



รายงานวิจัย

การตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบวิชั่นร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม
An image vision and automatic detection system for arm robot



ทวิวงศ์ อัครเลิศเศรษฐ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงเทพ
งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. ๒๕๖๕
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รายงานวิจัย

การตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบวิชันร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม
An image vision and automatic detection system for arm
robot



ทวิวงศ์ อัครเลิศเศรษฐ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงเทพ
งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. ๒๕๖๕
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ 2565 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ในสาขาทุนวิจัย หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน และบริษัท เลิศวิทย์แอนด์ซันส์ จำกัด ในการเอื้อเฟื้อความรู้ และอุปกรณ์ ต่างๆ

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการแนะนำ ให้ความรู้ ทั้งด้านการประมวลผลภาพ และแขนกล ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

หวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจหรือผู้ที่ต้องการศึกษา และสามารถนำเทคนิควิธีการไปประยุกต์ใช้งานกับการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้

ทวิวงศ์ อัครเลิศเศรษฐ์



บทคัดย่อ

แขนกลสามารถทำงานหยิบและขึ้นงานและทำงานหลายอย่างที่มีความเสี่ยงแทนมนุษย์ได้ บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การใช้แขนกลอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกขวดจำแนกหยิบจับขวดที่ต้องการ โดยใช้ระบบการมองเห็นด้วยระบบวิชั่นโดยใช้การตรวจจับวัตถุด้วยโปรแกรม YOLO เพื่อจำแนกวัตถุตามรูปร่างโดยใช้การมองเห็นผ่านกล้อง ในการทดลองได้ใช้ขวดที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน 6 ชนิด นำมาทำการทดสอบ โดยใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง ใช้ภาพ 300 ภาพ จำแนกออกเป็น การเรียนรู้ 200 ภาพ ใช้ตรวจสอบ 50 ภาพ และใช้ทดสอบอีก 50 ภาพ จากนั้นนำระบบวิชั่นไปทดสอบให้ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์เพื่อหยิบจับคัดแยกขวดขึ้นงานที่ต้องการนำใส่กล่องเพื่อนำไปรีไซเคิล

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 YOLO 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. There are 300 images of dataset for 200 training image, 50 validation image and 50 test images. Vision system can be separated the target bottle from other things and move it into recycle box with robot arm.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 ปรัชญ์วรรณกรรม.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	3
1.4 ขอบเขต.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1. แขนกลอุตสาหกรรม.....	4
2.2 การควบคุมแขนกลอุตสาหกรรม.....	5
2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล.....	13
2.4 รายละเอียดในการ Teach.....	18
2.5 การทำงานแบบอัตโนมัติ.....	19
2.6 การประมวลผลภาพ.....	19
2.7 โปรแกรมการประมวลผลภาพ.....	21
2.8 สัดส่วนของชุดข้อมูล.....	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	25
3.2 แผนการดำเนินงาน.....	25
3.3 ระเบียบวิธีร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม.....	26
3.4 การประมวลผลภาพ.....	27
3.5 แขนกลอุตสาหกรรม.....	30
3.6 เครื่อง CFDs อุปกรณ์ควบคุมแขนกล.....	33
3.7 โปรแกรมประมวลผล.....	34
3.8 การสั่งการแขนกล.....	39
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	
4.1 การระบุชิ้นงานด้วยระบบประมวลผลภาพ.....	42
4.2 การเก็บชิ้นงานของแขนกล.....	48
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	50
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	50
5.3 อภิปรายผลวิจัย.....	50
5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย.....	51

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.5 ข้อเสนอแนะงานวิจัย.....	51
เอกสารอ้างอิง.....	52



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการทำงานของแป้นควบคุม.....	7
ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรมการวิจัย.....	25
ตารางที่ 3.2 เบื้องต้นของแผนวงจรควบคุมแขนกล.....	33
ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดลอง.....	50



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	โครงสร้างของแขนกล และเครื่องควบคุมชนิด AX.....	5
รูปที่ 2.2	แป้นควบคุมและตัววงจร.....	6
รูปที่ 2.3	แป้นควบคุม.....	6
รูปที่ 2.4	หน้าจอแสดงผล.....	11
รูปที่ 2.5	ฟังก์ชันการใช้งาน 1.....	12
รูปที่ 2.6	ฟังก์ชันการใช้งาน 2.....	13
รูปที่ 2.7	ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ Joint coordinate system.....	13
รูปที่ 2.8	ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ Robot coordinate system.....	14
รูปที่ 2.9	ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ Tool coordinate system.....	15
รูปที่ 2.10	ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ User coordinate system.....	15
รูปที่ 2.11	ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ World coordinate system.....	16
รูปที่ 2.12	ระบบพิกัดเครื่องและโลกในการตั้งบนพื้นแบบต่างๆ.....	17
รูปที่ 2.13	ฟังก์ชันการทำงาน.....	18
รูปที่ 2.14	รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ Circular interpolation.....	19
รูปที่ 2.15	กล่องเว็บแคม.....	20
รูปที่ 2.16	สัดส่วนการแบ่งข้อมูลในการเรียนรู้.....	21
รูปที่ 3.1	แผนผังการดำเนินโครงการ.....	25
รูปที่ 3.2	โครงสร้างระบบวิชชั่นร่วมกับแขนกล.....	26
รูปที่ 3.3	กล่องเว็บแคม.....	27
รูปที่ 3.4	ฐานตั้งกล้อง.....	28
รูปที่ 3.5	สายพานลำเลียง.....	29
รูปที่ 3.6	ขดใช้ในการทดลอง.....	29
รูปที่ 3.7	ขดที่ต้องการคัดแยก.....	30
รูปที่ 3.8	แขนกลหยิบจับชิ้นงาน.....	31
รูปที่ 3.9	แป้นควบคุม.....	32
รูปที่ 3.10	เครื่องควบคุมแขนกล.....	34
รูปที่ 3.11	การตีกรอบชิ้นงาน.....	35
รูปที่ 3.12	การแบ่งชิ้นงานออกเป็นชั้น.....	36
รูปที่ 3.13	รูปภาพที่ใช้ในการเทรน.....	37
รูปที่ 3.14	การสร้าง Label image.....	37
รูปที่ 3.15	ไฟล์การเทรนข้อมูล.....	38
รูปที่ 3.16	การสร้างไฟล์ที่ใช้ในการเทรน.....	38
รูปที่ 3.17	รายละเอียดไฟล์ที่ใช้ในการเทรน.....	39
รูปที่ 3.18	คำสั่งการทำงานของหุ่นยนต์.....	40

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.19 ระบบการทำงานของแขนกล.....	41
รูปที่ 4.1 ภาพจากกล้อง.....	42
รูปที่ 4.2 ภาพใช้ในการเทรน.....	43
รูปที่ 4.3 ภาพใช้ในการ validation.....	44
รูปที่ 4.5 ผลจากตรวจสอบโดยนำโมเดลมาใช้งานจริง.....	47
รูปที่ 4.6 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....	48
รูปที่ 4.7 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เมื่อตรวจพบชิ้นงาน.....	49



บทที่ 1

บทนำ

มนุษย์ได้พัฒนาเครื่องจักรที่สามารถทำงานแทนคนได้โดยหุ่นยนต์ที่มนุษย์สร้างขึ้นมาได้แบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะการใช้งาน แขนกลเป็นอุปกรณ์ ประเภทหนึ่งที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นมา โดยแขนกลจะแบ่งออกตามลักษณะการเคลื่อนที่ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงานเพื่อสะดวกในการขนย้ายสิ่งของ แต่การทำให้หุ่นยนต์สามารถขนย้ายสิ่งของได้ดียิ่งขึ้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วย เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ดียิ่งขึ้น เช่น การเพิ่มเซนเซอร์ จะช่วยเพื่อเสริมข้อบกพร่องในความสามารถของหุ่นยนต์ให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น กล้องเป็นเซนเซอร์ที่สำคัญ และสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้เครื่องจักรตรวจสอบชิ้นงานได้ตามต้องการ การเพิ่มกล้องจะช่วยเพิ่มการมองเห็นในหุ่นยนต์ทำให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจ และปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการคัดแยก หรือคัดแยกชิ้นงานที่มีความคล้ายกันได้ ในอุตสาหกรรมต่างๆจึงนิยมหันมาใช้กล้องเป็นเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบและทำงานร่วมกับเครื่องจักรชนิดต่างๆ ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจและเกิดแนวทางการประยุกต์การทำงานของแขนกลเคลื่อนที่อัตโนมัติโดยใช้กล้อง คณะผู้จัดทำจึงเริ่มจากศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขต และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับตามลำดับเพื่อพัฒนาทฤษฎี การทำงานของระบบดังกล่าว และหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาและนำไปใช้ให้เกิดขึ้นจริงในอนาคต

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรงงานต่างๆต้องมีการปรับตัวศึกษาระบบดังกล่าวอย่างจริงจัง ในโรงงานอุตสาหกรรมแขนกลเริ่มมีบทบาทและมีความสำคัญในการทำงานแทนคนอย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากแขนกลได้ปรับตัวให้มีขนาดเหมาะสมและใช้งานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนที่เพิ่มมากขึ้น งานบางประเภทจะมีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยต่อมนุษย์ และปัญหาที่พบในโรงงานในการใช้หุ่นยนต์แทนคน ส่วนใหญ่โรงงานขาดผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมหุ่นยนต์ ดังนั้นองค์กรการศึกษาควรเป็นแหล่งให้ความรู้กับผู้ที่สนใจศึกษาการทำงาน of แขนกลอุตสาหกรรมได้ แขนกลในโรงงานจะมีความสามารถทำงานตามความต้องการของผู้ผลิต จำเป็นต้องทราบองค์ประกอบการทำงาน และควบคุมแขนกลทั้งการติดตั้งระบบทางฮาร์ดแวร์และ การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้างานมีลักษณะเฉพาะ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ เซนเซอร์ที่เหมาะสมเข้ามาทำงานร่วมกันกับแขนกล ในปัจจุบันการประมวลผลภาพโดยใช้กล้องได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการใช้ร่วมกับการทำงานของแขนกล เพราะกล้องเปรียบเสมือนดวงตาของแขนกลทำให้แขนกลทราบข้อมูลวัตถุที่กำลังหยิบจับ หรือร่วมทำงานด้วย โดยภาพที่ได้จากกล้องจะนำไปทำการประมวลผลภาพเปลี่ยนเป็นสัญญาณจากภาพส่งไปให้กับแขนกล เพื่อให้แขนกลเข้าใจ และทำงานตามที่ต้องการ การเลือกโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลภาพให้เป็นข้อมูลออกมา และสามารถแปลข้อมูลเหล่านั้นให้กับหุ่นยนต์จึงเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ผู้ใช้งานต้องใช้เวลาและความเข้าใจ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ งานที่ซับซ้อนการวิเคราะห์วัตถุชิ้นงานโดยให้

แขนกลจดจำและเรียนรู้ข้อมูลเพื่อให้แขนกลสามารถตัดสินใจ และมีความชาญฉลาดมากขึ้น จำเป็นต้องใช้การประมวลผลภาพ โดยนำศาสตร์ความรู้ ด้าน Machine learning เข้ามาในระบบ จะทำให้การทำงานในการตัดสินใจเลือกชิ้นงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ดียิ่งขึ้นและลดข้อจำกัดจากการใช้เพียงการประมวลผลภาพลงได้ โดยเครื่องจักรจะสามารถเรียนรู้ระบบจากการป้อนข้อมูลทำให้หุ่นยนต์มีความฉลาดและตัดสินใจได้ดีมากยิ่งขึ้น

การนำความรู้ที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ใช้งานต้องมีการเรียนรู้ และมีทักษะเพื่อนำไปควบคุมการทำงานภายในองค์กร ดังนั้นสถาบันการศึกษาควรเป็นผู้เชี่ยวชาญและเผยแพร่องค์ความรู้สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาระบบการทำงานของแขนกล ให้กับทั้งนักศึกษาภายใน และบุคคลที่ต้องการเรียนรู้การทำงานของแขนกลจากภายนอกได้ โดยงานวิจัยชิ้นนี้จำเป็นต้องอาศัยความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมและควบคุมแขนกล โดยใช้การประมวลผลภาพในการตัดสินใจและคัดแยกชิ้นงาน และนำอัลกอริทึมจากการใช้ Machine learning ร่วมกับวิธีการประมวลผลภาพด้วย Machine learning จะทำให้สามารถตัดสินใจและลดความผิดพลาดในการคัดแยกได้ดีมากกว่าใช้วิธีการประมวลผลภาพเพียงอย่างเดียว

1.2 ปรัชญาวรรณกรรม

แขนกลได้มีการนำมาใช้แทนแรงงานคนในอุตสาหกรรมต่างๆมากยิ่งขึ้น เนื่องจากลดปัญหาความเหนื่อยล้าที่เกิดจากคน และสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องพัก โดยปัจจุบันได้มีการใช้แขนกลมากขึ้นเรื่อยๆโดยมักจะใช้หุ่นยนต์หยิบจับสิ่งของต่างๆแทนคน (1) ในการทำงานของแขนกลจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมควบคุมและนำเซนเซอร์ที่ช่วยให้การทำงานของหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพและตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น แขนหุ่นยนต์ถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่มนุษย์งานด้านอุตสาหกรรม เช่น การเคลื่อนย้ายและจัดกลุ่มสิ่งของไปยังสถานที่ที่กำหนดไว้ (2) การใช้คนแทนหุ่นยนต์จำเป็นต้องมีเซนเซอร์เพื่อตรวจจับและส่งสัญญาณให้หุ่นยนต์รับรู้ การใช้กล้องเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมารวมใช้เข้ากับหุ่นยนต์เนื่องจากการประมวลผลภาพเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่น และสามารถตรวจสอบได้หลากหลายตอบโจทย์หลายอย่างสำหรับกระบวนการตรวจสอบและการผลิต อีกทั้งข้อดีในการใช้วิธีการประมวลผลภาพ ได้มีการนำเสนออัลกอริทึมเพื่อตรวจจับและจัดประเภทวัตถุและแยกคุณสมบัติของรูปภาพ เนื่องจากความเรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพ ในการประมวลผลภาพและอัลกอริทึมการแสดงผลภาพจึงสามารถนำไปใช้ได้แบบเรียลไทม์บนคอมพิวเตอร์ฝังตัวที่มีต้นทุนต่ำ (3) และมีนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความสนใจนำเอากล้องมาประยุกต์ใช้ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยเฉพาะงานเชื่อมหรือลักษณะงานหลายประเภทที่อาจส่งผลทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพคน จึงมีหลายคนที่ให้ความสนใจใช้หุ่นยนต์ทำงานแทนคนโดยปรับวิธีการระหว่างการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์ โดยใช้กล้อง 3D และระบบเลเซอร์ซึ่งติดไว้ที่ end-effector ของหุ่นยนต์เพื่อทำการเชื่อมในบริเวณมุมหรือที่ที่มีความสำคัญ โดยมีการบันทึกเส้นเชื่อมจากนั้นใช้อัลกอริทึมการแก้ไขวิถีการเคลื่อนที่จะถูกคำนวณและส่งไปยังหุ่นยนต์ 6 แกน ทำให้เชื่อมได้ดียิ่งขึ้น (4) สำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กและมีลักษณะพิเศษเช่นชิ้นงานมีลักษณะโปร่งใส การทำงานจำเป็นต้องมีความแม่นยำสูงสุด วิธีการประกอบด้วยคนในปัจจุบันเป็นเรื่องยากใช้เวลานาน และเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย หุ่นยนต์ 6 แกน พร้อมแขนจับส่วนปลายและติดกล้องเพื่อตรวจจับวัตถุขนาดเล็กนี้ได้ (5) แขนหุ่นยนต์เป็นกลไกทรงพลังที่ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อดำเนินการหยิบ

และวางแผนด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้กล้องเพื่อจับภาพทางของหุ่นยนต์ได้ (6) ในงานที่ซับซ้อนแขนกลจะทำงานสำเร็จได้ต้องมีการตัดสินใจที่ชาญฉลาดด้วยสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงทำให้ไม่สามารถปรับตัวได้ดี แขนกลจึงต้องการการแทรกแซงจากมนุษย์เพื่อกำหนดโปรแกรมใหม่ตามความต้องการและปฏิบัติตามคำสั่งเท่านั้น อย่างไรก็ตาม แขนหุ่นยนต์อัจฉริยะสามารถสร้างให้มีความสามารถเพียงพอที่จะตัดสินใจสำหรับงานต่างๆโดยใช้แมชชีนเลิร์นนิงในการแก้ปัญหาบางอย่างได้ (7) ข้อเสียเปรียบที่สำคัญของการจัดการหุ่นยนต์ที่ใช้ส่วนต่อประสานระหว่างคอมพิวเตอร์กับสมอง คือการวางแผนวิถีที่ซับซ้อนของแขนหุ่นยนต์ที่ผู้ใช้งานจะดำเนินการ เพื่อเข้าถึงและจับวัตถุ การวางแผนวิถีที่ซับซ้อนของแขนหุ่นยนต์ที่ผู้ใช้จะดำเนินการเพื่อเข้าถึงและจับวัตถุ การตรวจจับการจับบน Convolutional Neural Network (CNN) แบบใหม่ ซึ่งช่วยให้หุ่นยนต์เข้าถึงและจับวัตถุที่ต้องการทำให้หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดียิ่งขึ้น (8) การออกแบบและพัฒนาระบบแขนหุ่นยนต์สำหรับการจำแนกและคัดแยกวัตถุตามรูปร่างและขนาดโดยใช้วิธีซินซิสเต็ม การควบคุมดังกล่าวจะทำให้ใช้ต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูง (9) ดังนั้นการสื่อสารระหว่างการผลิตผลภาพ และหุ่นยนต์จึงมีความสำคัญโดยจำเป็นต้องใช้เทคนิคเพื่อเชื่อมต่อระบบการทำงานทั้งหุ่นยนต์ และระบบการผลิตผลภาพให้ทำงานร่วมกันได้ (10) การพัฒนาวิธีการต่างๆจะสามารถใช้ในระบบการทางอุตสาหกรรมเพื่อลดเวลาที่ต้องใช้ในการทำงานของสายการผลิตให้สำเร็จ ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 วัตถุประสงค์

- 1.3.1 เข้าใจระบบการมองเห็นในแขนกลอุตสาหกรรมเพื่อนำองค์ความรู้ไปพัฒนาการทำงานของแขนกลในโรงงานอุตสาหกรรม
- 1.3.2 สามารถตรวจสอบชิ้นงานจากระบบการมองเห็นและส่งให้แขนกลทำงานได้
- 1.3.3 เรียนรู้การควบคุมแขนกลโดยใช้การประมวลผลภาพ ในการทำงานและระบุสิ่งของ

1.4 ขอบเขต

- 1.4.1 แขนกลสามารถรับข้อมูลจากกล้องได้เคลื่อนที่อัตโนมัติไปยังเป้าหมายในพื้นที่ภายในบริเวณที่กล้องมองเห็นได้
- 1.4.2 แขนกลสามารถคัดแยกชิ้นงานได้
- 1.4.3 สามารถกำหนดตำแหน่งให้แขนกล เคลื่อนไปยังบริเวณที่กำหนดได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ด้านวิชาการ
มีองค์ความรู้เกี่ยวกับการควบคุมแขนกล ทำงานร่วมกับระบบการมองเห็นและ ได้แนวทางการพัฒนาต่อแขนกลโดยใช้หลักการองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมมาใช้งานในระบบจริง
- 1.5.2 ด้านสังคม
เพื่อบริการในอุตสาหกรรมต่างๆได้ พัฒนาต่อเพื่อทำการเรียนการสอน และเผยแพร่องค์ความรู้กับบุคคลที่สนใจในระบบแขนกลอัตโนมัติ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบแขนกลทำงานร่วมกับกล้อง เพื่อทำการคัดแยกชิ้นงานให้สามารถจัดเก็บในตำแหน่งที่กำหนด โดยในบทที่ 2 นี้จะนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้งานการออกการจัดเก็บชิ้นงานและการการควบคุมแขนกลและหลักการการประมวลผลภาพด้วย Machine learning โดยได้อธิบาย ทฤษฎี หลักการของหุ่นยนต์ การประมวลผลภาพ รวมถึงการเขียนโปรแกรม ที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

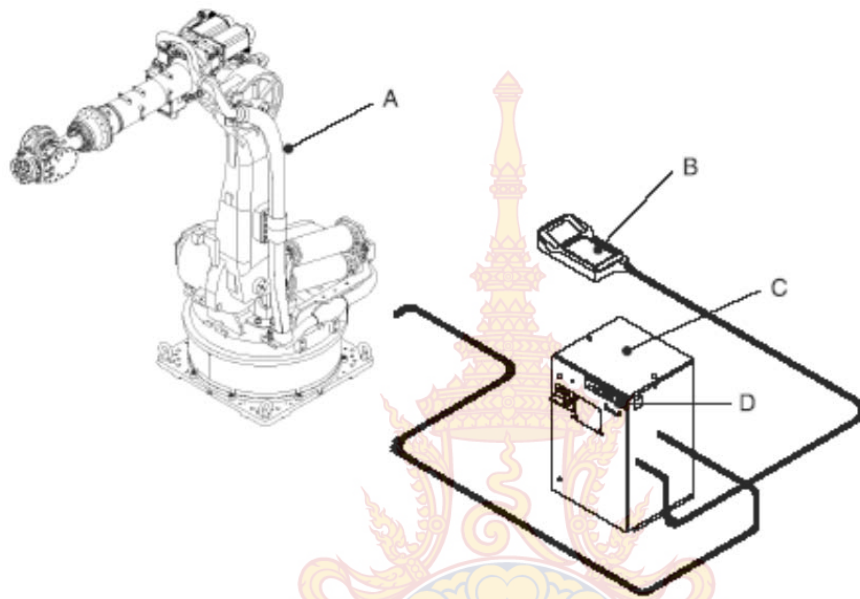
2.1. แขนกลอุตสาหกรรม

แขนกลเป็นหุ่นยนต์ชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในวงการอุตสาหกรรมการผลิต ได้ถูกนำมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ในงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องตลอดโดยไม่มีการเหนื่อยล้า หรือหยุดพัก โดยลักษณะงานที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่มีลักษณะส่งผลทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ งานที่หนักและยากเกินข้อจำกัดการทำงานของมนุษย์ มนุษย์สามารถทำงานได้ทุกอย่างแต่ข้อจำกัดของมนุษย์นั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องยาวนานจะเกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าจึงต้องมีการพักผ่อน เมื่อคนทำงานในที่อันตรายเช่นงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่มีพิษ ถ้าป้องกันไม่ดีก็จะส่งผลต่อสุขภาพได้ เมื่อเป็นข้อจำกัดอย่างนี้หุ่นยนต์ก็จะเข้ามามีบทบาทในการทำงานดังกล่าว นอกจากนี้หุ่นยนต์ยังมี ประสิทธิภาพการทำงานที่ดี มีความแน่นอน แม่นยำ สามารถทำงานผลิตได้โดยไม่ต้องพัก ส่วนข้อเสียของหุ่นยนต์คือจะมีราคาสูง ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมหุ่นยนต์ ไม่เหมาะในโรงงานที่กำลังผลิตน้อย

แขนกลอุตสาหกรรมมีส่วนประกอบมีส่วนประกอบหลักได้แก่ ฐาน (Base) ของหุ่นยนต์ ท่อนชิ้นส่วนที่เป็นแขนกล ข้อต่อจุดหมุน (Joints) ตามชิ้นส่วนที่ต่อกัน ปลายของแขนกลที่ใช้ทำงาน เช่น มือคีบจับ หัวเชื่อม อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วนงานเฉพาะเช่น ปืนพ่นสี หัวเจาะ ฯลฯ คอมพิวเตอร์ที่มาควบคุมแขนกลนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมในส่วนที่เป็นมอเตอร์มีความสามารถหมุน และหยุดได้ตามความต้องการ ตามระยะที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ และสามารถทำซ้ำ ๆ กันได้ในการเคลื่อนที่ แขนกลจะมีระบบเซ็นเซอร์ไว้คอยตรวจจับการทำงานเพื่อให้หุ่นยนต์นั้นได้มีการ เคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง เกิดความแน่นอนในการเคลื่อนที่ของแขนกล แขนกลอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะมีข้อต่อ 6 ข้อต่อ โดยคล้ายกับแขนของมนุษย์ที่เริ่มนับจากหัวไหล่ ข้อศอก และมือ ในหุ่นยนต์จะมีฐานหุ่นคล้ายขาเพื่อรองรับโครงสร้างที่มีการเคลื่อนที่ เราเรียกข้อต่อจุดหมุนว่าเป็นองศาอิสระ (Degrees Of Freedom: DOF) ภายใต้ระยะจุดหมุนที่หมุนได้ ที่สามารถยกวัตถุให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งไปสู่ ตำแหน่งหนึ่ง แขนกลก็เหมือนกันแขนกลก็สามารถเคลื่อนที่ได้จากจุดหนึ่งไปสู่จุดหนึ่ง ในระยะขอบเขตรัศมีการเคลื่อนที่ ในการรับน้ำหนักของแขนกลก็จะมีเซ็นเซอร์วัดความดันบอกสถานะน้ำหนักที่รับได้ เมื่อน้ำหนักที่ทำงานเกินเครื่องก็จะเตือน และแขนกลจะไม่ทำงาน

แขนกลอุตสาหกรรมจะมีการเคลื่อนในรูปแบบที่แตกต่างกันโดยใช้มอเตอร์เป็นตัว เป็นหุ่นยนต์ที่รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ เพื่อให้ทราบค่าสภาพแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ และนำค่าที่ได้จากส่วน

ตรวจสอบรู้สร้างเงื่อนไขในการเคลื่อนที่หรือการทำงานในระบบที่ต้องการทราบ หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ หน่วยรับข้อมูลเข้า (Input Unit) หน่วยประมวลผล (Process Unit) และหน่วยแสดงผล (Output Unit) โดยแขนกลส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบดังนี้ หุ่นยนต์แขนกล, แป้นควบคุม (teach pendant), แผงวงจรและอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่ กับแผงวงจรควบคุมแขนกล

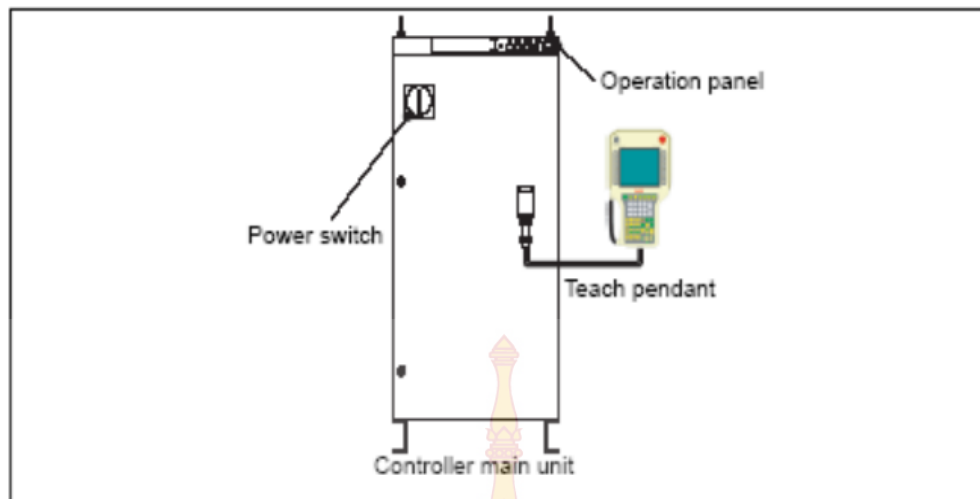


A: ตัวแขนกล B: Teach pendant C: เครื่องควบคุม (Controller) D: แผงควบคุม (Operation panel)

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแขนกล และเครื่องควบคุมชนิด AX
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

2.2 การควบคุมแขนกลอุตสาหกรรม

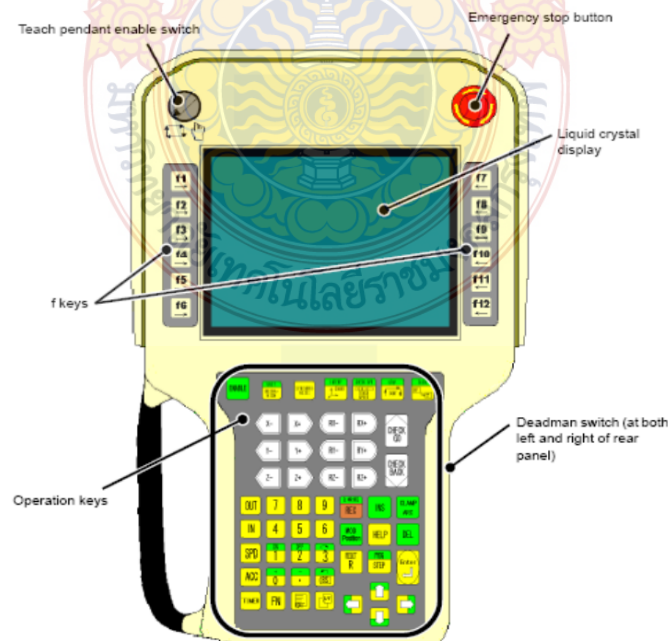
การควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมจะมีแผงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมต่อ อินพุต และเอาต์พุต หุ่นยนต์เพื่อทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ อีกทั้งแผงวงจรยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จากภายนอกให้สามารถทำงานร่วมกันกับหุ่นยนต์ได้ โดยจะใช้ แป้นควบคุม (Teach pendant) ในการสื่อสารระหว่างมนุษย์ และแขนกล โดยแผงวงจรต่างๆ จะอยู่ในตู้วงจรเพื่อป้องกันการเกิดอันตรายในขณะปฏิบัติงาน และไม่ป้องกันการเสียหายที่เกิดจากอุปกรณ์ หรืออุบัติเหตุที่อาจจะทำให้แผงวงจรเสียหายได้ ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.2 แป้นควบคุมและตู้วงจร
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

แป้นควบคุม(Teach pendant) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล สามารถเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามคำสั่งของผู้ผลิต, ใช้สร้างโปรแกรมการทำงาน, การจัดการข้อมูลและการตั้งค่าเพื่อควบคุมแขนกล

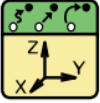
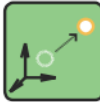
2.2.1 ส่วนประกอบของแป้นควบคุม

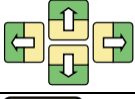


รูปที่ 2.3 แป้นควบคุม
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการทำงานของแป้นควบคุม

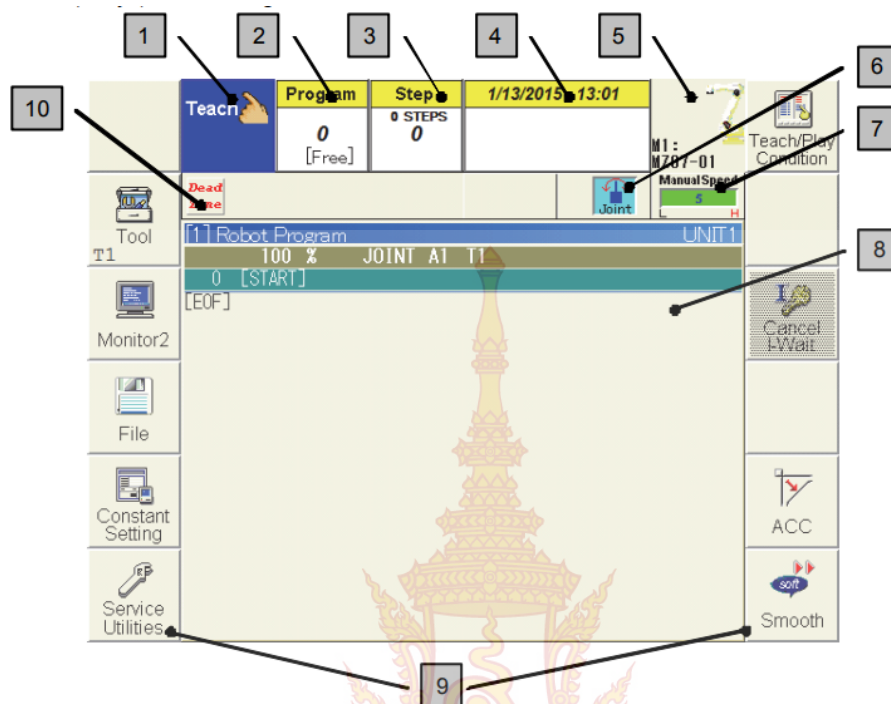
สัญลักษณ์	ชื่ออุปกรณ์	คำอธิบาย
	TP SELECTOR SWITCH	ใช้ร่วมกับ [MODE SELECT SWITCH] บนแผงการทำงาน - Manual operation (Teach mode อนุญาตให้เปิดมอเตอร์” ในโหมดการสอน - Automatic operation (Playback) Motors ON” ได้รับอนุญาตในโหมดอัตโนมัติ
	EMERGENCY STOP BUTTON	เมื่อกดปุ่มนี้ หุ่นยนต์จะถูกตั้งค่าเป็นโหมดหยุดฉุกเฉิน. หากต้องการหยุดฉุกเฉิน ให้หมุนปุ่มในทิศทางของลูกศร
	Enable switch	ใช้เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ด้วยตนเองใน TEACH โหมด. สวิตช์นี้ไม่ได้ใช้ใน PLAYBACK โหมด. - เมื่อจับสวิตช์เปิดใช้งาน พลังงานให้กับหุ่นยนต์ (Servo ON) หุ่นยนต์สามารถดำเนินการด้วยตนเองเฉพาะในขณะที่จับสวิตช์ - เมื่อคลายสวิตช์นี้หรือจับแน่นจนได้ยินเสียงคลิก หุ่นยนต์ถูกตั้งค่าเป็นหยุดฉุกเฉิน
	SYNCHRONIZE	คีย์นี้ถูกใช้โดยระบบที่มีจำนวนมีการเชื่อมต่อกลไกและมีหน้าที่ดังต่อไปนี้ เปิด/ปิด SYNCHRO MOTION จะเลือกหรือเผยแพร่คู่มือที่ซึ่งโครโนซ์การดำเนินการ.

	INTERP / COORD	   ทุกครั้งที่กดปุ่มนี้ พิกัดการทำงานแบบแมนนวลระบบจะเปลี่ยนเพื่อเลือกกระบบพิกัดในแบบต่างๆ 1. Joint 2. Robot 3. Tool
	O.WRITE / REC	ในระหว่างการสอน คำสั่งการเคลื่อนไหวนั้นจะถูกบันทึกไว้ได้เฉพาะเมื่อขั้นตอนสุดท้ายในโปรแกรมงานได้รับเลือกแล้ว คำสั่งการเคลื่อนไหวที่บันทึกไว้แล้วจะถูกเขียนทับโดยสถานะการบันทึกปัจจุบัน (ตำแหน่ง ความเร็ว ประสิทธิภาพแก้ไข และความถูกต้อง) อย่างไรก็ตาม คำสั่งสามารถเขียนทับได้ก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง
	INS	การแทรกคำสั่งการเคลื่อนไหว คำสั่งการเคลื่อนไหวถูกแทรก "ก่อน" ขั้นตอนปัจจุบัน
	MOD Position	ตำแหน่งที่เก็บไว้ในคำสั่งการเคลื่อนไหวที่เลือกตอนนี้คือเปลี่ยนเป็นตำแหน่งหุ่นยนต์ปัจจุบัน
	HELP	กดปุ่มนี้เพื่อขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับการทำงานหรือฟังก์ชันเรียกฟังก์ชันการสอนในตัว (ฟังก์ชันช่วยเหลือ)
	DEL	ตอนนี้เลือกขั้นตอนแล้ว (คำสั่งการเคลื่อนไหวหรือฟังก์ชันคำสั่ง) การลบขั้นตอน

	RESET / R	นี่คือคีย์ยกเลิก จะเป็นการล้าง อินพุตหรือคืนค่าการตั้งค่าหน้าจอ กลับสู่สถานะเดิม นอกจากนี้ยัง เปิดใช้งานรหัส R (ทางลัดรหัส) ที่ จะป้อน ฟังก์ชันที่จะใช้เรียกได้ ทันทีโดยป้อนรหัส R
	CLOSE / SELECT SCREEN	หากมีการแสดงหน้าจอ 모니터 หลายจอ หน้าจอเป้าหมายสำหรับ การดำเนินงานถูกเลือก
	[Axis operating keys]	หุ่นยนต์ถูกย้ายด้วยตนเอง ถ้าจะ ย้ายแกนเสริมเป้าหมายการ ดำเนินงานถูกเลือกไว้ล่วงหน้า
	CHECK GO [CHECK BACK	เมื่อกดพร้อมกันด้วย [ENABLE SWITCH]ดำเนินการตรวจสอบ หรือตรวจสอบย้อนกลับโดยปกติ หุ่นยนต์จะหยุดในแต่ละตำแหน่งที่ บันทึกไว้ (ขั้นตอน) และยังสามารถ เคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ได้อย่างต่อเนื่อง ใช้ [STOP/CONTINUOUS] เพื่อ เลือกขั้นตอนหรือต่อเนื่อง
	PROG / STEP	ใช้สำหรับเรียกขั้นตอนที่ระบุใน โปรแกรมที่เขียนขึ้น
	Enter	เข้าสู่เมนูหรือเนื้อหาที่ป้อนด้วย ตัวเลขการดำเนินการกำหนดของ อินพุตตัวเลขยังสามารถเป็นการ ดำเนินการด้วยปุ่มลูกศรโดย <การ ตั้งค่าครั้งที่> -[7F-key] - [7 Numerical input] และ เปลี่ยนเป็น “Cursol” ภายได้ [วิธีการตัดสินใจของอินพุตตัวเลข]
	Cursor keys	เมื่อกดปุ่ม เคอร์เซอร์แขนกลจะ เคลื่อนที่ตามทิศทางที่กด
	OUT	ในระหว่างการสอน ทางลัดนี้จะ เรียกคำสั่งสัญญาณเอาต์พุต (คำสั่งฟังก์ชัน SETM <FN105>)

	IN	ระหว่างการสอน ทางลัดนี้เรียก สัญญาณอินพุตว่ารอ “บวก คำสั่งตรรกะ” (คำสั่งฟังก์ชัน WAITI <FN525>)
	SPD	ใช้สำหรับแก้ไขความเร็วของการ เคลื่อนไหวที่บันทึกไว้คำสั่งหรือ สถานะการบันทึก
	ACC	ใช้เพื่อแก้ไขความแม่นยำของการ เคลื่อนไหวที่บันทึกไว้คำสั่งหรือ สถานะการบันทึก
	END/TIMER	ในระหว่างการสอน ทางลัดจะ บันทึกคำสั่งจับเวลา(คำสั่งฟังก์ชัน DELAY <FN50>)
	FN(Function)	ใช้เมื่อเลือกคำสั่งฟังก์ชัน
	EDIT	เปิดหน้าจอแก้ไขโปรแกรม ใน หน้าจอแก้ไขโปรแกรม คำสั่ง ฟังก์ชันส่วนใหญ่คือเปลี่ยนแปลง เพิ่มหรือลบ และพารามิเตอร์ของ การย้ายคำสั่งมีการเปลี่ยนแปลง
	[I/F] (Interface)	เปิดหน้าต่างแผงอินเทอร์เฟซ สำหรับรายละเอียด โปรดดูคู่มือ การใช้งาน “INTERFACE PANEL” (TFDEN-015)

2.2.2 ส่วนประกอบของหน้าจอแสดงผล

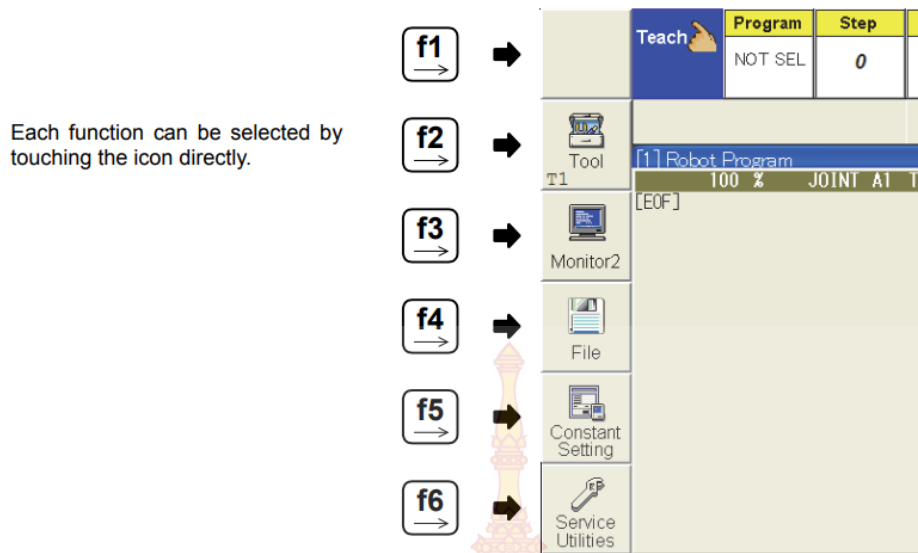


รูปที่ 2.4 หน้าจอแสดงผล
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

1. โหมดปัจจุบัน (Teach / Playback)
2. หมายเลขโปรแกรมที่กำลังใช้งานอยู่ปัจจุบัน
3. หมายเลข Step ที่เลือกไว้
4. วันที่และเวลาปัจจุบัน
5. Mechanism ที่ใช้
6. เลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ในระบบ Manual
7. ความเร็วที่ใช้ในระบบ Manual
8. หน้าจอแสดงรายละเอียด (เมื่อเปิดเครื่อง ส่วนนี้แสดงรายละเอียดของโปรแกรม)
9. ฟังก์ชันต่างๆสามารถเลือกได้โดยการกด f1-f12 บน teach pendant

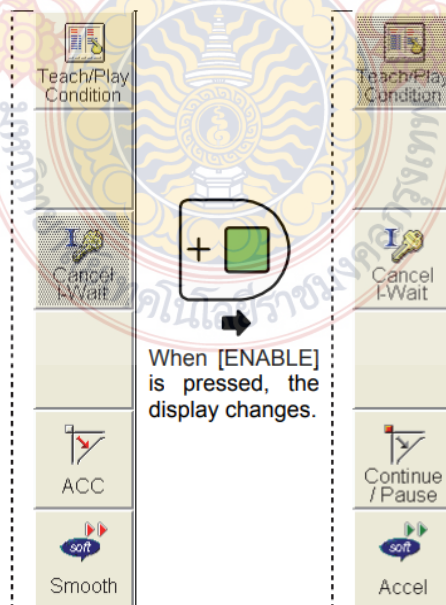
2.2.3 การใช้งานปุ่มฟังก์ชัน F1-F12

การเลือกฟังก์ชันที่ปรากฏอยู่ทั้งสองข้างของ Teach pendant ทำได้โดยการกดปุ่มฟังก์ชันที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ดังรูป



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันการใช้งาน 1
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

โดยปกติ ฟังก์ชันจะถูกเลือกโดยการกดไอคอน f1~f12 อันใดอันหนึ่งด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตาม บางฟังก์ชัน จำเป็นต้องใช้ร่วมกับการกดปุ่ม [ENABLE] เมื่อกดปุ่ม [ENABLE] ค้างไว้สัญลักษณ์ของฟังก์ชันบางฟังก์ชันจะเปลี่ยนไป ดังรูป

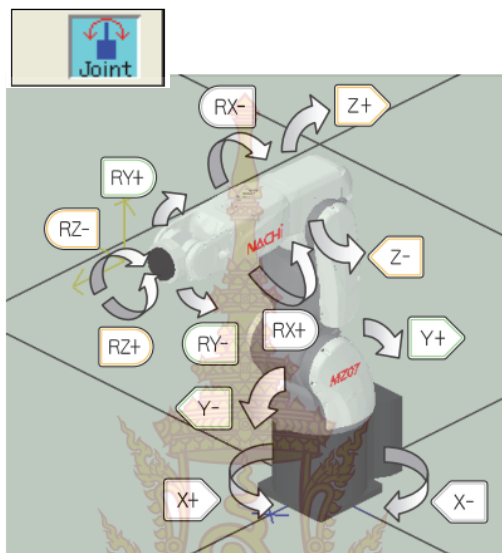


รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันการใช้งาน 2
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล

2.3.1 Joint coordinate system

แขนกลจะมีการเคลื่อนที่ในแนวแกนทั้ง 6 แกน โดยแบ่งลักษณะการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 แบบ ดังนี้ การเคลื่อนที่โดยแต่ละแกนเป็นอิสระต่อกัน (Axis coordinate) ลักษณะการเคลื่อนที่ในแต่ละแกนจะเป็นดังรูป



รูปที่ 2.7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ Joint coordinate system

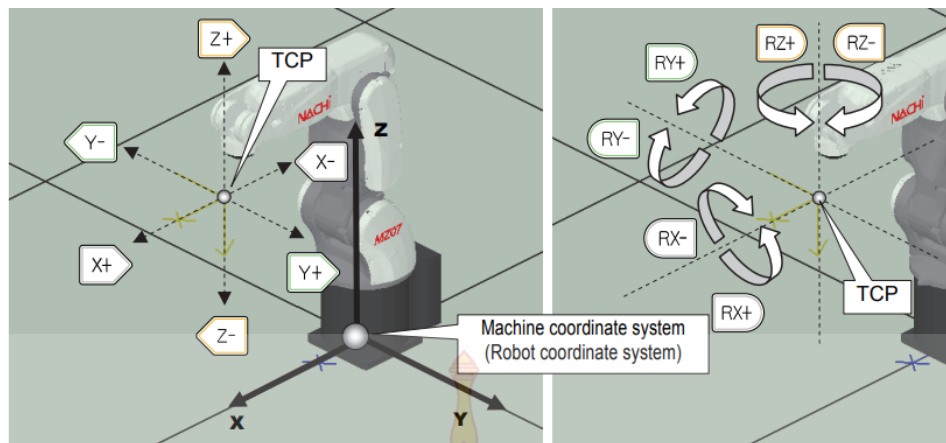
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

ใน "ระบบพิกัดร่วม" นี้ ข้อต่อแต่ละข้อจะหมุนแยกกันโดยใช้ปุ่มการทำงานของแกนการเคลื่อนที่โดยยึดปลาย Tool เป็นหลัก(Machine coordinate) การเคลื่อนที่ของแขนกลในแต่ละแกน ปลาย Tool จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเสมอ ดังรูป

2.3.2 Machine coordinate system (Robot coordinate system)

ใน "ระบบพิกัดเครื่อง (ระบบพิกัดหุ่นยนต์)" นี้ คำแนะนำเครื่องมือของหุ่นยนต์ (TCP: Tool Center จุด) เคลื่อนที่ไปตาม "ระบบพิกัดเครื่อง (ระบบพิกัดหุ่นยนต์)" ที่ตั้งอยู่อยู่กับพื้น ในกรณีการหมุนด้วยปุ่ม RX,RY,RZ, ตำแหน่ง TCP (X,Y,Z) ได้รับการแก้ไขแล้วและเครื่องมือจะหมุนไปรอบๆ TCP (ทิศทางหมุนจะขึ้นอยู่กับแกน XYZ ของระบบพิกัดเครื่อง) ระบบพิกัดเครื่องจะคล้ายกันกับระบบพิกัดโลก





Movement along the XYZ axis

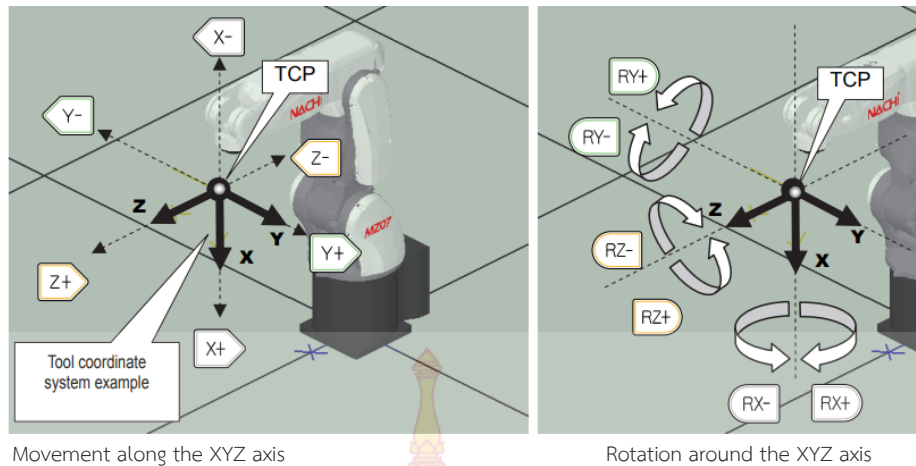
Rotation around the XYZ axis

รูปที่ 2.8 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ Robot coordinate system
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

2.3.3 Tool coordinate system

ใน "ระบบพิกัดเครื่องมือ" นี้ เคล็ดลับเครื่องมือของหุ่นยนต์ (TCP: Tool Center Point) จะเคลื่อนที่ไปตาม "Toolระบบพิกัด" ที่ติดอยู่กับหน้าแปลนเครื่องมือของข้อมือหุ่นยนต์ ในกรณีของการดำเนินการแบบหมุนด้วยใน "ระบบพิกัดเครื่องมือ" นี้เคล็ดลับของที่อาจจะต้อง (TCP: Tool Center Point) จะเอื้ออำนวย "Tool ระบบพิกัด" ที่ทดสอบกับระบบควบคุมของไม่กล้ากด RX,RY,RZ ตำแหน่ง TCP (X,Y,Z) เคล็ดลับและเครื่องมือจะไข TCP (เอนทรานซ์) วัดแกน XYZ พิกัดเครื่องมือ) คีย์ RX,RY,RZ, ตำแหน่ง TCP (X,Y,Z) ได้รับการแก้ไขแล้วและเครื่องมือจะหมุนไปรอบๆ TCP (ทิศทางการหมุนขึ้นอยู่กับแกน XYZ ของระบบพิกัดเครื่องมือ)

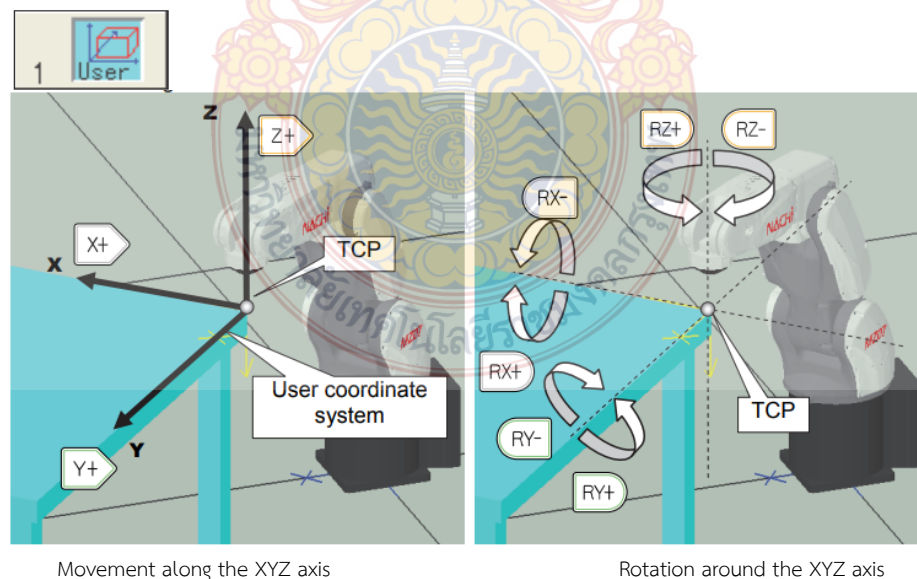




รูปที่ 2.9 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ Tool coordinate system

2.3.4 User coordinate system

ใน "ระบบพิกัดผู้ใช้" นี้ เคล็ดลับเครื่องมือของหุ่นยนต์ (TCP: Tool Center Point) จะเคลื่อนที่ไปตาม "Userระบบพิกัด" ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ในกรณีของการหมุนด้วยปุ่ม RX,RY,RZ TCP ตำแหน่ง (X,Y,Z) ได้รับการแก้ไขแล้วและเครื่องมือจะหมุนรอบ TCP (ทิศทางการหมุนจะขึ้นอยู่กับแกน XYZของระบบพิกัดผู้ใช้)

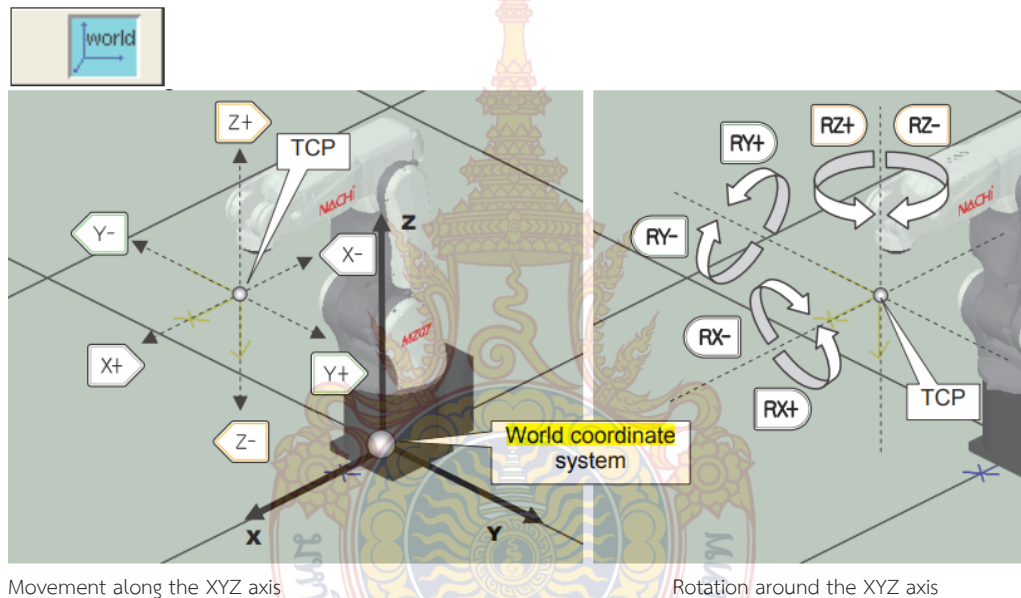


รูปที่ 2.10 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ User coordinate system
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

โดยปกติ ระบบพิกัดผู้ใช้จะถูกสร้างขึ้นบนโต๊ะทำงานหรือพาเลท แม้ว่าโต๊ะทำงานถูกวางในทิศทางเอียงกับระบบพิกัดของหุ่นยนต์ย้ายหุ่นยนต์ในแนวนอนและแนวตั้งบนโต๊ะทำงานโดยกำหนดพิกัดผู้ใช้ระบบบนโต๊ะทำงานล่วงหน้า

2.3.5 World coordinate system (Absolute coordinate system)

ใน “ระบบพิกัดโลก (ระบบพิกัดสัมบูรณ์)” เคล็ดลับเครื่องมือของหุ่นยนต์ (TCP: Tool Center) จุดเคลื่อนที่ไปตาม “ระบบพิกัดโลก” ที่ยึดอยู่กับพื้นดิน ในกรณีของการทำงานแบบหมุนด้วยปุ่ม RX,RY,RZ ตำแหน่ง TCP (X,Y,Z) จะได้รับการแก้ไขและเครื่องมือจะหมุนไปรอบๆ TCP (การหมุนทิศทางจะขึ้นอยู่กับแกน XYZ ของระบบพิกัดโลก)

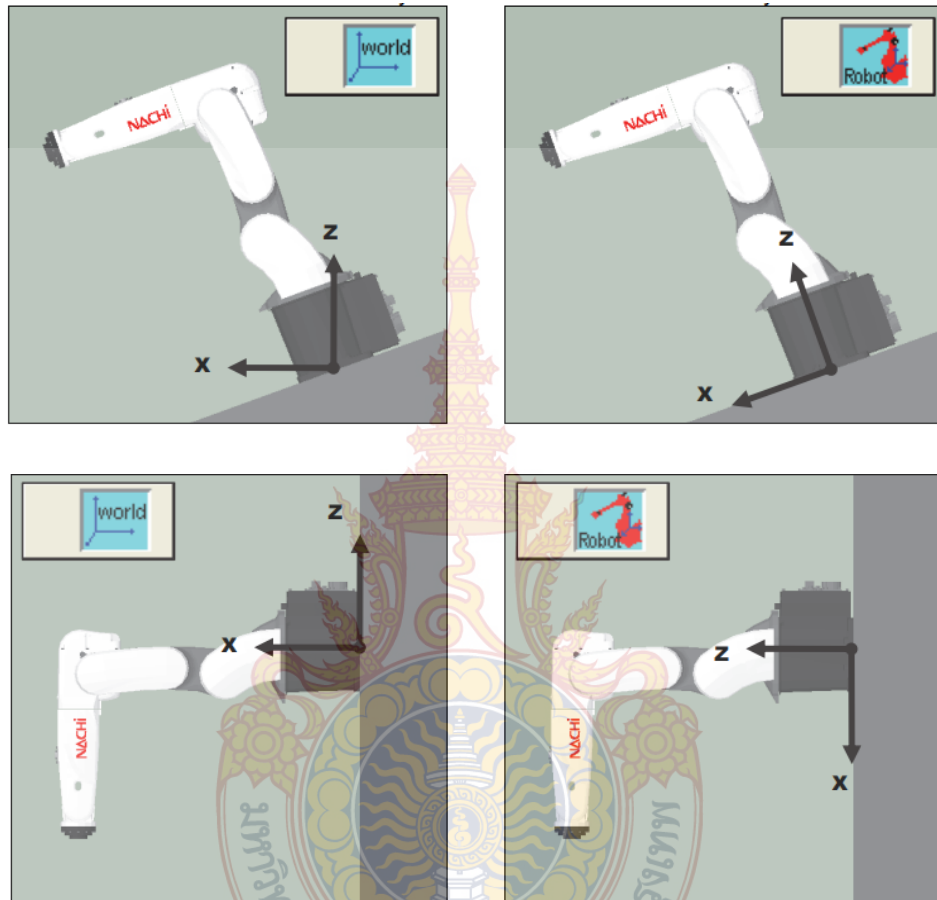


Movement along the XYZ axis

Rotation around the XYZ axis

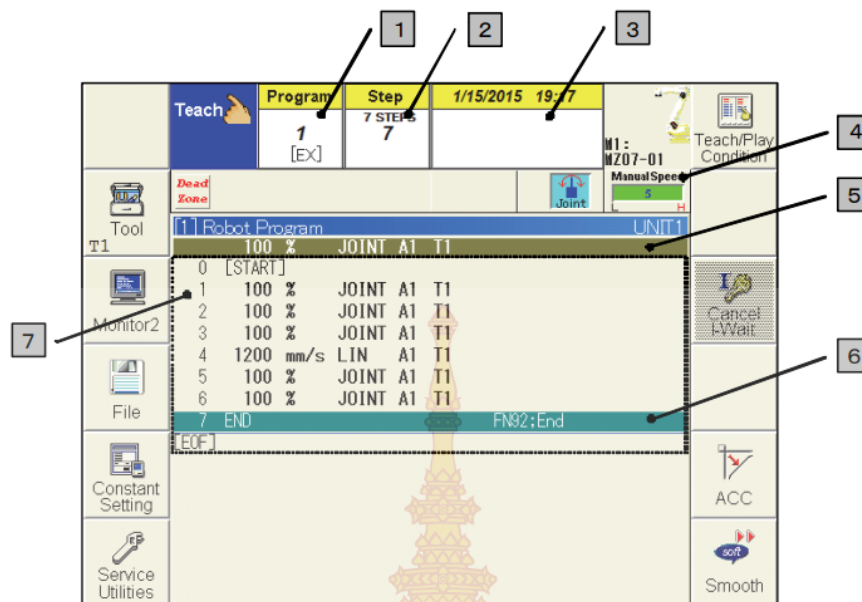
รูปที่ 2.11 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล แบบ World coordinate system
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

กรณีการตั้งโรงงาน (ตั้งพื้น) ระบบพิกัดเครื่องและโลกระบบพิกัดเหมือนกัน แต่ในกรณีติดตั้ง ขาเอียง หรือ ขายึดเพดาน จะเป็นจำเป็นต้องเปลี่ยนทิศทางของระบบพิกัดเครื่อง



รูปที่ 2.12 ระบบพิกัดเครื่องและโลกในการตั้งบนพื้นแบบต่างๆ
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

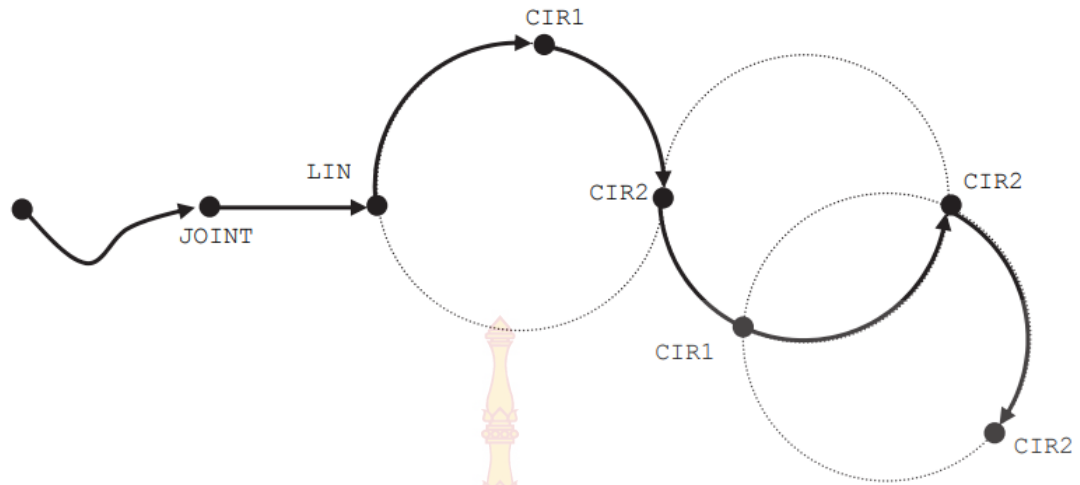
2.4 รายละเอียดในการ Teach



รูปที่ 2.13 ฟังก์ชันการทำงาน

(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

- 1 : หมายเลขโปรแกรมที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน หากโปรแกรมนี้อยู่ยังไม่มีข้อมูลใด ๆ บันทึกไว้จะแสดงคำว่า “Free” แต่ถ้าหากมีข้อมูลบันทึกไว้จะแสดงคำว่า “EX”
- 2 : แสดง Step ที่เลือกไว้ปัจจุบัน (Step ที่มีแถบสีปรากฏอยู่)
- 3 : ข้อเสนอแนะ(comment) การบันทึก comment ของโปรแกรมทำได้โดยการใช้ฟังก์ชัน REM <FN99> บันทึกไว้ที่ Step ที่ 1
- 4 : ความเร็ว Manual สามารถกำหนดได้โดยการกดปุ่ม [CHECK SPD/TEACH SPEED]
- 5 : เงื่อนไขเริ่มต้นในการบันทึก ประกอบด้วย speed, interpolation และข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งจะถูกบันทึกลงไปใน Step ด้วยเมื่อมีการกดปุ่ม [O.WRITE/REC]
- 6 : Cursor Speed หมายถึงความเร็วที่แขนกลใช้ในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่บันทึกไว้ใน Step Interpolation หมายถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล มี 3 แบบด้วยกัน ดังนี้
 1. Joint interpolation (JOINT) การเคลื่อนที่ในแต่ละแกนจะเป็น อิสระต่อกัน แขนกลจะเคลื่อนที่จาก จุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามที่ กำหนดโดยไม่คำนึงถึงเส้นทาง การเคลื่อนที่
 2. Line interpolation (LINE) แขนกลจะเคลื่อนที่โดยยึดปลาย tool เป็นหลักโดยที่ปลาย tool จะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามที่กำหนดเป็นเส้นตรง
 3. Circular interpolation (CIR) เมื่อจุดที่กำหนดไว้ใน Step ปลายทางและ Step ถัดจากนั้น อยู่บนส่วนของเส้นตรงเดียวกัน แขนกลจะเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นรอบวง



รูปที่ 2.14 รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ Circular interpolation
(คู่มือ การใช้งาน Nachi robot)

2.5 การทำงานแบบอัตโนมัติ

หลังจากที่สร้างโปรแกรมในโหมด Teach การเลือกโหมด Playback จะเป็นการสั่งให้แขนกล ทำงานแบบอัตโนมัติตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ รูปแบบการทำงานอัตโนมัติ มี 5 แบบด้วยกัน ประกอบด้วย

- 1) Step: เมื่อกดปุ่ม [Start] โปรแกรมจะทำงาน 1 Step แล้วหยุด หากต้องการให้โปรแกรมทำงานใน Step ถัดไป ให้กดปุ่ม [Start] อีกครั้ง
- 2) Cycle: เมื่อกดปุ่ม [Start] โปรแกรมจะทำงานจาก Step แรกจนถึง Step สุดท้ายและหยุด
- 3) Cycle step by step: เมื่อกดปุ่ม [Start] โปรแกรมจะทำงาน 1 Step แล้วหยุด หากต้องการให้โปรแกรมทำงานใน Step ถัดไป ให้กดปุ่ม [ENABLE] + f8 และจะทำงานเสร็จ สิ้นเมื่อจบ Step สุดท้าย
- 4) Continue: เมื่อกดปุ่ม [Start] โปรแกรมจะทำงานจาก Step แรกจนถึง Step สุดท้าย จากนั้นจะกลับมา เริ่มที่ Step แรกอีกครั้งและทำซ้ำไปเรื่อย ๆ
- 5) Continue step by step: เมื่อกดปุ่ม [Start] โปรแกรมจะทำงาน 1 Step แล้วหยุด หากต้องการให้ โปรแกรมทำงานใน Step ถัดไป ให้กดปุ่ม [ENABLE] + f8 เมื่อจบ Step สุดท้ายแล้วโปรแกรมจะวนกลับมาที่ Step แรกอีกครั้ง

2.6 การประมวลผลภาพ (Vision System)

เทคนิคการประมวลผลภาพ เทคโนโลยีการมองเห็นด้วยกล้องอันชาญฉลาด สามารถตรวจสอบ ติดตามและเก็บข้อมูลในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต แม้แต่บนสายพานที่มีความรวดเร็วเกินกว่า

ที่สายตามนุษย์จะมองเห็น ระบบประมวลผลภาพ ก็สามารถทำได้อย่างแม่นยำ ช่วยกำจัดข้อบกพร่อง ปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพได้ในทันที ระบบประมวลผลภาพ ช่วยให้คุณสามารถดำเนินการตรวจสอบได้แน่นอนกว่า ข้อผิดพลาดที่ลดลงทำให้ลดต้นทุนการผลิต

2.6.1 กล้องเว็บแคม (Web Camera)

เซนเซอร์ เป็นส่วนที่รับสัญญาณจากภายนอก เพื่อนำมาตรวจสอบประวัติดูสิ่งที่น่าสนใจ ส่งสัญญาณไปยังระบบประมวลผลกลางเพื่อนำไปควบคุมระบบการทำงานโดยนำสัญญาณไปประมวลผล และสร้างเงื่อนไขการทำงานต่อไป สัญญาณภาพเป็นการตรวจสอบวัตถุหรือสิ่งของอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจโดยทั่วไปชิ้นงานจะมีรูปร่างลักษณะเฉพาะ โดยสามารถส่งสัญญาณทำให้หุ่นยนต์ระบุชิ้นงานที่น่าสนใจและจำแนกความแตกต่างกับวัตถุโดยรอบได้ ดังนั้นกล้องจึงเป็นเซนเซอร์ที่ได้รับความสนใจและนิยมใช้เพื่อระบุชิ้นงานและทำงานร่วมกับเครื่องจักรที่ทันสมัย เพื่อใช้ในการตรวจจับวัตถุ แล้วส่งสัญญาณแจ้งเตือนความผิดปกติ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลรูปภาพสำหรับการวิเคราะห์ได้



รูปที่ 2.15 กล้องเว็บแคม

2.6.2 ส่วนประกอบของกล้องเว็บแคม

โดยหลัก ๆ แล้วการซื้อกล้องเว็บแคมมาใช้งาน จะเห็นว่ากล้องเว็บแคม ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. เลนส์กล้องจะทำหน้าที่ในการจับภาพเคลื่อนไหวต่างๆ ที่เคลื่อนไหวผ่านไปมาอยู่หน้ากล้องหรืออยู่ในตำแหน่งที่เลนส์กล้องสามารถมองเห็นภาพได้
2. ตัวปรับระยะโฟกัสทำหน้าที่ในการปรับโฟกัสของภาพเพื่อให้ภาพมีความชัดเจนมากขึ้น
3. ระบบถ่ายภาพมีหน้าที่ถ่ายภาพวัตถุเพื่อนำไปแสดงผลที่จอภาพได้

ตามชนิดของเซ็นเซอร์ สำหรับการเชื่อมต่อของกล้องเว็บแคมในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อแบบ USB แทบทั้งสิ้นโดย USB 1.1 หรือบางรุ่นจะสามารถเชื่อมต่อกับ USB 2.0 ในส่วนกล้องเว็บแคมแบบไร้สายจะใช้การเชื่อมต่อในแบบ WiFi หรือ Wireless lan ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายไปได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงการเคลื่อนที่ที่ยุ่งยากของสาย ในการเลือกกล้องที่นำมาใช้งาน จำเป็นต้องคำนึงถึง Frame rate คืออัตราความเร็วในการแสดงผลของภาพซึ่งความสำคัญอย่างมากกับการจับภาพ อัตราความเร็วในการแสดงผลของภาพมีหน่วยเป็น Frame per second (FPS) สามารถวิเคราะห์ภาพอย่างต่อเนื่องโดยจะทำให้ภาพที่ได้ออกมามีการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องและมองเห็นภาพในขณะที่เกิดขึ้นจริง อัตราเร็วโดยทั่วไปนิยมใช้กันที่ 30 FPS ถึง 45 FPS โดยกล้องอาจมีฟังก์ชันชนิดพิเศษ สามารถจับแค่วัตถุที่สนใจ โดยไม่สนใจสิ่งแวดลอมรอบข้างหรือพื้นหลังที่อยู่บริเวณนั้น ทำให้สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้นโดยต้องเลือกให้เหมาะสม

2.7 โปรแกรมการประมวลผลภาพ

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์, เข้าใจ และหารูปแบบของข้อมูล การที่กำหนดให้เครื่อง(คอมพิวเตอร์) สามารถปฏิบัติงานได้ดีขึ้น โดยเรียนรู้จากการกระทำ หรือสิ่งที่ทำไปก่อนหน้านี้ ใช้หลักการของปัญญาประดิษฐ์(artificial intelligence) หรืออาจเป็นการเรียนรู้จากการถูกสั่งให้ทำ จากตัวอย่าง จากการเปรียบเทียบ ด้วยทฤษฎีต่างๆ อย่างอัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำได้อย่างหมดจดหรือเป็นไปไม่ได้สำหรับที่มนุษย์จะทำ และยังมีช่องโหว่ที่ชัดเจนจากการวิเคราะห์ของเครื่องจักร สามารถตัดสินใจได้ด้วยการแทรกแซงจากมนุษย์เพียงเล็กน้อยการเรียนรู้ของเครื่อง ใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หารูปแบบอัลกอริทึมซึ่งสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเข้าและขาออกได้ เมื่อ เครื่องจักรมีการเรียนรู้จะสามารถทำนายผลหรือข้อมูลใหม่ที่เกิดขึ้นได้ การจำแนกวัตถุจำเป็นต้องจดจำลักษณะเฉพาะของวัตถุ เพื่อที่จะจดจำและจำแนกวัตถุที่สนใจออกมาได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลจำนวนหนึ่งเป็นข้อมูลขาเข้าและกำหนดให้กับระบบข้อมูลทำการเรียนรู้ อัลกอริทึมนี้จะนำข้อมูลไปหารูปแบบ(pattern)แล้วแบ่งประเภทของข้อมูลตามประเภทต่าง ๆ การกระทำรูปแบบนี้เรียกว่า การเรียนรู้แบบมีผู้สอน(Supervised Learning) ใน การเรียนรู้แบบมีผู้สอนข้อมูลสำหรับการฝึก (training data) จะส่งต่อไปในอัลกอริทึมพร้อมกับทำสัญลักษณ์เพื่อบอกผลลัพธ์

ในการประมวลผลในเวลาปฏิบัติงานจริงโดยการเรียนรู้ของระบบหรือการเทรน (train) ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก การเลือกข้อมูลที่ต้องจะนำมาซึ่งอัลกอริทึมที่ต้องสามารถวิเคราะห์ชิ้นงานจริงในขณะปฏิบัติงาน ข้อมูลซึ่งที่ถูกเลือกมาเพื่อสอนเครื่องจักร จะถูกเรียกว่า คุณลักษณะ (feature) ในตัวอย่างของวัตถุ คุณลักษณะแต่ละพิกลเซลของรูป ข้อมูลในแต่ละพิกลเซล จะถูกเก็บเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติและเอกลักษณ์ของชิ้นงานในรูปภาพแต่ละรูปจะถูกแปลงเป็นเวกเตอร์ของคุณลักษณะ (feature vector) และทำสัญลักษณ์ไว้ในเลเบล (label) เพื่อเป็นการบอกคอมพิวเตอร์คุณลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่สนใจ หลักการใช้ การเรียนรู้ข้อมูล เพื่อแบ่งประเภทของชนิดของวัตถุในขั้นตอนแรกประกอบไปด้วยการสร้างคุณลักษณะของชิ้นงานเป็นหลัก หลังจากนั้นจะทำการเลือกวิธีการการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับการเลือกอัลกอริทึมเพื่อ ในการเรียนรู้และสร้างโมเดลขึ้น หลังจากนั้นระบบจะสามารถทำนายผลได้ เมื่อนำโมเดลไปทดสอบกับระบบจริง ระบบจะสามารถทำนายผลจากรูปภาพที่ส่งข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงเข้ามา สำหรับการนำรูปภาพใหม่ ๆ เข้าไปสู่ โมเดลเครื่องจักรจะทำนายประเภทของวัตถุนั้นว่าอยู่ประเภทไหนที่ได้ทำการสอนให้กับระบบ

1. Training set

คือการใช้ข้อมูลชุดนี้ในการสอน Machine Learning model เพื่อให้ model เรียนรู้ parameter ที่เหมาะสม

2. Validation

คือการนำแบบจำลองที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาแบบจำลองที่ได้ผลดีที่สุด โดยโมเดลที่ดีที่สุดจะเป็นตัวแทนอัลกอริทึมที่จะนำไปใช้ทดสอบกับงานจริง

3. Test set

เมื่อได้โมเดล ที่ดีที่สุดแล้ว การนำค่า Test set เพื่อวัดความผิดพลาดที่เป็นอิสระของข้อมูลในแต่ละ model อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องจำนวน เลเยอร์ จำนวนโนด หรือค่าอื่นๆในการสอนโมเดลในการใช้ข้อมูลใน Validation ในการวัดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อเลือกว่า โมเดลไหนเหมาะสมที่สุด ดังนั้น โมเดล ที่เลือกมาจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูล

2.8 สัดส่วนของชุดข้อมูล

สัดส่วนของชุดข้อมูลถูกนำมาใช้เพื่อวัดความผิดพลาดในการเลือกใช้โมเดลเท่านั้น ไม่ได้ใช้สอนเครื่องจักร ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องแบ่งสัดส่วนให้ข้อมูลสองชุดนี้ให้น้อยกว่าการสอน มีปริมาณที่เหมาะสมให้มากพอสำหรับการวัด ความผิดพลาดส่วนข้อมูล Training set นั้นที่ใช้สำหรับสอนโมเดล ดังนั้นข้อมูลในการ Training ต้องมีข้อมูลชุดนี้ให้เยอะมากกว่าสองส่วนที่กล่าวมาให้ สัดส่วนของข้อมูลทั้งสามชุดจะเป็นดังรูป



รูปที่ 2.16 สัดส่วนการแบ่งข้อมูลในการเรียนรู้

ในกระบวนการเรียนรู้ข้อมูล จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการทำการอบรมซึ่งจะส่งผลให้การทำงานของระบบเกิดผลดี สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้อง อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง สิ่งเหล่านี้อาจเป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานบางอย่างเช่นการจัดการค่าที่หายไปและค่าผิดปกติ และการล้างข้อมูล การปรับขนาด การแปลงข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่องจุดประสงค์หลักของการปรับขนาดคือเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของช่วงตัวเลขที่มากเกินไปซึ่งอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ และอาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนของระบบเกิดขึ้นได้



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบวิชันร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม โดยได้จำลองระบบการทำงานคัดแยกขวดที่ใช้แล้วเพื่อที่จะนำไปรีไซเคิลและนำกลับมาบรรจุผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยระบบจะมีขวดหลายชนิดหลายยี่ห้อลำเลียงบนสายพาน เข้ามาในระบบคัดแยกจะทำการตรวจสอบและคัดเฉพาะขวดที่กำหนดเท่านั้น ระบบการทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือส่วนของระบบประมวลผลภาพ ที่ใช้ทำการตรวจสอบชนิดขวดที่ต้องการ ในส่วนของระบบประมวลผลภาพจะมีอุปกรณ์ดังนี้ กล้องเว็บแคม ฐานกล้อง คอมพิวเตอร์ ส่วนที่ 2 คือ แขนกลและบอร์ดเชื่อมต่อการทำงานระหว่างระบบประมวลผลภาพและแขนกล โดยกล้องจะทำหน้าที่ถ่ายภาพ และส่งข้อมูลไปให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลภาพ วิเคราะห์และระบุชิ้นงานว่าใช้ขวดที่ต้องการหรือไม่ และจะส่งสัญญาณไปให้แขนกล หยิบจับคัดแยกชิ้นงานที่ต้องการออกมา โดยจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมการทำงาน 2 ระบบ 1. ระบบประมวลผลภาพ จะใช้การวิเคราะห์ การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) โดยใช้โปรแกรม YOLO เพื่อให้ระบบเรียนรู้ และคัดแยกขวด 2. การสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่จะใช้โปรแกรม FD on Desk เมื่อแขนกลได้รับสัญญาณจากระบบประมวลผลภาพ แขนกลจะทำการหยิบจับขวดเพื่อทำการคัดแยกขวดที่ต้องการออกมาโดยการสั่งหุ่นยนต์จะโปรแกรมผ่านทางแป้นควบคุม (Teach pendant) โดยเป็นโปรแกรมเฉพาะที่สามารถสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแต่ละรุ่นได้



3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

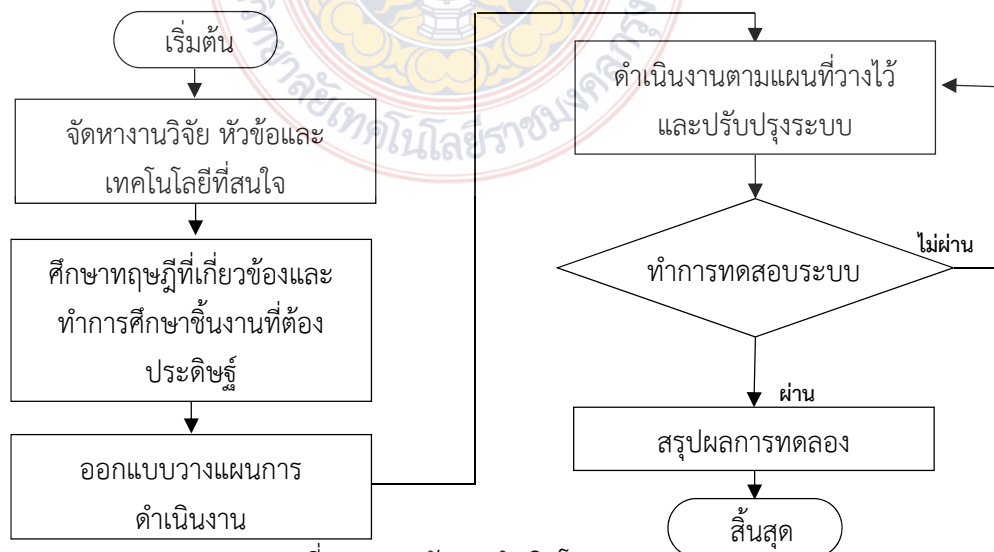
ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรมการวิจัย

กิจกรรมการวิจัย	ปีงบประมาณ 2564				ปีงบประมาณ 2565			
	ต.ค.- ธ.ค.	ม.ค.- มี.ค.	เม.ย.- มิ.ย.	ก.ค.- ก.ย.	ต.ค.- ธ.ค.	ม.ค.- มี.ค.	เม.ย.- มิ.ย.	ก.ค.- ก.ย.
1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	↔							
2. สร้างเครื่องมือและทดลองใช้หรือ ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง			↔		↔			
3. ทดลองทดสอบ ปรับปรุงเครื่องแก้ไขโปรแกรม ตัวระบบ และลักษณะโดยรวมของระบบ					↔			
4. จัดทำเอกสารรายงานผลการวิจัยและเผยแพร่							↔	

แผนการดำเนินงานวิจัย

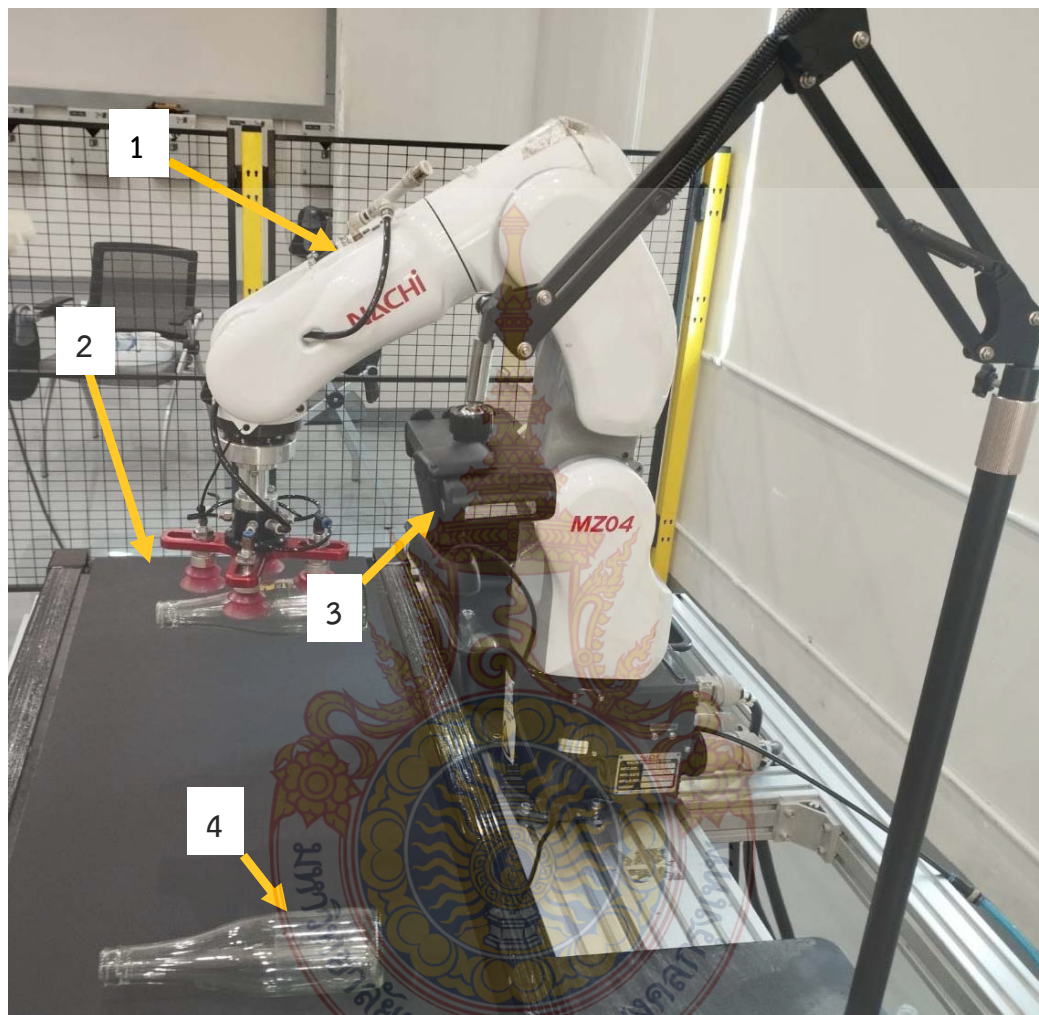
งานวิจัยที่ได้ ดำเนินการจริง

3.2 แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินโครงการ

3.3 ระบบวิชั่นร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.2 โครงสร้างระบบวิชั่นร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม

1. แขนกล
2. สายพาน
3. กล้อง
4. ชิ้นงาน

การออกแบบระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1.การประมวลผลภาพ 2. แขนกลในการหยิบจับชิ้นงาน โครงสร้างระบบวิชั่นร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม ต้องคำนึงถึงการคัดแยกขวดชิ้นงานที่มาวางบนรางเลื่อน โดยขวดจะปะปน ไม่สามารถคาดเดาได้ ดังนั้นจึงใช้ระบบวิชั่นในการคัดแยกชนิดขวดที่ต้องการออกมา โดยคำนึงถึงความเหมาะสม และฟังก์ชันการใช้งาน และสามารถปฏิบัติงานตามความต้องการของวัตถุประสงค์ โดยมีวัสดุอุปกรณ์ดังนี้

3.4 การประมวลผลภาพ

3.4.1 กล้องบันทึกภาพ

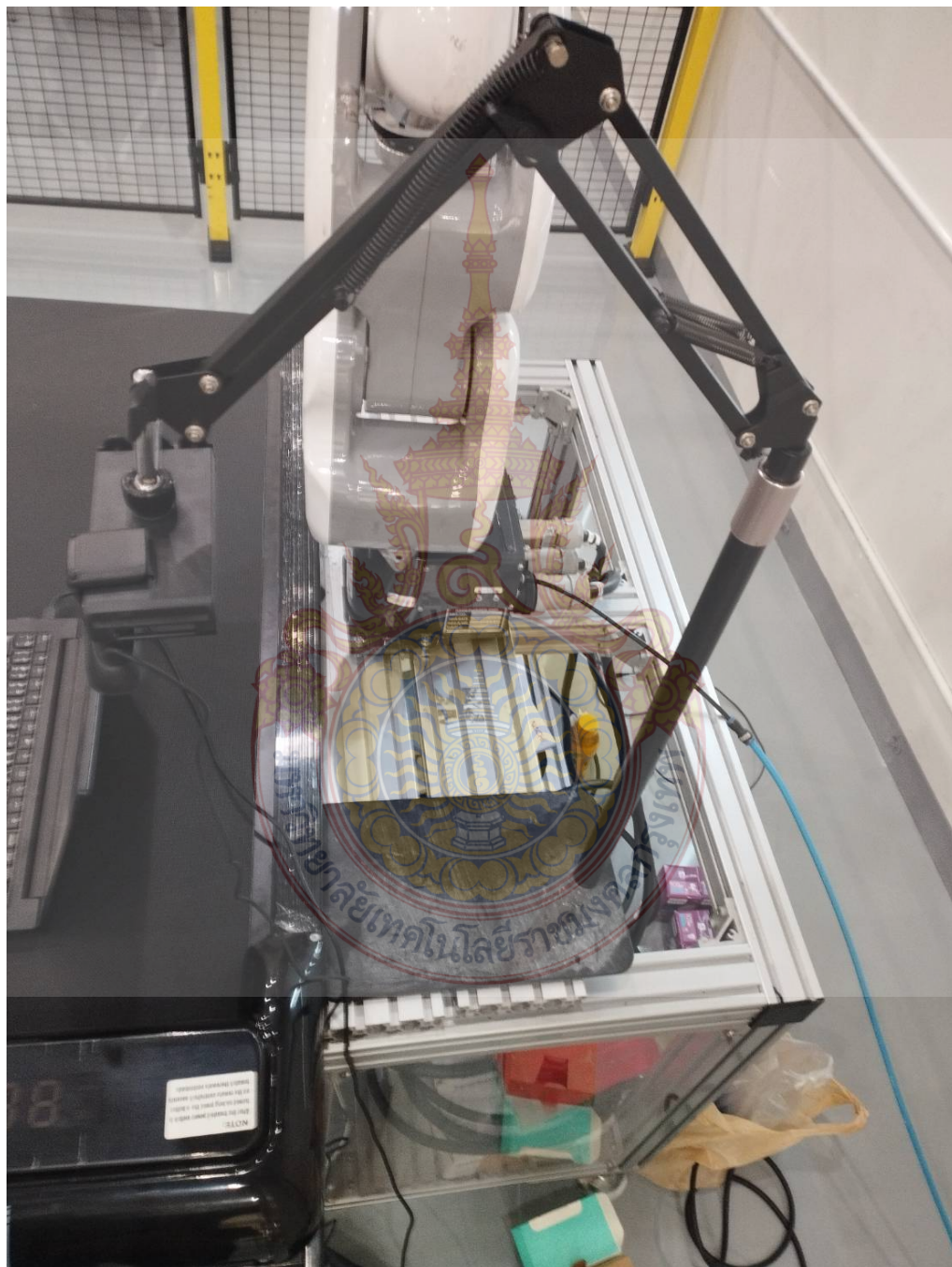
มีหน้าที่บันทึกภาพขวดที่ลำเลียงบนสายพาน เพื่อส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลระบุจำแนกว่าเป็นขวดที่ต้องการหรือไม่ โดยกล้องจะเชื่อมต่อส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB กล้องจะถูกติดตั้งไว้ด้านบนมุมสูงเพื่อมองเห็นขวดที่ถูกลำเลียงมาบนสายพาน



รูปที่ 3.3 กล้องเว็บแคม

3.4.2 ฐานกล้อง

โดยกล้องจะถูกยึดติดกับ ในแนวระดับที่คงที่ โดยกล้องจะยึดติดกับฐานกล้องโดยกล้องจะสูงห่างจากสายพานที่ระดับความสูงต่างกัน 47 เซนติเมตร ฐานกล้องดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ฐานตั้งกล้อง

3.4.3 สายพานลำเลียง

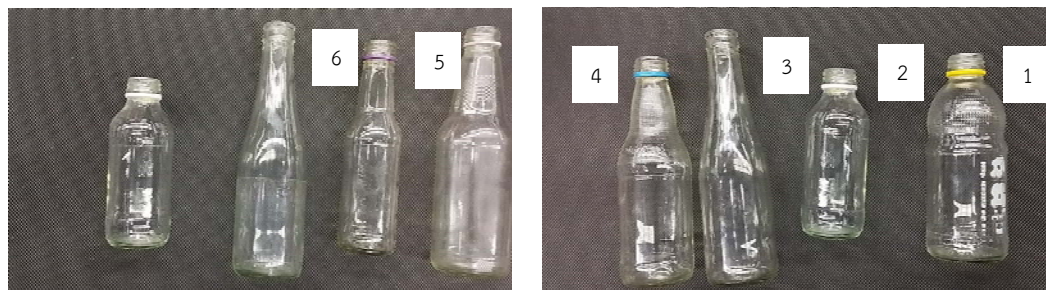
สายพานจะทำหน้าที่ลำเลียงขวดให้เคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่กล้องตั้งอยู่เพื่อให้กล้องถ่ายภาพส่งให้ระบบการมองเห็นประมวลผล โครงสร้างสายพานลำเลียงจะมีความกว้าง 32 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร ความสูง 18 เซนติเมตร โดยมีความเร็ว 7 เซนติเมตรต่อวินาที



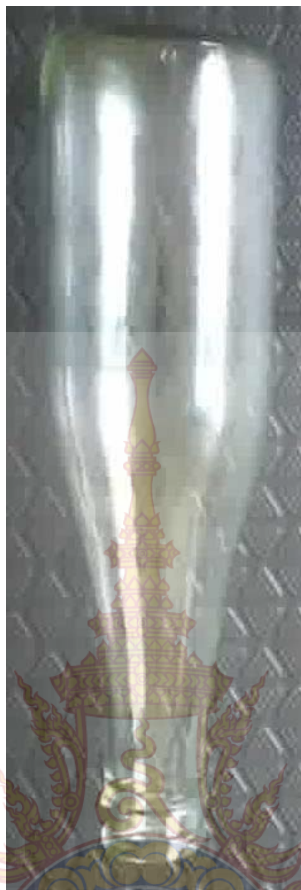
รูปที่ 3.5 สายพานลำเลียง

3.4.4 ขวด

ชิ้นงานจะถูกลำเลียงบนสายพานลำเลียง โดยจะมีขวดชนิดต่างๆ ที่ถูกลำเลียงบนสายพานแบบคละกันไปด้วยมีขวดที่นำมาทดสอบทั้งหมด 6 แบบ



รูปที่ 3.6 ขวดใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.7 ขวดที่ต้องการตัดแยก

ในการหยิบจับตัดแยกชิ้นงานแขนกลจะทำการหยิบชิ้นงานเพื่อนำมาวางยังกล่องโดยกล่องจะวางไว้ด้านข้างตัวของแขนกล โดยแขนกลจะหยิบจับชิ้นงานตามสัญญาณระบบประมวลผลภาพที่ส่งมา โดยแขนกลจะมีอุปกรณ์ดังนี้

3.5 แขนกลอุตสาหกรรม

แขนกลอุตสาหกรรมรุ่น Nachi MZ04 แขนกลจากซีรี่ MZ หุ่นยนต์จะมีขนาดกะทัดรัดความเร็วสูง ความแม่นยำสูง มีขนาดเล็ก กะทัดรัด โดยปลายแขนจะมี vacuum เพื่อดูดชิ้นงานขึ้นมาและนำไปวางไว้ในตำแหน่งที่กำหนดโดยแขนกลจะมีคุณสมบัติการทำงานดังนี้

1. จำนวนแกนควบคุม 6 แกน
2. น้ำหนักบรรทุกมากที่สุด 4 กก รวมกริปเปอร์.
3. ระยะระยะเอื้อมสูงสุด 541 มม.



รูปที่ 3.8 แขนกลหยิบจับชิ้นงาน

3.5.1 แป้นควบคุม (Teach pendant)



รูปที่ 3.9 แป้นควบคุม

แป้นควบคุม สามารถถือและโปรแกรม สั่งงานควบคุมหุ่นยนต์ได้โดยตรง มีขนาดความกว้าง 32 เซนติเมตร ความยาว 48 เซนติเมตร ความสูง 18 เซนติเมตร จอสัมผัส LCD สี 5.7" ความยาว

สาย 4 เมตร มี 3 ตำแหน่งที่เป็นปุ่มเปิดใช้งาน มีปุ่มหยุดฉุกเฉิน สวิตช์เลือกโหมด (สอน/ทำงาน) โดยสามารถปรับปรุงความละเอียดหน้าจอของแผงสัมผัสด้วยปุ่มกด และปรับปรุงการทำงานจากการพัฒนาซอฟต์แวร์ (UI) ได้

3.6 เครื่อง CFDs อุปกรณ์ควบคุมแขนกล

เครื่องควบคุมแขนกล จะมีแผงวงจรควบคุมหุ่นยนต์ โดยสามารถต่ออุปกรณ์ต่างๆสามารถทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์มีความสามารถเพิ่มขึ้นและทำกระบวนการตามผู้ออกแบบได้ต้องการ

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของแผงวงจรควบคุมแขนกล

Item	Specification
Controlled Axis	6-Axes
Maximum Control Axis	7-Axes
Teaching Method	Teach / Playback Robot Language
Program Number	9,999 programs
Memory Capacity	256MB (2,560,000 steps equivalent)
Operating Panel	Emergency Stop, Mode select switch (teach/playback)
Exclusive Safety Input	External Emergency Stop, Safety Plug, External Enable Switch, Protective Stop
Network	Ethernet
Memory Device	USB Port
External Dimension	369mm(W) x 490mm(D) x 173mm(H)
Weight	Approx. 17kg
Primary Power Supply	3-Phase AC200-230V $\pm 10\%$ Single Phase AC200-230V $\pm 10\%$
Consuming Power	0.4KVA



รูปที่ 3.10 เครื่องควบคุมแขนกล

3.7 โปรแกรมประมวลผลภาพ

กล้องจะต่อเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพหลังจากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลภาพ เพื่อระบุจุดที่ต้องการคัดแยกด้วยโปรแกรม YOLO และส่งข้อมูลให้แขนกลเคลื่อนที่ดูจุดขึ้นงานเพื่อจัดเก็บจุดที่ต้องการ

3.7.1 การประมวลผลภาพ ด้วย YOLO

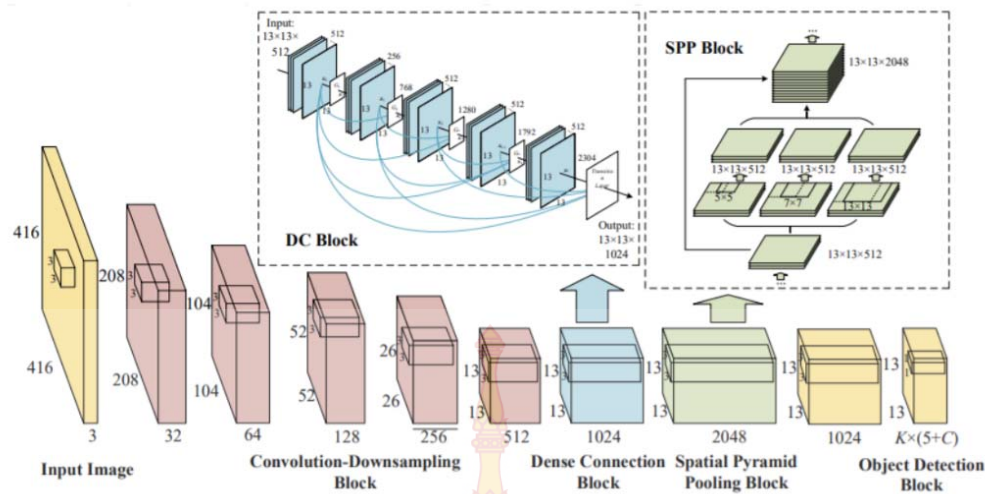
การประมวลผลภาพด้วย YOLO จะเป็นการประมวลผลภาพโดยให้ระบบได้เรียนรู้จากข้อมูลภาพที่รวบรวมเพื่อทำให้ระบบได้เข้าใจและสามารถคัดแยกชิ้นงานจากภาพได้ โดย YOLO หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า You Only Look Once มีหน้าที่ ไว้ใช้จำแนกประเภทสิ่งของ จำแนกชิ้นงานวัตถุที่สนใจตามที่ผู้ใช้งานต้องการ เป็นโปรแกรมแบบจำลองการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ที่มีความโดดเด่นสามารถระบุชิ้นงานที่ต้องการ โดยใช้หลักการจากการนำภาพมาให้ระบบเรียนรู้ เทรนข้อมูล ที่เป็นชนิดรูปภาพมาเทรน ให้ระบบสามารถแยกประเภทวัตถุได้โดยที่โปรแกรม ระบุชิ้นงานที่ต้องการโดย

การตีกรอบวัตถุ ชิ้นงานที่สนใจ และหาจุดกึ่งกลางของแต่ละชิ้นงาน โดยการครอบด้วยกรอบสี่เหลี่ยม และระบุว่าสิ่งนั้นคืออะไร



รูปที่ 3.11 การตีกรอบชิ้นงาน

โปรแกรม YOLO สามารถตรวจสอบชิ้นงานที่ซับซ้อนและซ้อนกันได้ โดยมีโครงสร้างการทำงานประมวลผลค่อนข้างซับซ้อน โดยการทำงานของโปรแกรมจะทำหน้าที่ของการแบ่งชิ้นงานออกเป็นกริดในแต่ละชั้นที่เล็กลงเรื่อยๆ โดยแบ่งออกเป็นเลเยอร์หลายๆชั้น

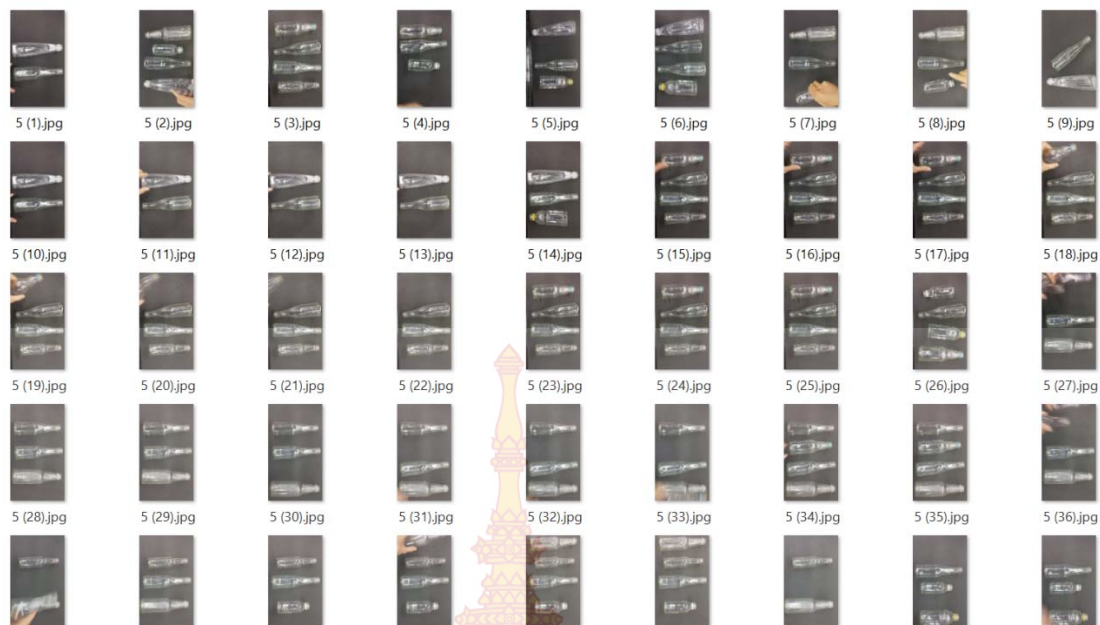


รูปที่ 3.12 การแบ่งชิ้นงานออกเป็นชั้น
ที่มา (<https://grassrootengineer.medium.com/yolo>)

จากภาพที่ 3.12 โครงสร้างของ YOLO ที่เป็นชั้นๆ แบบ neural network ในแต่ละชั้นแต่ละชั้นจะมีความทำงานหลายกระบวนการแบ่งย่อยเป็นลำดับชั้นและจะถี่ขึ้นเรื่อยๆ เช่น 3 , 32 , 64 , 128 และ 256 เป็นชั้นๆตามลำดับจนได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

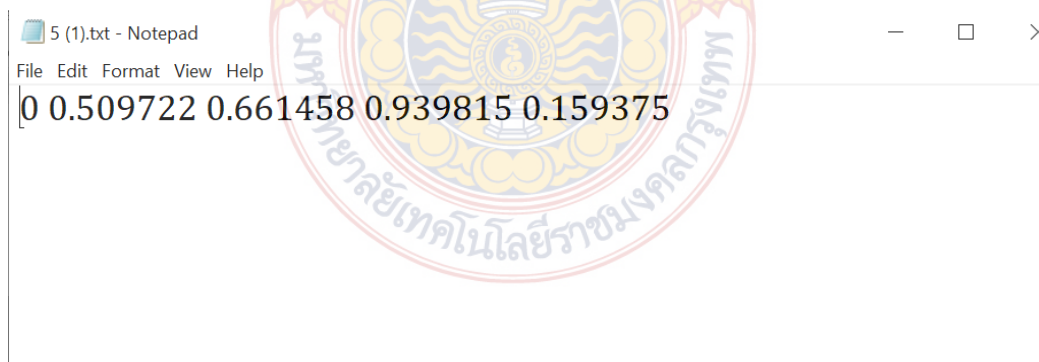
3.7.2 ขั้นตอนการระบุชิ้นงาน

เมื่อได้ภาพที่ต้องการเทรนโมเดลแล้วจำเป็นต้องทำการระบุตีกรอบชิ้นงาน ในภาพเพื่อใช้ในการเทรนภาพและสร้างอัลกอริทึม สำหรับจำนวนภาพที่ใช้ในการเทรนข้อมูลควรมี จำนวนภาพที่มากพอสำหรับการสร้างอัลกอริทึม โดยจำเป็นต้องมีข้อมูลภาพที่ต้องการระบุและ ข้อมูลที่จะทำการกำหนดชิ้นงาน โดยสร้างข้อมูล Label หรือป้ายชื่อ ควบคุมกันการกำหนดภาพ โดยจากการทดลองนี้จะทำการแบ่งจำนวนข้อมูลประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์เพื่อใช้ในการเทรนโมเดล และ จำนวนที่เหลืออีกประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ใช้สำหรับการตรวจสอบหรือการ Validation โดยทางผู้วิจัยได้ใช้ภาพจำนวน 300 ภาพในการเทรนโมเดล แบ่งเป็นภาพสำหรับเทรนโมเดลจำนวน 200 ภาพ และอีก 100 ภาพใช้สำหรับตรวจสอบ โดยจะกำหนดตำแหน่งวัตถุบนภาพในรูปแบบแกน X และแกน Y โดยการตีกรอบบนภาพ



รูปที่ 3.13 รูปภาพที่ใช้ในการเทรน

สร้าง Label image จะใช้เป็น .txt การทำ label image เพื่อกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน ในไฟล์ .txt ภาพดังภาพ



รูปที่ 3.14 การสร้าง Label image

ค่าตัวเลขในการสร้าง Label image จะประกอบด้วยค่าต่างๆดังนี้

1. category number | คือ class ของ object ที่สนใจให้ระบบระบุระบบเริ่มต้นจาก ค่า 0
2. bounding box left X | คือ ตำแหน่งเริ่มต้นแกน X ของ object
3. bounding box top Y | คือ ตำแหน่งเริ่มต้นแกน Y ของ object ที่อยู่ขวาล่าง
4. bounding box right X | คือ ตำแหน่งเริ่มต้นแกน X ของ object ที่อยู่ขวาล่าง
5. bounding box bottom Y | คือ ตำแหน่งเริ่มต้นแกน Y ของ object ที่อยู่ขวาล่าง

3.7.3 การทำการเรียนรู้ โดยใช้ YOLO

การใช้งานโปรแกรม

1. ที่ใช้ในการเรียนรู้ได้สร้างไฟล์เตอร์แยกข้อมูลรูปภาพและป้ายชื่อ

Create Folder

Name	Date modified	Type	Size
.github	24/9/2564 20:44	File folder	
data	24/9/2564 20:44	File folder	
models	24/9/2564 20:44	File folder	
utils	24/9/2564 20:44	File folder	
.dockerignore	24/9/2564 20:44	DOCKERRIGNORE F...	4 KB
.gitattributes	24/9/2564 20:44	GITATTRIBUTES File	1 KB
.gitignore	24/9/2564 20:44	GITIGNORE File	4 KB
CONTRIBUTING.md	24/9/2564 20:44	MD File	5 KB
detect.py	24/9/2564 20:44	Python File	15 KB
Dockerfile	24/9/2564 20:44	File	2 KB
export.py	24/9/2564 20:44	Python File	15 KB
hubconf.py	24/9/2564 20:44	Python File	6 KB
LICENSE	24/9/2564 20:44	File	35 KB
README.md	24/9/2564 20:44	MD File	14 KB
requirements.txt	24/9/2564 20:44	Text Document	1 KB
train.py	24/9/2564 20:44	Python File	8 KB
tutorial.ipynb	24/9/2564 20:44	IPYNB File	46 KB
val.py	24/9/2564 20:44	Python File	17 KB

Name	Date modified	Type	Size
hyps	24/9/2564 20:44	File folder	
images	25/9/2564 1:34	File folder	
labels	25/9/2564 1:35	File folder	
scripts	24/9/2564 20:44	File folder	
Argoverse.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	3 KB
coco.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	3 KB
coco128.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	2 KB
GlobalWheat2020.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	2 KB
Objects365.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	8 KB
SKU-110K.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	3 KB
VisDrone.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	3 KB
VOC.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	4 KB
xView.yaml	24/9/2564 20:44	YAML File	5 KB

รูปที่ 3.15 ไฟล์การเทรนข้อมูล

2. ในแต่ละไฟล์จะต้องมีข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่

1. train
2. validation
3. test

Name	Date modified	Type
test	25/9/2564 1:39	File folder
train	25/9/2564 1:38	File folder
validation	25/9/2564 1:38	File folder

Name	Date modified	Type
test	25/9/2564 1:39	File folder
train	25/9/2564 1:38	File folder
validation	25/9/2564 1:38	File folder

รูปที่ 3.16 การสร้างไฟล์ที่ใช้ในการเทรน

3. เตรียมไฟล์ config โดยสร้างไฟล์ เพื่อนำข้อมูลวัตถุที่สนใจเก็บไว้ในโฟลเดอร์ ชื่อไฟล์ config.yaml ทำหน้าที่ที่อธิบายบอกชื่อ class โดยจะมี class เดียวจึงมีแค่ชื่อเดียว



```
config.yaml - Notepad
File Edit Format View Help
#path
train: data/images/train #train images
val: data/images/validation #val image

#classes
nc: 1 #number of class
names: ['Bottle']
```

รูปที่ 3.17 รายละเอียดไฟล์ที่ใช้ในการเทรน

train = จะบอก path ที่เชื่อมไปตอน train ข้อมูล

val = จะบอก path ที่เชื่อมไปตอน validation ข้อมูล

class = การกำหนดclass มีเพียงประเภทเดียว กำหนดให้ชื่อ 'Bottle'

3.8 การสั่งการแขนกล

แขนกลจะทำหน้าที่คัดแยกชิ้นงานเมื่อได้รับสัญญาณจากระบบการมองเห็น โดยจะทำการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังชิ้นงานเพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการออกจากสายพานลำเลียงโดยคัดแยกมาเก็บไว้ในกล่องที่กำหนด

3.8.1 การเคลื่อนที่ของแขนกล

การโปรแกรมโดยใช้แป้นควบคุม เมื่อขวดอยู่ในตำแหน่งที่กล้องตรวจสอบ จะทำการบังคับควบคุมให้แขนกลเคลื่อนที่ โดยจะทำการทดลองออกแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อไปเก็บชิ้นงานจริง โดยหแขนกลจะเคลื่อนที่เป็นลำดับขั้นตอนตั้งแต่การเอื้อมแขนกลไปยังวัตถุจนกระทั่งนำขวดมาวางไว้ยังตำแหน่งที่กำหนด

	Teach Motors	Program 5 [EX]	Step 15 STEPS 1	3/16/2023 09:48	W1 : MZ04-01	Teach/Play Condition
Tool T1	PLC			Joint	ManualSpeed	Change Counter
	[1] Robot Program					UNIT1
	5.0 % JOINT A1 T1					
	0 [START]					
Palletize Monitor	1 100 % LIN A5 T1					Pattern Direct Modify
	2 100 % LIN A1 T1					
	3 10.0 % LIN A1P T1 S1					
	4 SETM[04,0](VECC_OFF) FN105;Output signal					Select Pallet
File	5 SETM[01,1](VECC_ON) FN105;Output signal					
	6 WAITI[11] FN525;Wait Input cond					
	7 100 % LIN A1 T1					
Palletize Constant	8 100 % LIN A1 T1					ACC
	9 10.0 % LIN A1P T1 S1					
	10 SETM[01,0](VECC_ON) FN105;Output signal					
	11 SETM[04,1](VECC_OFF) FN105;Output signal					
	12 WAITI[14] FN525;Wait Input cond					
Service Utilities	13 100 % LIN A1 T1					Smooth
	14 100 % LIN A5 T1					
	15 END FN92;End					

รูปที่ 3.18 คำสั่งการทำงานของหุ่นยนต์

กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Joint เคลื่อนที่ในท่าเตรียมพร้อม ด้วยความเร็ว 5% เมื่อหุ่นยนต์อยู่ในท่าเตรียมพร้อม จะมีคำสั่งในการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทำงาน ทั้งหมด 15 บรรทัด ดังนี้

0 : เริ่ม Start

1 : กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A5 (ต่ำสุด) เพื่อลงไปจับชิ้นงาน

2 : เมื่อใกล้ถึงชิ้นงาน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

3 : เมื่อใกล้ถึงจุดที่หุ่นยนต์จะไปจับชิ้นงานกำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 10% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1P (พิเศษสูงสุด)

3 : ปิดวาล์ว vacuum off เป็น 0

5 : เปิดวาล์ว vacuum on เป็น 1

6 : รอสัญญาณจากระบบวิชั่น

ถ้าระบบวิชั่นตรวจพบชิ้นงานที่ต้องการจะทำการจับชิ้นงาน ดังนี้

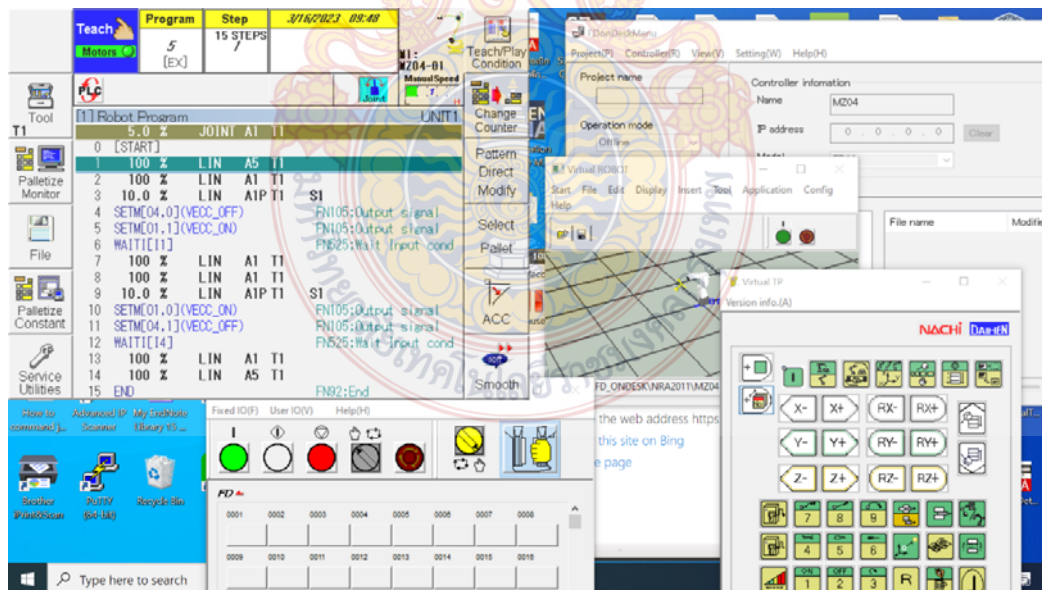
7 : ทำการหยิบชิ้นงานขึ้นมา กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

- 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 : เคลื่อนที่ออกจากจุดที่วางขวด กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)
- 14 : กลับไปยังท่าเตรียมพร้อมกำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A5 (ต่ำสุด)
- 15 : จบโปรแกรม

หมายเหตุ

T1 ค่าระยะ x, y, z และน้ำหนักของ Tool robot

S1 ค่าชะลอก่อนถึงตำแหน่ง (ถ้า tool สั่น) S1 ระยะเบรคน้อยก่อนถึงตำแหน่ง และ S3 ระยะเบรคมากก่อนถึงตำแหน่ง



รูปที่ 3.19 ระบบการทำงานของแขนกล

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

ในบทนี้เป็นการแสดงผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบประมวลผลภาพร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรมโดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ระบบการระบุชิ้นงานด้วยระบบประมวลผลภาพ 2. ระบบการจัดเก็บชิ้นงานด้วยแขนกลอุตสาหกรรม

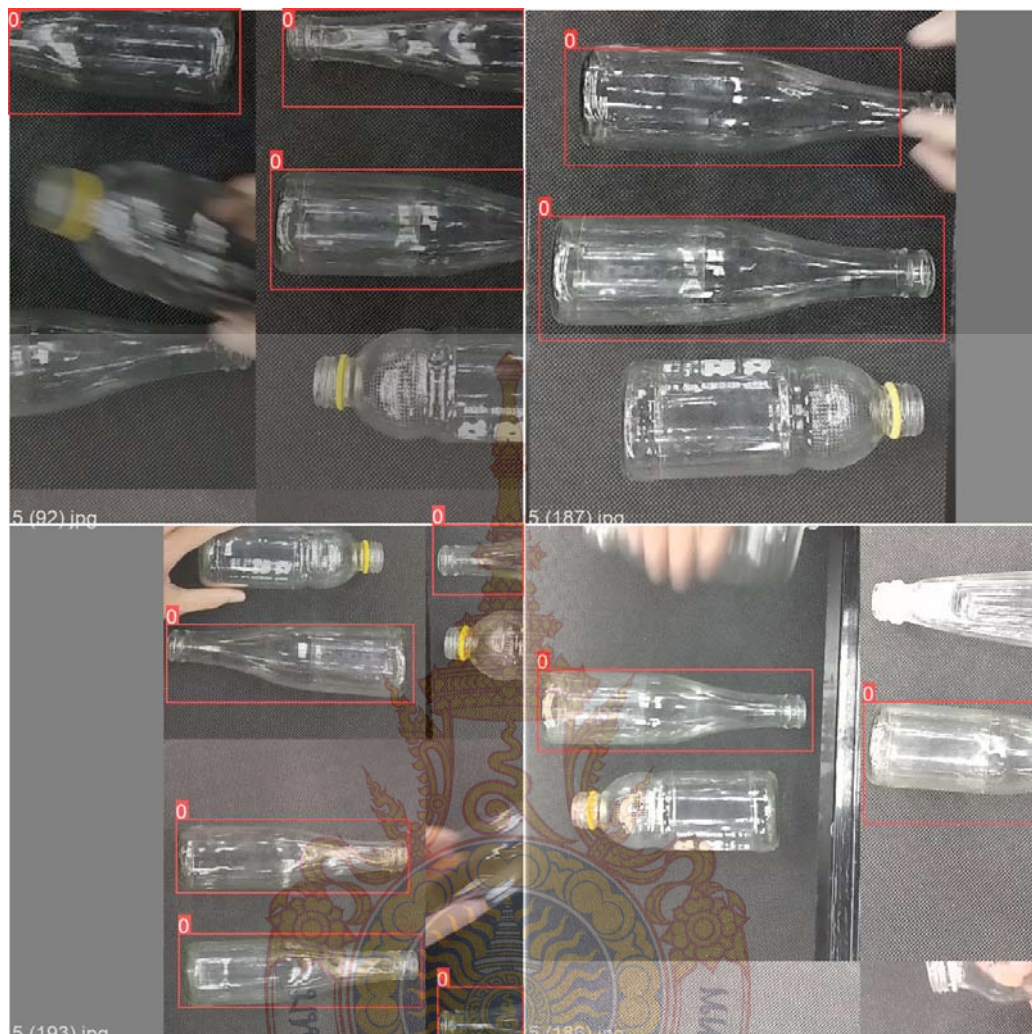
4.1 การระบุชิ้นงานด้วยระบบประมวลผลภาพ

การทดสอบการประมวลผลภาพ โดยขอชุดชนิดต่างๆจะถูกถ่ายลงไว้บนสายพาน โดยไม่มีรูปแบบการวางที่แน่นอน เพื่อทดสอบการระบุชิ้นงานจากการประมวลผลภาพผลการถ่ายภาพด้วยกล้อง ออกมาเป็นภาพ และทำการคัดเลือกภาพเพื่อทำการเทรนหาโมเดลในการคัดแยกขวดจำนวน 200 ภาพจากภาพทั้งหมด 300 ภาพเพื่อนำมาทำการเทรนโมเดล โดยได้ผล ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพจากกล้อง

4.1.1 ผลการเทรนภาพที่ถ่ายด้วยกล้อง และระบุชิ้นงานเพื่อให้ระบบได้เรียนรู้โดยการทำ Labeling และเทรนโมเดล ด้วยอัลกอริทึม YOLOv5 เมื่อเทรนโมเดลแล้ว จะได้โมเดลต้นแบบออกมา หลังจากนั้นจำเป็นต้องทำการประเมินโมเดลในแต่ละแบบเพื่อหาโมเดลที่แม่นยำที่สุด และจะนำโมเดลที่ดีที่สุดนั้นไปตัวแทนในการทำงานเพื่อคัดแยกชิ้นงาน

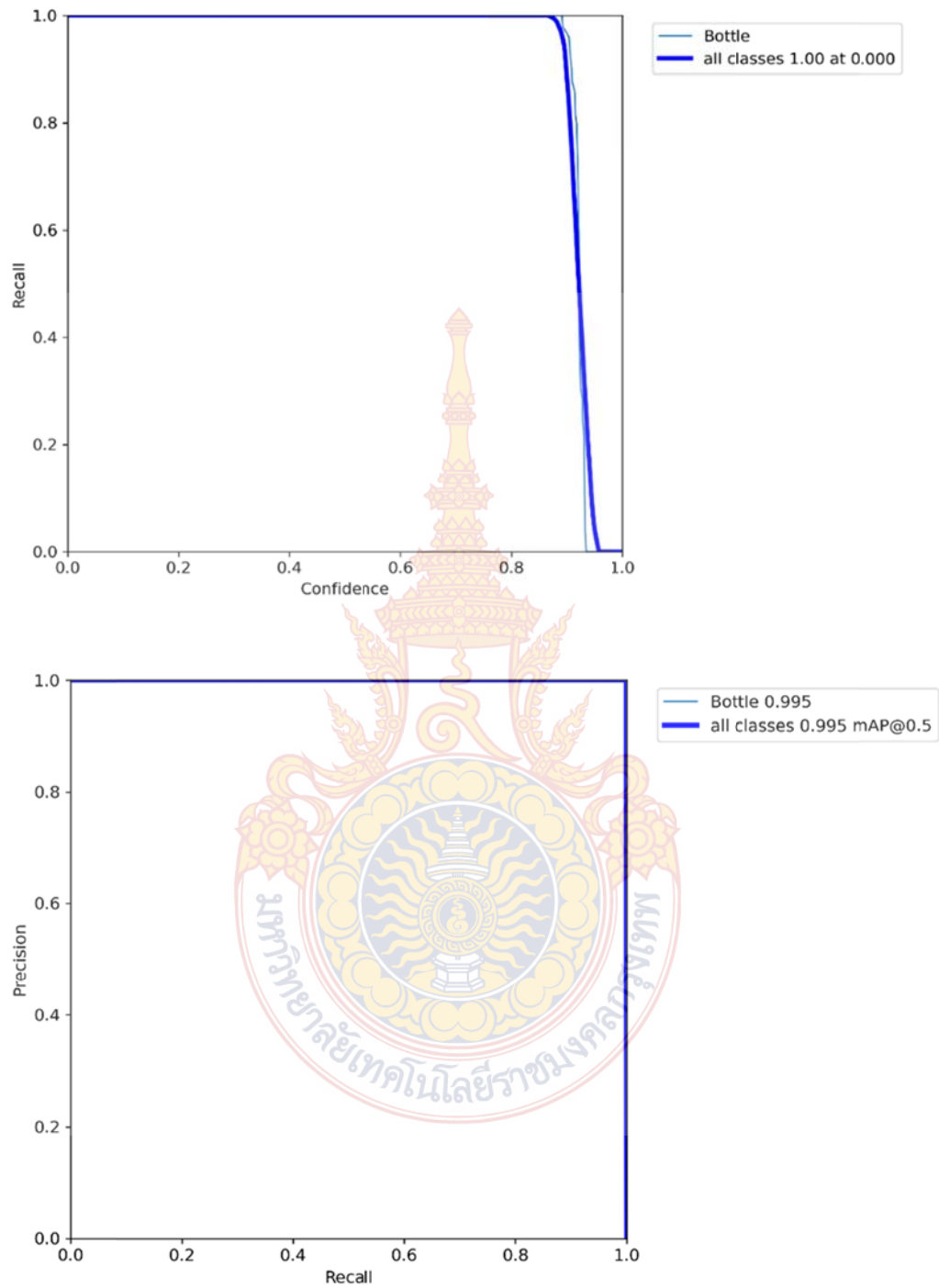


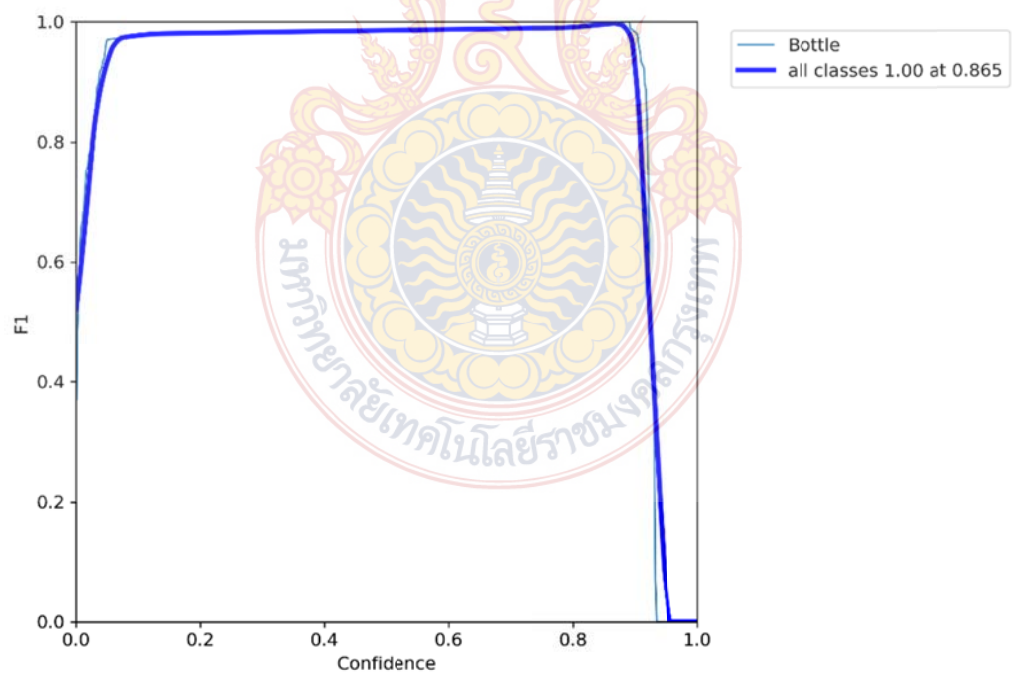
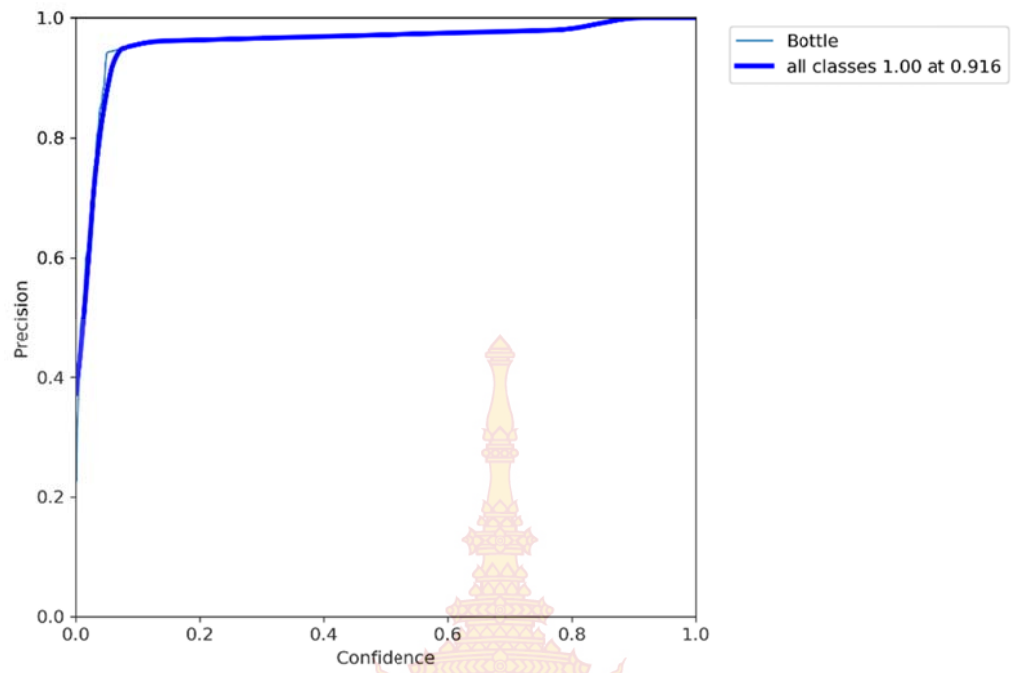
รูปที่ 4.2 ภาพใช้ในการเทรน

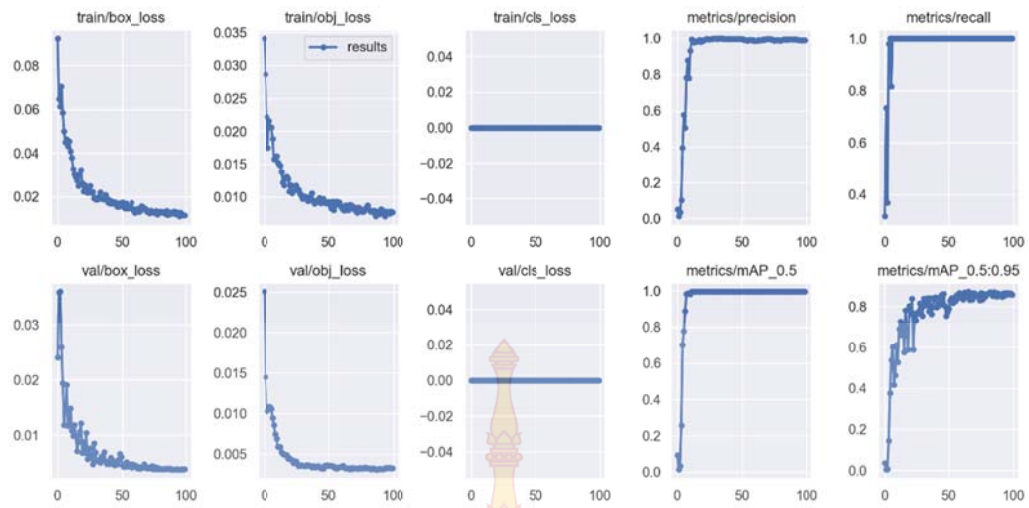


รูปที่ 4.3 ภาพใช้ในการ validation

ผลที่ได้จากการตรวจสอบความแม่นยำของโมเดล โดยผลการทดสอบค่ามากที่สุดจากชุดโมเดลทั้งหมดที่ได้เทรนออกมาจะได้ค่าต่างๆดังนี้







รูปที่ 4.4 ผลจากการทดสอบ

4.1.2 ผลการนำโมเดลมาใช้งานจริงในการถ่ายภาพ นำโมเดลที่ได้จากการเทรนมาทดสอบงานจริงเพื่อทดสอบการทำงานและอัลกอริทึมที่ได้จากการประมวลผลภาพ โดยการนำชิ้นงานมาวางคละกันในรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 4.5 ผลจากตรวจสอบโดยนำโมเดลมาใช้งานจริง

4.2 การเก็บชิ้นงานของแขนกล

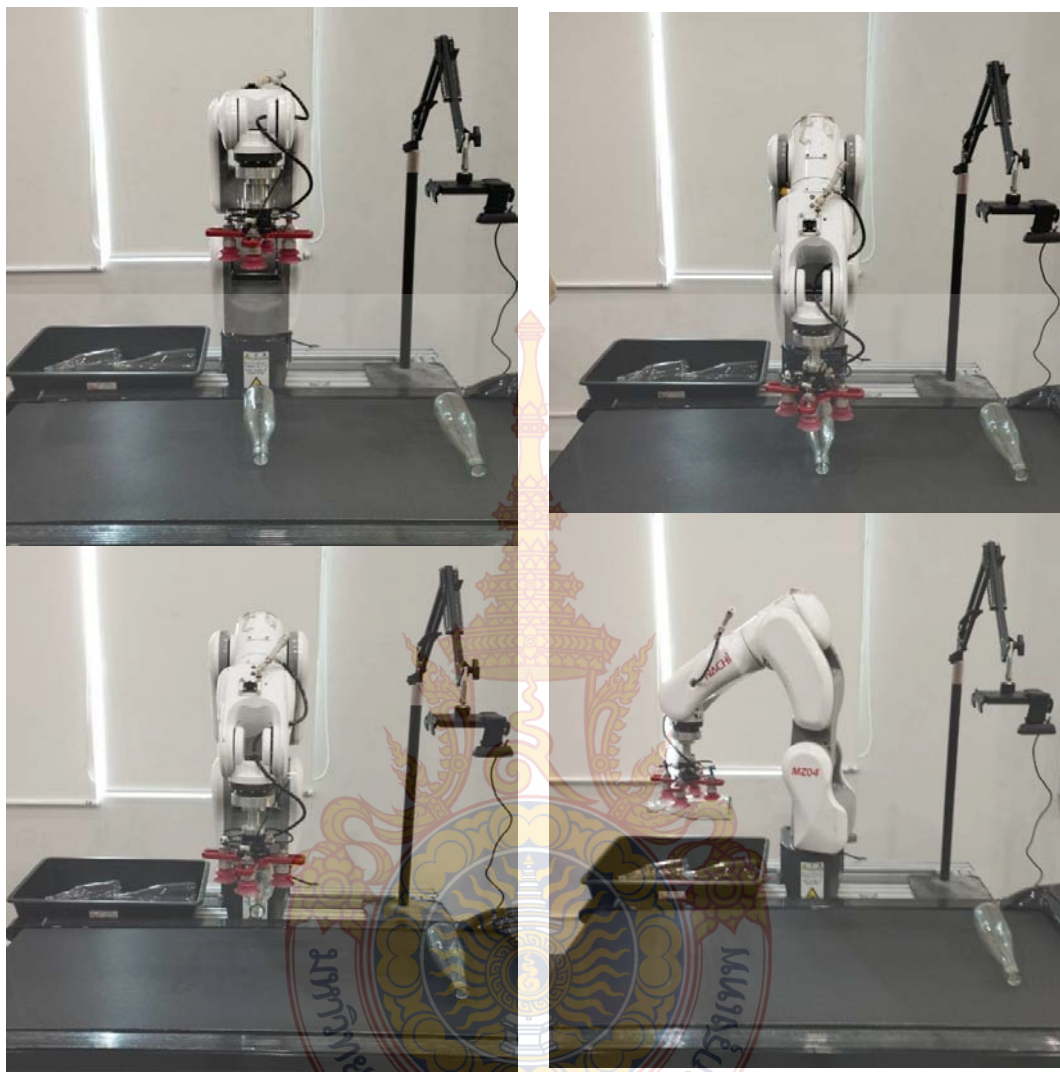
เมื่อระบบประมวลผลภาพตรวจสอบชิ้นงาน และพบว่าขวดดังกล่าวเป็นชิ้นงานที่ทำการคัดแยกออกมาแขนกลจะทำการเคลื่อนที่เข้าไปหยิบชิ้นงานและนำไปวางบนจุดที่กำหนด โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของแขนกล จะมีลักษณะดังนี้

Step	Program	Step	3/16/2023 09:59
5	[EX]	15 STEPS	
UNIT1			
1	MZ04-01 J1/X J2/Y J3/Z J4/A J5/B J6/C		
2	V ANG -1.91 77.41 -19.83 0.13 -54.45 -18.98		
3	V ANG -1.91 60.28 -26.22 0.20 -30.93 -19.08		
4	SETM[04,0](VECC_OFF) FN105;Output signal		
5	SETM[01,1](VECC_ON) FN105;Output signal		
6	WAITI[11] FN525;Wait Input cond		
7	V ANG -1.91 77.41 -19.83 0.13 -54.45 -18.98		
8	V ANG -103.27 77.33 -19.74 0.99 -54.58 -32.46		
9	V ANG -103.27 46.08 -24.45 2.52 -18.63 -34.28		
10	SETM[01,0](VECC_ON) FN105;Output signal		
11	SETM[04,1](VECC_OFF) FN105;Output signal		
12	WAITI[14] FN525;Wait Input cond		
13	V ANG -103.27 72.33 -23.27 1.12 -46.04 -32.67		
14	V ANG 0.00 92.68 -2.68 0.00 -86.86 -16.99		
15	END FN92;End		

The function can be inserted with the "FN" key.

Complete

รูปที่ 4.6 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ 4.7 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เมื่อตรวจพบชิ้นงาน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบวิชันร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยการคัดแยกขวดจะวางอยู่บนสายพานลำเลียงแบบคละ ซึ่งการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ตามบทที่ 1 ได้นำเสนอข้อสรุปตามลำดับดังนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 อภิปรายผลวิจัย
- 5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย
- 5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สามารถคัดแยกขวด โดยใช้ การประมวลผลภาพโดยการสร้างอัลกอริทึม โมเดลในการจำแนกขวดที่คละกันบนสายพาน โดยใช้หลักการ การเรียนรู้ของระบบเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจดจำลักษณะของขวดที่ต้องการคัดแยกออกมา ซึ่งสามารถถ่ายภาพที่มีขนาด 160 x 120 พิกเซล และนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ได้

5.1.2 สามารถนำภาพจากกล้องมาประมวลผลด้วย YOLOv5 ได้มีการสร้างโมเดลจากการถ่ายภาพในรูปแบบลักษณะต่างๆ เพื่อให้ตัวเครื่องจดจำรูปแบบของขวดที่ต้องการ หลังจากนั้นได้และทำการตรวจสอบความแม่นยำของโมเดลด้วยการทดลองที่เตรียมไว้โดย ข้อมูลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าระยะการถ่ายภาพขวดที่ลำเลียงบนสายพานที่ระยะ 47 เซนติเมตร จากตัวกล้อง มีความแม่นยำในการตรวจพบและผลการคัดแยกขวดมีความถูกต้อง และแม่นยำ สามารถบอกความแตกต่างและคัดแยกชิ้นงานที่ต้องการออกมาได้

5.1.3 แขนกลสามารถหยิบจับขวดคัดแยกขวดที่ต้องการออกมาเก็บยังตำแหน่งที่กำหนดได้ โดยการหยิบจับจะมีความแม่นยำ

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดลอง

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vision	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Robot	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.3 อภิปรายผลวิจัย

5.2.1 จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าระบบคัดแยกขวดโดยใช้ระบบประมวลผลภาพในการคัดแยกขวดที่วางบนสายพานคละกับขวดชนิดต่างๆ ระบบสามารถตรวจพบ และคัดแยกขวดที่ต้องการ

#

ได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณในการประมวลผลภาพนิ่งประมาณ 0.2 วินาทีโดยไม่รวมการนำภาพเข้าระบบ โปรแกรมจะปรับภาพให้ที่ความละเอียดของภาพ 640 x 384 พิกเซล

5.2.2 แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงานในบริเวณที่กำหนดอย่างแม่นยำ โดยสามารถนำขวดไปวางเก็บไว้ในบริเวณที่กำหนด โดยใช้เวลาในการหยิบจับจนถึงวางชิ้นงานและกลับไปทำเตรียมพร้อมเพื่อทำการรอสัญญาณต่อไปใช้เวลาประมาณ 14 วินาที โดยระยะจุดจัดเก็บชิ้นงานวางด้านข้างลำตัวหุ่นยนต์และมีกล่องไว้จัดเก็บเพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการโดยเฉพาะ

5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานวิจัย

5.3.1 ตำแหน่งในการหยิบจับของหุ่นยนต์ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ไม่คลาดเคลื่อน เพราะจะทำให้การหยิบจับผิดพลาดได้

5.3.2 การทดลองจำเป็นต้องทำโมเดลที่จัดทำขึ้นมาใช้โดยเฉพาะเพื่อทำการสอนให้ระบบเข้าใจและด้วยต้องถ่ายภาพในแสงที่คงที่ ในระยะเท่าเดิม ทำให้ต้องออกแบบและควบคุมในขณะทำการทดลอง

5.3.3 ในระหว่างการเทรนโมเดล จะต้องทำการสอนให้ระบบทำการเรียนรู้เพื่อคัดแยกขวดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันและแตกต่างกันซึ่งใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานมาก

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ความเข้มแสงมีผลต่อการประมวลผลภาพแสงภายในห้องควรมีค่าคงที่

5.2.2 ระยะตำแหน่งการหยิบจับ ขนาดความสูงที่ติดกล่องระยะห่างระหว่างชิ้นงานและกล่องควรมีค่าคงที่ตลอดการทำงาน

5.2.3 การออกแบบการทดลอง อัลกอริทึมที่ใช้ในการคัดแยกชิ้นงานจะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ระบบสามารถแยกขวดที่ต้องการออกมาได้

5.2.3 การทดลองนี้ได้จำลองโมเดลด้วยการถ่ายภาพขวดในลักษณะรูปแบบต่างๆ ซึ่งถ้าจะปรับงานวิจัยนี้ไปใช้จริง จำต้องทำการเทรนโมเดลจาก สถานที่จริงให้ถูกต้อง และต้องปรับรูปแบบการทำงานของเครื่องจักรให้เข้ากับสถานที่ที่มีข้อจำกัดในแต่ละพื้นที่ได้

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 (IJIDeM). 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 (IJIDeM). 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, Korzen 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. 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
11. คู่มือ การใช้งาน Nachi robot. CFD/CFDL CONTROLLER INSTRUCTION MANUAL BASIC OPERATIONS MANUAL. 5th edition. p. 398.
12. <https://grassrootengineer.medium.com/yolo>