

การจำแนกประเภทขวดเพื่อรีไซเคิลด้วยระบบวิชั่นและแขนหุ่นยนต์ Bottle Classification for Recycle with Vision and Robot Arm System

ทวิวงศ์ อัครเลิศเศรษฐ^{1*}, นภัสดล สิงหะตา², บุญช่วย เจริญผล³

Thaweewong Akkaraertsest^{1*}, Napassadon Singhata², Boonchuay jarernpon³

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพฯ 10120

^{1,2}Department of Electrical and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep

Nanglingee Rd., Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120, Thailand

*081 640 6171 E-mail: Thaweewong.a@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อภาษาไทย

แขนกลสามารถทำงานหยิบและขึ้นงานและทำงานหลายอย่างที่มีความเสี่ยงแทนมนุษย์ได้ บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การใช้แขนกลอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกขวดจำแนกหยิบจับขวดที่ต้องการ โดยใช้ระบบการมองเห็นด้วยระบบวิชั่นโดยใช้การตรวจจับวัตถุด้วยโปรแกรม YOLO v5 เพื่อจำแนกวัตถุตามรูปร่างโดยใช้การมองเห็นผ่านกล้อง ในการทดลองได้ใช้ขวดที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน 6 ชนิด มาทำการทดสอบ โดยใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง จากนั้นนำระบบวิชั่นไปทดสอบให้ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์เพื่อหยิบจับคัดแยกขวดขึ้นงานที่ต้องการนำใส่กล่องเพื่อนำไปรีไซเคิล ระบบวิชั่นสามารถตรวจพบ และคัดแยกขวดที่ต้องการ ได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณในการประมวลผลภาพหนึ่งประมาณ 0.2 วินาที โดยไม่รวมการนำภาพเข้าระบบ แขนกลสามารถหยิบจับขึ้นงาน โดยใช้เวลาในการหยิบจับจนถึงวางขึ้นงานและกลับไปทำเตรียมพร้อมเพื่อทำการรอสัญญาณต่อไปใช้เวลาประมาณ 14 วินาที โดยระยะจุดจัดเก็บขึ้นงานวางด้านข้างลำตัวหุ่นยนต์ได้

คำสำคัญ : ระบบวิชั่น แขนกลอุตสาหกรรม การคัดแยก

ABSTRACT

Robot arm carry out pick and place tasks with powerful mechanisms that can use it to complete the task in various applications where human jobs are at risk. This paper focused on using robot arms used in industries to carry out pick and place tasks with vision classification. It proposes a mechanical arm grasping system based on computer vision, which uses YOLOv5 object detection to classify objects based on shape by using machine vision. It used to choose an image recognition method which needs a webcam camera. To recognize shape features, followed by the six different types of bottles. Vision system can be separated the target bottle

from other things and move it into basket with robot arm. Vision system detects the target bottle to finish its task with 0.2 s of total average time. A robot can be picked and placed an object from belts positions to a basket. The total average time of robot to finish its task is 14 s.

Keyword: vision, robot arms, classification.

1. บทนำ

การรีไซเคิลนั้นส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และการคัดแยกขยะเพื่อนำมารีไซเคิลจำนวนมากนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย การรวบรวมขวดจากนั้นต้องแยกขวดพลาสติกเฉพาะรูปแบบที่ต้องการนำมาใช้ใหม่ เพราะขวดพลาสติกยังแยกตามประเภทของพลาสติกที่ทำขึ้นด้วยดังนั้นอาจจะนำมาปะปนในการรีไซเคิลไม่ได้ แขนกลได้มีการนำมาใช้แทนแรงงานคนในอุตสาหกรรมต่างๆมากขึ้นเนื่องจากลดปัญหา ความเหนื่อยล้าที่เกิดจากคน และสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องพัก ในโรงงานอุตสาหกรรม แขนกลเริ่มมีบทบาทและมีความสำคัญในการทำงานแทนคนอย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากแขนกลได้ปรับตัวให้มีขนาดเหมาะสมและใช้งานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนที่เพิ่มมากขึ้น งานบางประเภทจะมีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยต่อมนุษย์ และปัญหาที่พบในโรงงานในการใช้หุ่นยนต์แทนคน โดยปัจจุบันได้มีการใช้แขนกลมากขึ้นเรื่อยๆ โดยมีมักจะใช้หุ่นยนต์หยิบจับสิ่งของต่างๆ แทนคน [1,2] ในการทำงานของแขนกลจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมควบคุมและนำเซนเซอร์ที่ช่วยให้การทำงานของหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพและตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น การใช้กล้องเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมาร่วมใช้เข้ากับหุ่นยนต์เนื่องจากระบบวิชันเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่น และสามารถตรวจสอบได้หลากหลาย ข้อดีในการใช้วิธีการระบบวิชัน สามารถแสดงภาพจึงสามารถนำไปใช้ได้แบบเรียลไทม์บนคอมพิวเตอร์ฝังตัวที่มีต้นทุนต่ำ [3] และมีนักวิจัยหลายท่านได้ให้

ความสนใจนำเอากลองมาประยุกต์ใช้ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยเฉพาะงานเชื่อม [4] หรือลักษณะงานหลายประเภทที่อาจส่งผลทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพคน จึงมีหลายคนที่ให้ความสนใจใช้หุ่นยนต์ทำงานแทนคน [5-6] ในงานที่ซับซ้อนแขนกลจะทำงานสำเร็จได้ต้องมีการตัดสินใจที่ชาญฉลาดด้วยสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงทำให้ไม่สามารถปรับตัวได้ดี แขนกลจึงต้องการการแทรกแซงจากมนุษย์เพื่อตั้งโปรแกรมใหม่ตามความต้องการ อย่างไรก็ตาม แขนกลอัจฉริยะสามารถสร้างให้ตัดสินใจสำหรับงานต่างๆ โดยใช้แมชชีนเลิร์นนิงในการแก้ปัญหาบางอย่างได้ [7,8] การออกแบบและพัฒนาระบบแขนหุ่นยนต์สำหรับการจำแนกและคัดแยกวัตถุตามรูปร่างและขนาดโดยใช้ระบบวิชันในการควบคุมดังกล่าวจะทำให้ใช้ต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูง [9] ดังนั้นการสื่อสารระหว่างการระบบวิชัน และหุ่นยนต์จึงมีความสำคัญ วิธีการคอมพิวเตอร์วิชัน-โครงข่ายประสาทเทียมในการตรวจสอบวัตถุจึงจำเป็นในการพัฒนาแขนกลให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น [10] โดยจำเป็นต้องใช้เทคนิคเพื่อเชื่อมต่อระบบการทำงานทั้งหุ่นยนต์ และระบบการระบบวิชันให้ทำงานร่วมกันได้ [11] การพัฒนาวิธีการต่างๆจะสามารถใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เพื่อลดเวลาที่ต้องใช้ในการทำงานของสายการผลิตให้สำเร็จ [12] ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง/ วิธีดำเนินการวิจัย

สามารถอธิบายหลักการทำงานของแขนหุ่นยนต์ ในการเคลื่อนย้ายสินค้าได้ โดยกล้องจะตรวจจับรูปร่าง ของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าของหุ่นยนต์ จากนั้นแขนหุ่นยนต์ จะเคลื่อนไปหยิบวัตถุด้วยที่หนีบของหุ่นยนต์ ณ องศาที่ กำหนด จากนั้นแขนหุ่นยนต์จะเคลื่อนวัตถุไปยังสถานที่ ตามสีของวัตถุ และต่อไปจนกว่าวัตถุทั้งหมดจะถูกย้ายไป ยังสถานที่ตามลำดับ หุ่นยนต์แขนกลสำหรับเคลื่อนย้าย วัตถุ ระบบวิชุ่นในบทความนี้ ใช้การเลือกวิธีการจดจำ ภาพซึ่งต้องใช้กล้องเว็บแคม ในบทความนี้ ใช้เพื่อเลือก วิธีการแมชชีนเลิร์นนิงจดจำภาพซึ่งต้องใช้กล้องเว็บแคม เพื่อจำแนกลักษณะรูปร่าง ตามด้วยชุดประเภทต่างๆ หก ประเภทที่ใช้ในการทดลอง

กล้องใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ตรวจจับ ทั้งหมดของขวดเพื่อตรวจสอบรูปร่างของขวด กล้องเก็บ ภาพขวดแต่ละขวดในสายพาน ภาพที่ถ่ายโดยกล้องเว็บ แคมจะมีการถ่ายภาพขวดในลักษณะท่าทางที่เกิดขึ้นได้ เมื่อลำเลียงขวดเข้ามาในสายพาน รูปภาพเหล่านี้ซึ่งจัดไว้ เป็นชุดฝึกหัด ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกรวบรวมเข้าสู่ เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดในการจัดการในส่วน ประมวลผลเพื่อตรวจจับวัตถุจากกล้อง คอมพิวเตอร์ โดย จะมีขั้นตอนการป้อนข้อมูลดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลเข้าเป็นชุดข้อมูล 300 ภาพ โดยแบ่งเป็นชุดฝึก (200 ภาพ) และชุดทดสอบ (50ภาพ) ชุดตรวจสอบ (50ภาพ)

ขั้นตอนที่ 2 คุณสมบัติรูปร่างของขวดถูกแยก ออกจากพื้นหลัง โดยขวดที่นำมาปะปนกันมีทั้งหมด 6 แบบ แต่ละภาพมีขนาด 256 × 256 พิกเซล

ขั้นตอนที่ 3 ใช้โปรแกรม YOLO ในการเทรนด ข้อมูลปรับค่าเพื่อทำให้ข้อผิดพลาดเฉลี่ยของการ ตรวจสอบน้อยที่สุด.

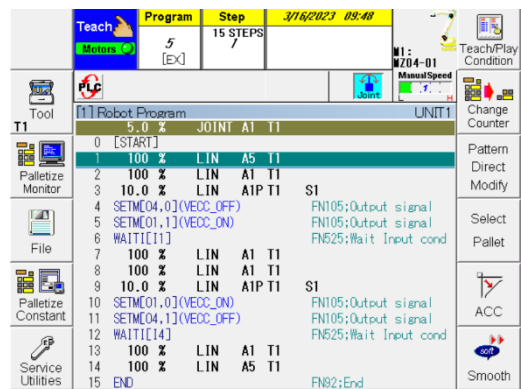
ขั้นตอนที่ 4 ชุดข้อมูลทดสอบถูกสร้างขึ้นโดยการ สุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและใช้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ของตัวแมชชีนเลิร์นนิง แก๊ซพารามิเตอร์ในการเทรนด ข้อมูลใหม่จนได้ความแม่นยำที่น่าพอใจ



ภาพที่ 1 ขวด 6 แบบที่ใช้ในการทดลอง

แขนกลจะทำหน้าที่คัดแยกชิ้นงานเมื่อได้รับ สัญญาณจากระบบการมองเห็น โดยจะทำการโปรแกรม ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังชิ้นงานเพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการ ออกจากสายพานลำเลียงโดยคัดแยกมาเก็บไว้ในกล่องที่ กำหนด การโปรแกรมโดยใช้แป้นควบคุม เมื่อขวดอยู่ใน ตำแหน่งที่กล้องตรวจสอบ จะทำการบังคับควบคุมให้แขน กลเคลื่อนที่ โดยจะทำการทดลองออกแบบการเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์เพื่อไปเก็บชิ้นงาน จริง โดยแขนกล

จะเคลื่อนที่เป็นลำดับขั้นตอนตั้งแต่การเอื้อมแขน กลไปยังวัตถุจนกระทั่งนำขวดมาวางไว้ยังตำแหน่งที่ กำหนด



ภาพที่ 2 โปรแกรมควบคุมแขนกล

กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Joint เคลื่อนที่ในท่าเตรียมพร้อม ด้วยความเร็ว 5% เมื่อหุ่นยนต์อยู่ในท่าเตรียมพร้อม จะมีคำสั่งในการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทำงาน ดังนี้

- 0 : เริ่ม Start
- 1 : กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A5 (ต่ำสุด) เพื่อลงไปยังชิ้นงาน
- 2 : เมื่อใกล้ถึงชิ้นงาน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)
- 3 : เมื่อใกล้ถึงจุดที่หุ่นยนต์จะไปจับชิ้นงาน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 10% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1P (พิเศษสูงสุด)
- 4 : ปิดวาล์ว vacuum off เป็น 0
- 5 : เปิดวาล์ว vacuum on เป็น 1
- 6 : รอสัญญาณจากระบบวิชั่น
ถ้าระบบวิชั่นตรวจพบชิ้นงานที่ต้องการจะทำการจับชิ้นงาน ดังนี้
- 7 : ทำการหยิบชิ้นงานขึ้นมา กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)
- 8 : เหยียงแขน เพื่อนำขวดไปเก็บไว้ใน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)
- 9 : เคลื่อนที่ใกล้จุดวางขวด กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 10% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1P (พิเศษสูงสุด)
- 10 : เปิดวาล์ว vacuum off เป็น 1
- 11 : ปิดวาล์ว vacuum on เป็น 0
- 12 : รอสัญญาณที่ไม่มีขวดอยู่บนปลาย gripper

13 : เคลื่อนที่ ออกจากจุดที่ วางขวด กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

14 : กลับไปยังท่าเตรียมพร้อมกำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A5 (ต่ำสุด)

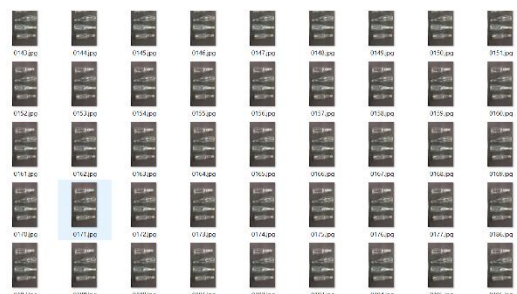
15 : จบโปรแกรม

โดยแขนกลจะเป็นแขนกลสำเร็จใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม โดยนำขวดวางอยู่บนสายพานที่ได้สร้างขึ้นมา สามารถวางขวดให้เคลื่อนที่ไปตามสายพานเพื่อให้กล้องตรวจสอบตามตำแหน่งที่กำหนด โดยอุปกรณ์จะต้องทำงานร่วมกัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล/

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดสอบการประมวลผลภาพ โดยขวดชนิดต่างๆจะถูกถ่ายไว้บนสายพาน โดยไม่มีรูปแบบการวางที่แน่นอน เพื่อทดสอบการระบุชิ้นงานจากการประมวลผลภาพผลการถ่ายภาพด้วยกล้อง ออกมาเป็นภาพ และทำการคัดเลือกภาพเพื่อทำการเทรนหาโมเดลในการคัดแยกขวดจำนวน 200 ภาพจากภาพทั้งหมด 300 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเทรน

การเทรนภาพที่ถ่ายด้วยกล้อง จะระบุชิ้นงานเพื่อให้ระบบได้เรียนรู้โดยการทำให้ Labeling และเทรนโมเดล ด้วยอัลกอริทึม YOLOv5 เมื่อเทรนโมเดลแล้ว จะได้โมเดลต้นแบบออกมาหลังจากนั้น

จำเป็น ต้องทำการประเมินโมเดลในแต่ละแบบเพื่อหาโมเดลที่แม่นยำที่สุด และจะนำโมเดลที่ดีที่สุดนั้นไปตัวแทนในการทำงานเพื่อคัดแยกชิ้นงานภาพเพื่อนำมาทำการเทรนโมเดล โดยได้ผลดังภาพที่ 4 เมื่อระบบประมวลผลภาพตรวจสอบชิ้นงาน และพบว่าขวดดังกล่าวเป็นชิ้นงานที่ทำการคัดแยกออกมาแขนกลจะทำการเคลื่อนที่เข้าไปหยิบชิ้นงานและนำไปวางบนจุดที่กำหนด โดยได้ตำแหน่งตามจุดต่างๆแสดงดังภาพที่ 5 โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของแขนกล จะมีลักษณะการจำลองการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 6 โดยตรวจพบชิ้นงานจะติกรอบสีแดงพร้อมแสดงค่าความมั่นใจในการตรวจสอบว่าเป็นวัตถุที่ต้องการออกมาเป็นตัวเลข

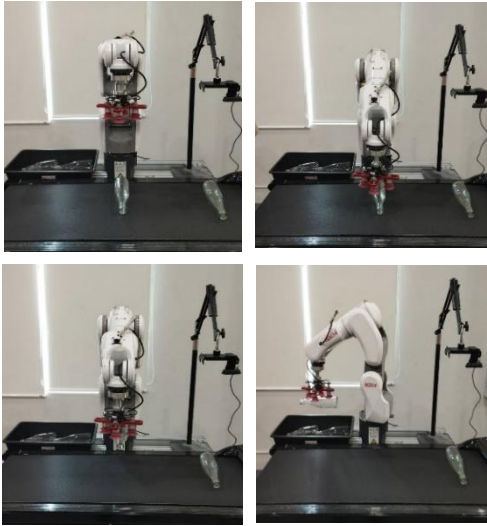


ภาพที่ 4 ภาพจากการตรวจสอบ

การทดลองการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบวิชั่นร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยการคัดแยกขวดจะวางอยู่บนสายพานลำเลียงแบบคละ การคัดแยกขวด โดยใช้ การประมวลผลภาพโดยการสร้างอัลกอริทึมโมเดลในการจำแนกขวดที่คละกันบนสายพาน โดยใช้หลักการ การเรียนรู้ของระบบเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจดจำลักษณะของขวดที่ต้องการคัดแยกออกมา ซึ่งสามารถถ่ายภาพที่มีขนาด 160 x 120 พิกเซล และนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วย YOLOv5 โดยจะทำงานร่วมกับแขนกล เพื่อทำการหยิบชิ้นงานและคัดแยกขวดที่ต้องการ โดยจะทำการทดสอบ วางขวดลงบนสายพานแบบคละและให้ระบบวิชั่นตรวจสอบ ส่งสัญญาณไปยังแขนกลคัดแยกหยิบจับชิ้นงาน

	Teach	Program	Step	3/16/2023 09:59			
Step Keep Complete		5 [Ex]	15 STEPS	M1: W204-01			Find Function
	Robot Program			Manual Speed			
Search Direction	UNIT						Cut
	1 1RM04-01	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	
Program Conversion	2 V ANG -1.91	77.41	-19.83	0.13	-54.45	-19.88	Copy
	3 V ANG -103.27	60.28	-26.22	0.20	-30.83	-19.08	
Order Direction	4 SETM04.03(VECC_OFF)	FN105:Output signal					Paste
	5 SETM01.13(VECC_ON)	FN105:Output signal					Cancel
Screen Separation	6 WAITI[11]	FN255:Wait Input cond					
	7 V ANG -1.91	77.41	-19.83	0.13	-54.45	-19.88	Complete
	8 V ANG -103.27	77.33	-19.74	0.99	-54.58	-32.46	
	9 V ANG -103.27	46.00	-24.45	2.52	-19.83	-34.28	
	10 SETM01.03(VECC_ON)	FN105:Output signal					
	11 SETM04.13(VECC_OFF)	FN105:Output signal					
	12 WAITI[14]	FN255:Wait Input cond					
	13 V ANG -103.27	72.33	-23.27	1.12	-46.04	-32.67	
	14 V ANG 0.00	92.88	-2.68	0.00	-86.86	-16.99	
	15 END	FN252:End					
The function can be inserted with the "FN" key.							

ภาพที่ 5 พิกัดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



ภาพที่ 6 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ตารางที่ 1 การทำงานร่วมกันระบบวิชั่นและแขนกล

ลำดับ	ระบบวิชั่น	ระบบแขนกล
1	✓	✓
2	✓	✓
3	✓	✓
4	✓	✓
5	✓	✓
6	✓	✓
7	✓	✓
8	✓	✓
9	✓	✓
10	✓	✓

จากผลการทดลองโดยได้ทำการสุ่มวางขวดบนสายพานเพื่อให้กล้องระบุขวดที่ต้องการและส่งสัญญาณให้หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานที่ต้องการไปไว้ในจุดที่กำหนด จะเห็นว่าระบบคัดแยกขวดโดยใช้ระบบประมวลผลภาพในการคัดแยกขวดที่วางบนสายพานคละกับขวดชนิดต่างๆ ระบบวิชั่นสามารถตรวจพบและคัดแยกขวดที่ต้องการ ได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณใน

การประมวลผลภาพหนึ่งประมาณ 0.2 วินาที โดยไม่รวมการนำภาพเข้าระบบ แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงานในบริเวณที่กำหนดอย่างแม่นยำ โดยสามารถนำขวดไปวางเก็บไว้ในบริเวณที่กำหนด โดยใช้เวลาในการหยิบจับจนถึงวางชิ้นงานและกลับไปท่าเตรียมพร้อมเพื่อทำการรอสัญญาณต่อไปใช้เวลาประมาณ 14 วินาที โดยระยะจัดเก็บชิ้นงานวางด้านข้างลำตัวหุ่นยนต์และมิกซ์ล่องไว้จัดเก็บเพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการโดยเฉพาะ ข้อมูลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการถ่ายภาพขวดที่ลำเลียงบนสายพานที่ระยะ 47 เซนติเมตร จากตัวกล้อง มีความแม่นยำในการตรวจพบและผลการคัดแยกขวดมีความถูกต้อง และแม่นยำ สามารถบอกความแตกต่างและคัดแยกชิ้นงานที่ต้องการออกมาได้

4. สรุปผลการทดลอง/ สรุปผลการวิจัย

สามารถคัดแยกขวด โดยใช้การประมวลผลภาพโดยการสร้างอัลกอริทึม โมเดลในการจำแนกขวดที่คละกันบนสายพานโดยใช้หลักการการเรียนรู้ของระบบเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจดจำลักษณะของขวดที่ต้องการคัดแยกออกมา และนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ได้ โดยสามารถนำภาพจากกล้องมาประมวลผลด้วย YOLOv5 ได้มีการสร้างโมเดลจากการถ่ายภาพในรูปแบบลักษณะต่างๆ เพื่อให้ตัวเครื่องจดจำรูปแบบของขวดที่ต้องการ หลังจากนั้นได้และทำการตรวจสอบความแม่นยำของโมเดลด้วยการทดลองที่เตรียมไว้ โดยข้อมูลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการถ่ายภาพขวดที่ลำเลียงบนสายพาน มีความแม่นยำในการตรวจพบและผลการคัดแยกขวดมีความถูกต้อง และแม่นยำ สามารถบอกความแตกต่างและคัดแยกชิ้นงานที่ต้องการออกมาได้ แขนกลสามารถหยิบจับขวดคัด

แยกขดที่ต้องการออกมาเก็บยังตำแหน่งที่กำหนดได้ โดยการหยิบจับจะมีความแม่นยำตรงตำแหน่งในการจัดเก็บ ทำให้ระบบสามารถคัดแยกขดเพื่อจัดเก็บนำเฉพาะขดที่ต้องการคัดแยกไปรีไซเคิล ระบบควรได้รับการพัฒนาต่อไป การลำเลียงทำให้ขดเคลื่อนที่ได้เร็วและตรงตามตำแหน่งในการตรวจสอบ จะช่วยให้ใช้เวลาอันน้อยลงและนำไปสู่การทำออกมาเป็นระบบจริงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณ บริษัท เลิศวิสัย แอนด์ซัน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในด้านต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Zhang X, Xu J, Fu H, Hu S. Research on Moving Arm Grasping Based on Computer Vision. IEEE; 2022. p. 298-301.
- [2] Putri SFM, Mardiaty R, Setiawan AE. The Prototype of Arm Robot for Object Mover Using Arduino Mega 2560. IEEE; 2022. p. 1-6.
- [3] Cong VD. Visual servoing control of 4-DOF palletizing robotic arm for vision based sorting robot system. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM). 2022;1-12.
- [4] Hanh LD, Phuc HT. Simultaneously extract 3D seam curve and weld head angle for robot arm using passive vision.

International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM) . 2022;16(3):1125.

- [5] Markert T, Matich S, Neykov D, Muenig M, Theissler A, AtzmueLLer M. Visual Detection of Tiny and Transparent Objects for Autonomous Robotic Pick-and-Place Operations. IEEE; 2022. p. 1-4.
- [6] Rodziewicz- Bielewicz J, Korzeń M. Comparison of Graph Fitting and Sparse Deep Learning Model for Robot Pose Estimation. Sensors (14248220). 2022 ;22(17):6518.
- [7] Sawant N, Tyagi A, Sawant S, Tade SL. Implementation of Faster RCNN Algorithm for Smart Robotic ARM Based on Computer Vision. IEEE; 2022. p. 1-6.
- [8] Rakshit A, Pramanick S, Bagchi A, Bhattacharyya S. Autonomous grasping of 3-D objects by a vision-actuated robot arm using Brain- Computer Interface. Biomedical Signal Processing and Control. 2023;84.
- [9] Cong Vo D, Hanh Le D, Phuong Le H, Duy Dang A. Design and development of robot arm system for classification and sorting using machine vision. FME Transactions. 2022;50(1):181-.
- [10] Ali A, Mohammad Hassan R, Ju Hong P. Computer Vision-Based Path Planning for Robot Arms in Three- Dimensional

- Workspaces Using Q-Learning and Neural Networks. Sensors. 2022;22(1697):1697-.
- [11] SINGHATA N. The 2D Barcodes Identify the Workpieces by using Microcontroller Interface between Image Processing and PLC Machine. Walailak Journal of Science and Technology (WJST) . 2021;18(18):9539.
- [12] Yu-Ting S, Tzue-Hseng SL, Meng-Xue C, Song-Jin L, Cheng-Yeh Y, Chang-Wen W, et al. A Fully Automatic Calibration for Vision- Based Selective Compliance Assembly Robot Arm and Its Application to Intelligent Wafer Inspection Scheduling. IEEE Access. 2022;10:50100-13.

