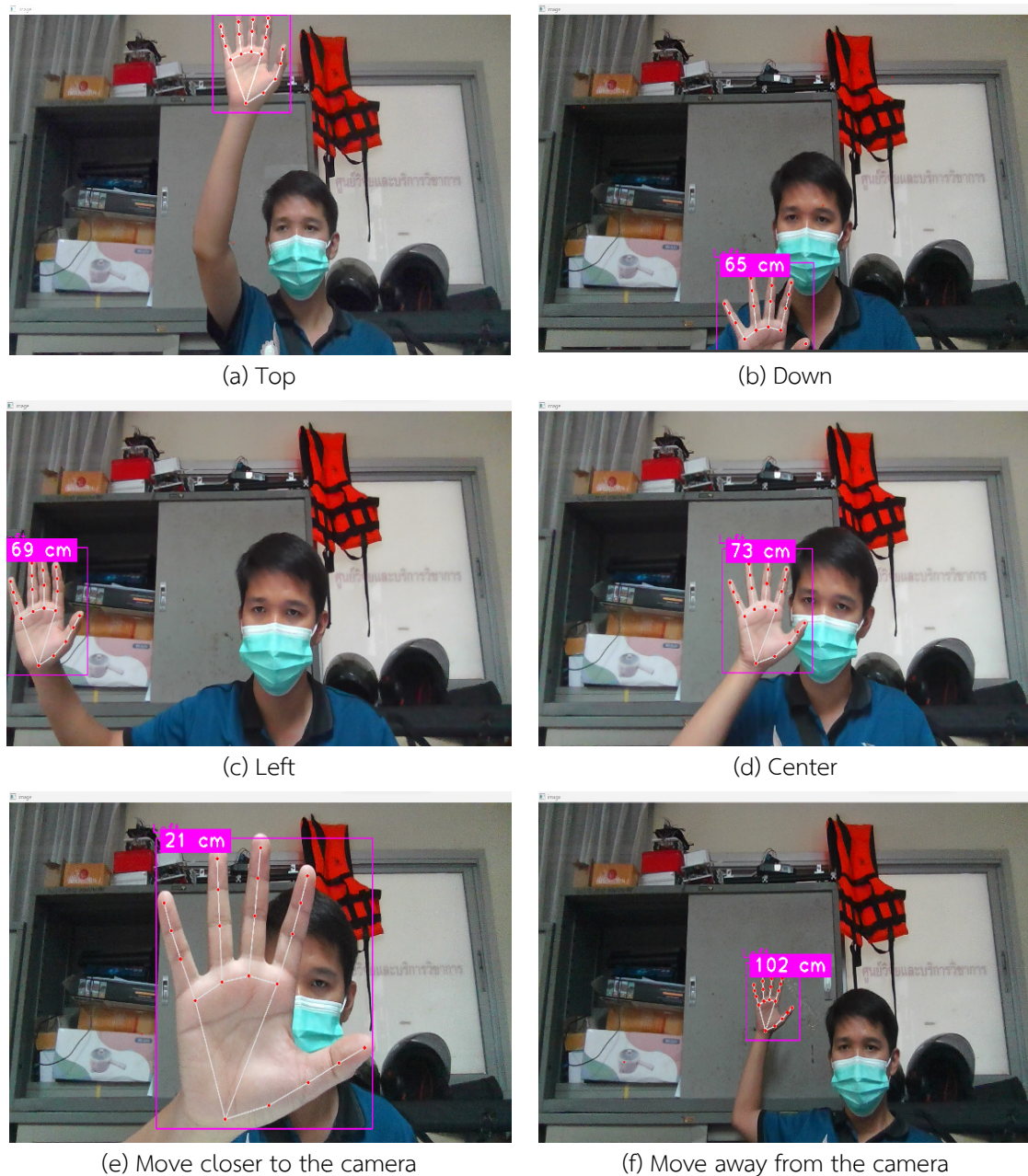


Figure 6 Display of the Hand Movement Position and the Distance Between the Camera and the Hand (Continued)

2. การทดสอบการเคลื่อนย้ายวัตถุตามสี่ของชิ้นงานไปยังช่องสี่ โดยควบคุมแขนกลผ่านการเคลื่อนที่ของมือตาม Figure 6 โดยทำการเคลื่อนย้ายจากด้านซ้ายของแขนกล ไปด้านขวาของแขนกลที่ระยะการเคลื่อนที่ 35 เซนติเมตร เพื่อหาระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายวัตถุของแขนกลขนาดเล็กที่ควบคุมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดัง Figure 7 ซึ่งผลการทดสอบการเคลื่อนย้ายวัตถุมีระยะเวลาการเคลื่อนย้าย ดัง Table 2

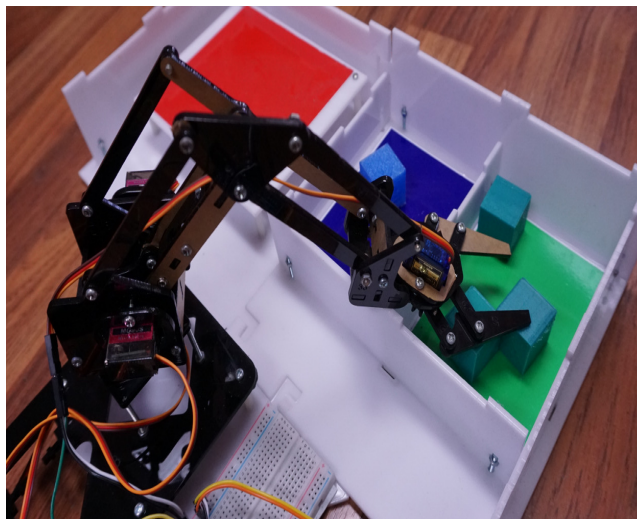


Figure 7 Object Transfer from the Left Side to the Right Side of the Robotic Arm

Table 2 Results of the Object Transfer Test from Left to Right at a Distance of 35 cm

Trial	Object Size (cm)	Object Transfer Time (s)
1	2.5 x 2.5 x 2.5	45.45
2	2.5 x 2.5 x 2.5	39.24
3	2.5 x 2.5 x 2.5	40.12
4	2.5 x 2.5 x 2.5	34.67
5	2.5 x 2.5 x 2.5	36.68
6	2.5 x 2.5 x 2.5	41.53
7	2.5 x 2.5 x 2.5	50.20
8	2.5 x 2.5 x 2.5	36.13
Average Object Transfer Time (s)		39.86

3. การทดสอบการใช้พลังงานของแขนกลขนาดเล็กที่ควบคุมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยการทดสอบจะสั่งงานแขนกลขนาดเล็กเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยให้ทำงานตามวิถีทัศนการณ์การเคลื่อนที่ของมือที่ได้ทำการบันทึกไว้ เพื่อหาร้อยละของแบตเตอรี่ และระยะเวลาที่สามารถใช้งานแขนกลขนาดเล็กได้ ซึ่งการทดสอบจะใช้แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ ขนาด มิลลิแอมป์ 2200 โวลต์ 12/ชั่วโมง

Table 3 Battery Percentage (%) and Operating Time of the Small Robotic Arm Under Continuous Operation

Battery		Battery		Battery	
Time (s)	Percentage	Time (s)	Percentage	Time (s)	Percentage
	(%)		(%)		(%)
0	90	420	70	832	49
30	96	441	69	853	47
35	85	462	67	873	47
60	84	482	65	894	45
100	83	502	64	915	44
112	83	523	64	936	44
135	82	544	62	956	43
143	81	564	60	977	43
173	80	585	60	998	42
198	79	605	59	1017	41
210	78	626	59	1038	39
230	77	647	58	1059	38
260	77	667	57	1080	37
280	76	688	55	1100	37
296	74	708	54	1120	35
320	73	729	54	1142	33
335	72	750	52	1163	32
358	72	770	51	1182	32
379	71	791	50	1204	31
399	69	811	50	1224	30
				1245	29
Continuous Operating Time of the Small Robotic Arm				20 hours 45 minutes	

จาก Table 3 และ Figure 8 จะเห็นได้ว่าการการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของแขนกลขนาดเล็กควบคุมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ จะมีการใช้งานได้ต่อเนื่องในระยะเวลาเฉลี่ย 20 ชั่วโมง 45 นาทีที่เกิดจากทำงานตามไฟล์วิดีโอที่บันทึกการเคลื่อนที่ของมือในลักษณะเดิม ๆ จนทำให้พลังงานลดลงอย่างเป็นเชิงเส้นจากร้อยละของแบตเตอรี่ที่ 90 เหลือร้อยละของแบตเตอรี่ที่ 29

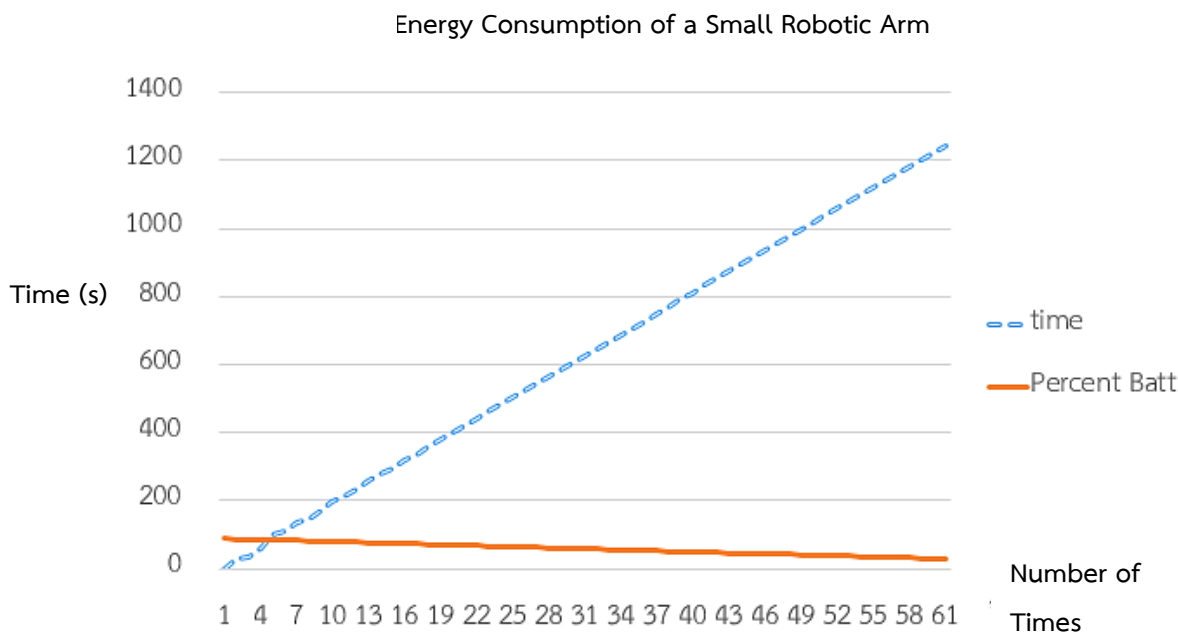


Figure 8 Battery Power Consumption of a Small Robotic Arm Controlled Using Image Processing Techniques

4. สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ข้อ คือเพื่อศึกษาลักษณะการจับตำแหน่งของมือเพื่อควบคุมแขนกลขนาดเล็ก เพื่อพัฒนาการควบคุมแขนกลผสมผสานกับการทำงานของมือมนุษย์ และเพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนกล พร้อมหยิบจับชิ้นงานตัวอย่างได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการจับตำแหน่งของมือได้อย่างถูกต้อง และสามารถแสดงระยะห่างระหว่างกล้องกับมือได้ดี ซึ่งเมื่อทำการตรวจจับได้แล้วนั้น ก็ทำการควบคุมแขนกลขนาดเล็ก ซึ่งมีเซอร์โวมอเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลขนาดเล็กในตามแนวแกน X, Y และ Z ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่า การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสามารถควบคุมแขนกลขนาดเล็กให้เคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X, Y, Z ได้ โดยตำแหน่งเริ่มต้นของแขนกลขนาดเล็กจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=93, Y=98, Z=96 ด้านบนสุดจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=94, Y=150, Z=107 ด้านล่างสุดจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=98, Y=50, Z=106 ด้านซ้ายสุดจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=150, Y=103, Z=115 ด้านขวาสุดจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=94, Y=105, Z=137 เข้าใกล้กล้องจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=93, Y=110, Z=180 ออกห่างกล้องจะอยู่ที่ตำแหน่ง X=97, Y=107, Z=80 ตามลำดับ ซึ่งค่า X, Y, Z จะเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของมือ เมื่อนำแขนกลไปทดสอบการเคลื่อนย้ายวัตถุจากซ้ายไปขวา ที่ระยะ 35 เซนติเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนวัตถุเฉลี่ยอยู่ที่ 39.86 วินาที และสามารถใช้งานแขนกลขนาดเล็กที่เวลาเฉลี่ย 20 ซม. 45 นาที เมื่อใช้แบตเตอรี่ลิเธียมโพลีเมอร์ ขนาด 12 โวลต์ 2200 มิลลิแอมป์/ชั่วโมง แต่แขนกลที่พัฒนาขึ้นควรปรับเซอร์โวมอเตอร์ในแขนกลขนาดเล็กควรเป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่มีเฟืองเป็นโลหะ จะมีความแข็งแรงมากกว่าเฟืองพลาสติก และควรตั้งค่าเซอร์โวมอเตอร์ในแขนกลขนาดเล็กควรตั้งองศาให้อยู่กึ่งกลางก่อนประกอบเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับชิ้นส่วนแขนกลขนาดเล็ก และการควบคุมแขนกลขนาดเล็กที่ควบคุมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพต้องเคลื่อนที่มือไม่เร็วเกินไป เนื่องจากการสื่อสารระหว่างการประมวลผลภาพกับแขนกลขนาดเล็กจะเกิดข้อผิดพลาดและอาจทำให้แขนกลขนาดเล็กเสียหายได้ โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน เช่น การผสมสารเคมี การหยิบวัตถุอันตราย

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทดลอง

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอยืนยันงานวิจัยนี้ไม่มีความขัดแย้งทางผลประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับบทความนี้กับบทความอื่นๆ

REFERENCES

- Policy Research Department NSTDA (2019). Thailand's robot industry. National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand. (In Thai).
- World Robotics. (2015). Executive Summary of World Robotics 2015 Industrial Robots. Retrieved from https://www.diag.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/2015_WorldRobotics_ExecSummary.pdf
- Singh, T., Dhayதாக, D., Kadam P. & Sapkal R. J. (2016). Object Sorting by Robotic Arm Using Image Processing. *International Research Journal of Engineering and Technology* (IRJET). 3(4). 1472-1476.
- Hayat, A., Shah, A. H., Haseeb, M., Hamza, M., & Hussain, F. (2016). Robotic arm control using color recognition and position mapping techniques through image processing. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 14(9), 704–712.
- Pierrot, F., Dombre, E., Dégoulange, E., Urbain, L., Caron, P., Boudet, S., ... Mégnien, J. (1999). Hippocrate: A safe robot arm for medical applications with force feedback. *Medical Image Analysis*, 3(3), 285-300.
- Phiphithirankarn, P., Sattaso, T., Boonla, W., & Wiriyamchai, W. (2022). The development of autonomous tomato harvesting robot arm by image processing. *Udonthani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology*, 10(1), 143-161. (in Thai).
- Kundu, A. S., Mazumder, O., Lenka, P. K., & Bhaumik, S. (2018). Hand gesture recognition based omnidirectional wheelchair control using IMU and EMG sensors. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 91, 529–541.
- Rao, S., & Rajasekhar, Ch. (2016). Password based hand gesture controlled robot. *Journal of Engineering Research and Applications*, 6(4), 63-69.
- Prasad, D. V. S., Niharika, Ch., Vishwaja, R., Srinidhi, R., & Preethi, A. (2020). Object detection and tracking using image processing. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 8(6), 393-398.
- Pu, M., Chong, C. Y., and Lim, M. K. (2023). Robustness Evaluation in Hand Pose Estimation Models using Metamorphic Testing. Paper presented at the IEEE/ACM 8th International Workshop on Metamorphic Testing (MET). 31-38.
- Kadir, W. M. H. W., Samin, R. E., & Ibrahim, B. S. K. (2012). Internet controlled robotic arm. *Procedia Engineering*, 41, 1065-1071.

- Iqbal, J., Islam, R. U., & Khan, H. (2012). Modeling and analysis of a 6 DOF robotic arm manipulator. *Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering*, 3(6), 300-306.
- Yusoff, M. A. K., Samin, R. E., & Ibrahim, B. S. K. (2012). Wireless mobile robotic arm. *Procedia Engineering*, 41, 1072-1078.
- Kulkarni, P., Valvi, V., Ukey, S., Bhise, A., & Gosavi, S. (2020). Mechanical arm for amputee. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(6), 1378-1380.
- Yande, L., Jun, H., Yuping, O., Jian, W., & Xiong, L. (2016). Mechanical simulation design of the shaft type hybrid mechanical arm based on Solidworks. In *International Forum on Energy, Environment and Sustainable Development (IFEESD 2016)* (pp. 657-663).
- Blatnicky, M., Dizo, J., Gerlici, J., Saga, M., Lack, T., & Kuba, E. (2020). Design of a robotic manipulator for handling products of automotive industry. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 1-11.
- Madure, O., & Borkar, S. (2019). Analysis of a biomimetic anthropomorphic robotic hand/prosthetic. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 7(X), 1-6.
- Muniraj, M., Arulmozhiyal, R., & Ilakia, T. (2020). Development of sensor-less control of BLDC actuator for agricultural robotic arm. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(4), 514-517.
- Patil, V., Dighe, K., & Landage, B. (2016). Automated robot for warehouse using image processing. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(3), 417-419.
- Alazki, H., Ordaz, P., & Poznyak, A. (2013). Robust bounded control for the flexible arm robot. Paper presented at the 52nd IEEE Conference on Decision and Control, Florence, Italy.
- Rosca, S. D., & Leba, M. (2017). Using brain-computer-interface for robot arm control. *MATEC Web of Conferences*. doi:10.1051/08006712108006
- Arshad, J., Qaisar, A., Rehman, A., Shakir, M., Nazir, M. K., Rehman, A. U., ... Hamam, H. (2022). Appl, 12(21), 10813. doi:10.3390/app122110813
- Duchon, F., Bucka, P., Szabova, M., Dekan, M., Beno, P., & Tolgyessy, M. (2017). Image processing of motion for security applications. *European Scientific Journal*, 13(27), 1857-7881.
- J. Kapur. (2013). Security using image processing. *International Journal of Managing Information Technology (IJMIT)*, 5(2), 13-21.
- Rehman, A. U., Ullah, N., Shehzad, N., & Mohsan, S. A. H. (2021). Image processing based detecting and tracking for security system. *International Journal of Engineering (IJE)*, 13(1), 1-11.