



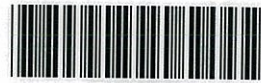
รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

หุ่นยนต์ประกอบประตูเตาอบ

OVEN DOOR INSERTION ROBOT

ภาควิชา วัฒนานุกิจ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559



T148502



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

หุ่นยนต์ประกอบประตูเตาอบ

OVEN DOOR INSERTION ROBOT

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ส.ท.
๑๕/๖๑๖

๑๐๐๒ ๖๖๘๘๖

เลขหมู่... 2559
เลขทะเบียน... 148502
รับเดือนปี... 30 ต.ค. 2560

b. 128971096
i.

// ผศ.ดร.ทศพร วัฒนศิริ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

| | |
|------------------------|------------------------------------|
| ชื่อโครงการ | หุ่นยนต์ประกอบประตูเตาอบ |
| ชื่อ-สกุล นักศึกษา | นายภาคิน วัฒนานุกิจ |
| ภาควิชา | วิศวกรรมการวัดและควบคุม |
| ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.นพดล มณีรัตน์ |
| ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน | นายอำนาจ วิริญาภิจสมบูรณ์ |
| สถานประกอบการ | บริษัทไทยซัมซุงอิเล็กทรอนิกส์จำกัด |

บทคัดย่อ

โครงการ Oven door insertion robot นี้จัดทำขึ้นจากแนวคิดที่จะนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้แทนพนักงาน ในส่วนที่พนักงานต้องยกของหนักซึ่งส่งผลต่อสรีระร่างกาย โดยหุ่นยนต์จะทำหน้าที่ยกประตูมาประกอบที่เตาอบ และ ล็อก Hinge ที่ติดอยู่กับเตาอบ โดยจะใช้ทฤษฎี Vision Machine โดยใช้โปรแกรม Labview ในส่วนของการวิเคราะห์ภาพและการเลือกโมเดลของเตาอบ การใช้ภาษา C++ ในการควบคุมหุ่นยนต์ การออกแบบอุปกรณ์แมคคาทรอนิกส์ และ automation ส่วนอื่นๆด้วยโปรแกรม Solidworks และการ Simulation Robot ด้วยโปรแกรม K-Roset โดยในโครงการนี้จะใช้ กล้องสองตัว ในการหาตำแหน่งของหุ่นยนต์ คือใช้กล้องหาระยะในแนวแกน x และองศา และอีก 1 ตัวเพื่อวิเคราะห์รูปร่างของประตูเตาอบ การสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์และ Labview จะใช้ UDP ในการสื่อสารกันโดยหุ่นยนต์ประกอบประตูเตาอบนี้สามารถลดพนักงานได้ 1 คนต่อกะหรือสองคนต่อวันและใช้เวลาในการทำงาน 27 วินาที ซึ่งเร็วกว่าพนักงานที่ทำงานอยู่เดิม 13 วินาที

| | |
|-----------------------|------------------------------------|
| Research Title | Oven Door Insertion Robot |
| Student | Pakin Wattananukit |
| Department | Instrument and Control Engineering |
| Advisor | Asst.Prof. Dr. Noppadol Maneerat |
| Mentor | Amnad Viriyakitsomboon |
| Company | Thai Samsung Electronics co. ltd |

ABSTRACT

Oven Door Insertion Robot is prepared from concept to use industrial robot to replace workers. In case operator have to lift heavy ,which affects to the body. The robot serves to lift the oven door into oven and lock door's hinge. It uses a theoretical of vision machine by using Labview program in image processing and selection model of oven. using the C++ to control the robot. Designing mechanics and automation part by using solidworks and simulation robot with K-roset program by this project will be use two camera to locate the oven .the first camera use to find the error range of x-axis and another is used to find the error angle. The communication between robot and Labview program is UDP. Oven door insertion robot can reduce man power one man per shift or two man per day and have cycle time 27 seconds that run faster than the workforce 13 seconds.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ บุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและการดำเนินงานวิจัย รวมถึงหน่วยงานต่างๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย อาทิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล มณีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ เป็นแนวทางความคิดอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ รวมทั้งเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณบุคลากรแผนก Facilities Engineering บริษัท Thai Samsung Electronics,co.Ltd ที่คอยให้การช่วยเหลือทางด้านความรู้ คำแนะนำและทักษะการทำงานต่างๆ อันเป็นวิชาชีพ

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านต่างๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ขอกราบพระคุณอำมรรวมถึงญาติๆ ของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก กำลังใจ และได้ให้การสนับสนุนทางการศึกษาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ภาคิน วัฒนานุกิจ

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูป | VII |
| สารบัญตาราง | IV |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตการทำโครงการ | 1 |
| 1.4 วิธีดำเนินการทำโครงการ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 แนะนำโปรแกรมLabVIEW | 3 |
| 2.2 การประมวลผลภาพจากกล้องโดยใช้โปรแกรม LabVIEW | 6 |
| 2.2.1 การออกแบบการตรวจจับรุ่นของประตูเตาอบเปรียบเทียบกับบาร์โค้ดแสกนบริเวณเตาอบ | 6 |
| 2.2.2 การตรวจจับรุ่น | 7 |
| 2.3 การคำนวณหาขนาดเลนส์ที่ต้องใช้ | 8 |
| 2.4 การสอบเทียบค่าจาก Pixel เป็น Real world (mm) | 9 |
| 2.5 การเลือกหุ่นยนต์และคุณสมบัติของหุ่นยนต์ | 10 |
| 2.5.1 ความแตกต่างระหว่างการทำงานประเภท Joint และ Trans | 11 |
| 2.5.2 มุมการเคลื่อนที่ของ Trans เป็นไปตามหลักของกฎEULER'S RULE O, A, T | 11 |
| 2.6 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ | 14 |
| 2.6.1 คำสั่งการเคลื่อนที่ Robot เบื้องต้น | 14 |
| 2.6.2 ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่าง Robot และ LabVIEW ผ่าน UDP | 15 |
| 2.6.2.1 โปรแกรมส่งข้อมูลจาก Robot to LabVIEW | 15 |
| 2.6.2.2 โปรแกรมรับข้อมูลจาก Labview to Robot | 15 |
| 2.6.3 การกำหนดเงื่อนไขใน As Language | 16 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.6.3.1 การกำหนดเงื่อนไขให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆ | 16 |
| 2.6.3.2 การกำหนดเงื่อนไขให้โรบอทรอคำสั่งจากภายนอก | 17 |
| บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 18 |
| 3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์สวมประตูดาว | 18 |
| 3.2 หลักการออกแบบชิ้นส่วนแมคคาทรอนิกส์ | 19 |
| 3.2.1 การออกแบบ Pusher | 19 |
| 3.2.2 การออกแบบฐานวางกล้อง | 20 |
| 3.2.3 การออกแบบแมคคาทรอนิกส์สำหรับช่วยเปิดปิดประตูดาว | 22 |
| 3.2.4 การออกแบบเครื่องมือในการหยิบจับชิ้นงานของหุ่นยนต์ | 24 |
| 3.2.5 การออกแบบฐานวางหุ่นยนต์ | 25 |
| 3.3 การเลือกชนิดและรุ่นของหุ่นยนต์ | 25 |
| 3.4 การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ภาพค้นหาตำแหน่งของรูสำหรับสวมดาว | 27 |
| 3.4.1 ฟังก์ชัน vision acquisition express | 27 |
| 3.4.2 ฟังก์ชัน visionassistant | 29 |
| 3.4.2.1 Original Image | 29 |
| 3.4.2.2 Brightness | 30 |
| 3.4.2.3 Filter | 31 |
| 3.4.2.4 Image Mask | 31 |
| 3.4.2.5 Threshold | 32 |
| 3.4.2.6 Adv. Morporlogy (large object) | 32 |
| 3.4.2.7 Adv. Morporlogy (small object) | 33 |
| 3.5 การออกแบบโปรแกรมเปรียบเทียบรูปร่างของดาว | 33 |
| 3.6 การออกแบบโปรแกรมองศาที่เปลี่ยนไปของดาว | 35 |
| 3.7 ส่วนหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้งาน | 36 |
| 3.7.1 Monitor | 37 |
| 3.7.2 Robot Status | 37 |
| 3.7.3 Model Display | 37 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 3.7.4 Vision Data | 38 |
| 3.7.5 Checking Model | 38 |
| 3.7.6 LED Status | 38 |
| 3.7.7 Cycle Time | 38 |
| 3.8 การทดลองการทำงานก่อนติดตั้งจริง | 38 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 40 |
| 4.1 ส่วนนำ | 40 |
| 4.2 ผลจากการใช้การประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์หมุม | 40 |
| 4.3 ผลจากการใช้การประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์หารูเตอบ | 45 |
| 4.3.1 เตอบเข้ามาตรงตำแหน่ง 0,0และองศาเอียงเป็น 0 | 48 |
| 4.3.2 เตอบเข้ามาไม่ตรงตำแหน่ง 0,0 และองศาเอียงเป็น 0 | 48 |
| 4.3.3 เตอบเข้ามาไม่ตรงตำแหน่ง 0,0 และ องศาเอียงมีค่าไม่เท่ากับ 0 | 49 |
| 4.3.4 การสอบเทียบความแม่นยำของอุปกรณ์และโปรแกรมวิเคราะห์หาตำแหน่งของเตอบ | 51 |
| บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป | 53 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 53 |
| 5.2 ปัญหาที่พบ | 54 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 54 |
| เอกสารอ้างอิง | 55 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 หน้าต่างโปรแกรม LabVIEW 2014 | 3 |
| 2.2 ส่วนประกอบภายในโปรแกรม LabVIEW 2014 | 4 |
| 2.3 ชนิดและสายเชื่อมต่อการรับส่งของข้อมูล | 5 |
| 2.4 ฟังก์ชันการประมวลผลภาพจากกล้อง | 6 |
| 2.5 Model And Scan Barcode Block | 7 |
| 2.6 ตำแหน่งค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ | 8 |
| 2.7 สูตรการแปลงจาก Pixel เป็น Real world | 9 |
| 2.8 คุณสมบัติของหุ่นยนต์ KawasakiRS050N | 10 |
| 2.9 ทิศทางการหมุนของแต่ละ Joint และ Coordinate ของหุ่นยนต์ | 10 |
| 2.10 แกนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามกฎ EULER'S O,A,T Angles | 11 |
| 2.11 การเคลื่อนที่แต่ละ Joint ของหุ่นยนต์ | 13 |
| 2.12 โปรแกรมส่งข้อมูลจาก Robot ไป Labview | 15 |
| 2.13 โปรแกรมรับข้อมูลจาก Labview มายัง Robot | 15 |
| 2.14 คำสั่งในการให้โรบอทเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ | 16 |
| 2.15 การกำหนดเงื่อนไขให้โรบอทรอคำสั่ง | 17 |
| 3.1 Flow Chart แสดงลำดับการทำงานของหุ่นยนต์ | 18 |
| 3.2 Pusher | 19 |
| 3.3 ครอบกสูบ Pusher | 20 |
| 3.4 Guide Support Cylinder Pusher | 20 |
| 3.5 ฐานวางกล้อง | 21 |
| 3.6 ครอบกสูบฐานวางกล้อง | 21 |
| 3.7 ฐานวาง | 21 |
| 3.8 Rolling | 22 |
| 3.9 ครอบกสูบ Rolling | 22 |
| 3.10 Guild Rolling | 23 |
| 3.11 Rolling | 23 |
| 3.12 ฐานวาง Rolling | 23 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 3.13 Tool Robot | 24 |
| 3.14 ฐานวางหุ่นยนต์ | 25 |
| 3.15 หุ่นยนต์ Kawasaki RS020N | 26 |
| 3.16 ระยะเวลาทำงานของหุ่นยนต์ Kawasaki RS020N | 26 |
| 3.17 Hole Analysis Block | 27 |
| 3.18 การดึงภาพจากกล้องโดยใช้ฟังก์ชัน vision acquisition express | 28 |
| 3.19 การSetting ค่าในฟังก์ชัน VisionAcquistionExpress | 28 |
| 3.20 ภาพที่ได้จากการใช้ Function Vision Acquistion Express | 29 |
| 3.21 การใช้งานฟังก์ชัน Original Image | 30 |
| 3.22 การใช้งานฟังก์ชัน Brightness | 30 |
| 3.23 การใช้งานฟังก์ชัน Filter | 31 |
| 3.24 การใช้งานฟังก์ชัน Image Mask | 31 |
| 3.25 การใช้งานฟังก์ชัน Threshold | 32 |
| 3.26 การใช้ฟังก์ชัน Adv. Morporlogy (large object) | 32 |
| 3.27 การใช้ฟังก์ชัน Adv. Morporlogy (small object) | 33 |
| 3.28 Door model Compare block | 34 |
| 3.29 การใช้งาน Function Pattern Matching | 34 |
| 3.30 การ Setting function Pattern Matching | 35 |
| 3.31 ขอบของเตาอบที่ใช้ในการหามุม | 36 |
| 3.32 Display สำหรับผู้ใช้งาน | 37 |
| 3.33 การ Simulation Robot ในโปรแกรม K-Roset | 39 |
| 4.1 ภาพหลังจากการ Grab (ภาพ Original) | 40 |
| 4.2 ภาพจากกาตรวจจับมุม | 41 |
| 4.3 ค่าจากการวัดมุม | 41 |
| 4.4 เตาอบเอียงข้างหน้า | 43 |
| 4.5 เตาอบเอียงข้างหลัง | 43 |
| 4.6 ภาพหลังจากการ Grab (ภาพ Original) | 45 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.7 รูปของรูสวม hinge ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ | 46 |
| 4.8 จุดที่สนใจเทียบกับ Coordinateของกล้อง | 46 |
| 4.9 แสดงการหาค่า error ระหว่างจุดที่สนใจ(รูสำหรับสวมhinge)กับแกนกล้อง | 47 |
| 4.10 error ของตำแหน่งเตาอบในแนวแกน x เป็น 0 และองศาเอียงเป็น 0 | 48 |
| 4.11 error ของตำแหน่งเตาอบในแนวแกน x ไม่เท่ากับ 0 และองศาเอียงเป็น 0 | 49 |
| 4.12 error ของตำแหน่งเตาอบในแนวแกน x ไม่เท่ากับ 0 และองศาเอียงไม่เท่ากับ 0 | 50 |



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1.1 เวลาการทำงานของโครงการ | 2 |
| 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าในแนวแกน Y | 41 |
| 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกับจำนวนครั้ง | 42 |
| 4.3 การทดสอบการตรวจจับรูที่ตำแหน่งเดิม | 49 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัทไทยซัมซุงอิเล็กทรอนิกส์จำกัด เป็นบริษัทผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าชั้นนำของโลกโดยมีนโยบายที่ ต้องการจะปรับปรุงสายการผลิตโดยการนำ Automation เข้ามาแทนการใช้คน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใน การผลิต และลดต้นทุนในการผลิตในระยะยาว

โครงการนี้เกิดขึ้นจากแนวคิดที่ต้องการลดพนักงานและนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิต ซึ่งได้เล็งเห็นว่าในขั้นตอนการประกอบประตูเตาอบ เป็นขั้นตอนที่พนักงานต้องยกของหนัก ซึ่งถ้าทำซ้ำ เป็นเวลานานจะส่งผลกระทบต่อสรีระของพนักงาน จึงมีแนวคิดที่จะนำหุ่นยนต์เข้ามาใช้แทนคน ซึ่ง นอกจากจะทำหน้าที่ยกของหนักแทนคนแล้ว ยังใช้เวลาต่อรอบน้อยกว่าพนักงานจึงทำให้สามารถเพิ่ม กำลังการผลิตต่อวันได้ง่ายขึ้นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การนำหุ่นยนต์เข้ามาใช้แทนคน
2. ลดเวลาในการทำงานของกระบวนการการผลิต และ เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต
3. ศึกษาการระบบ Vision สำหรับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบแนวคิดในการทำโครงการ Door Oven Insertion Robot
2. ออกแบบชิ้นส่วนด้านแมคคานิกส์และเสนองานต่อผู้ขาย
3. ออกแบบโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์หาตำแหน่งของเตาอบ และ รุ่นของประตูเตาอบ
4. ออกแบบลำดับการทำงานของหุ่นยนต์ร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง
5. หุ่นยนต์สามารถใช้งานในสายการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการทำโครงการ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการให้กับ Process การทำงานในส่วนที่พนักงานต้องยกของหนัก ในขั้นแรกจะต้องนำเสนอแนวคิดต่อผู้บริหาร ในส่วนของวิธีการสวมประตูดออบ อุปกรณ์ที่ใช้ และโปรแกรมที่ใช้สำหรับการดำเนินโครงการ เมื่อได้รับการอนุมัติแล้วจึงนำเดินการเขียนแบบ ด้วยโปรแกรม Solidworks และทำการสั่งซื้อกับ Vender จากนั้นทำการออกแบบโปรแกรม และ และจำลองการทำงานของหุ่นยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้โปรแกรม Notepad++ และฟังก์ชันคำสั่งสำหรับหุ่นยนต์ Kawasaki ออกแบบโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ภาพด้วยโปรแกรม Labview และทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ก่อนนำไปนำไปติดตั้งจริง ตารางการทำงานจะเป็นดังตาราง 1.1

| Month | Jun | | | | Jul | | | | Aug | | | | Sep | | | | Oct | | | | Nov | | | | Dec | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Item | W25 | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 | W40 | W41 | W42 | W43 | W44 | W45 | W46 | W47 | W48 | W49 | W50 | W51 |
| Trianning | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Concept | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Budget | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PR,PO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Program | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ETD' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ 1.1 ตารางเวลาการทำงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

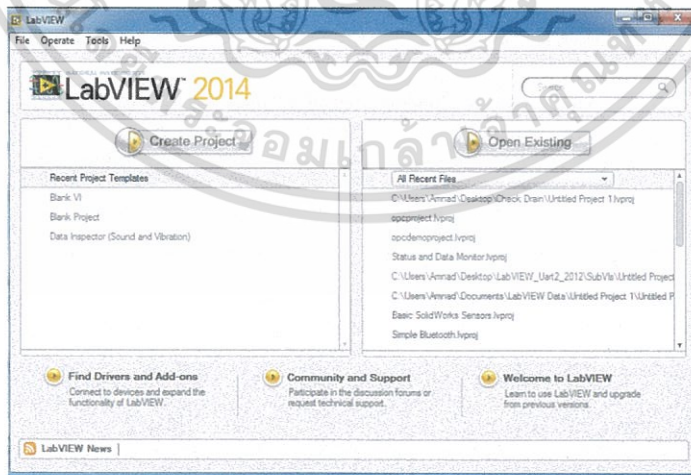
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายการใช้โปรแกรมซึ่งซอฟต์แวร์ที่ใช้คือ LabVIEW ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท National Instrument เป็นการเขียนโปรแกรมแบบ Graphical Language คือการนำ Icon ต่างๆ มาวางต่อกันแล้วทำการโยงเส้นเพื่อเชื่อมต่อการทำงานของ Icon ต่างๆ เข้าด้วยกันซึ่งในโครงการนี้ใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW ในการรับค่าจากกล้องและเครื่องสแกนบาร์โค้ด อีกทั้งยังใช้ในการรับค่าจากหุ่นยนต์มาประมวลผลแล้วส่งกลับไปให้หุ่นยนต์เป็นต้นนอกจากซอฟต์แวร์ LabVIEW ที่ใช้ในงานนี้แล้วยังมีโปรแกรมอีกชนิดหนึ่งคือ KR-term ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท Kawasaki เป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้ As Language ในการเขียนควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์และรับค่าจากตัวตรวจจับต่างๆ เพื่อมาเป็นเงื่อนไขในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

2.1 แนะนำโปรแกรม LabVIEW

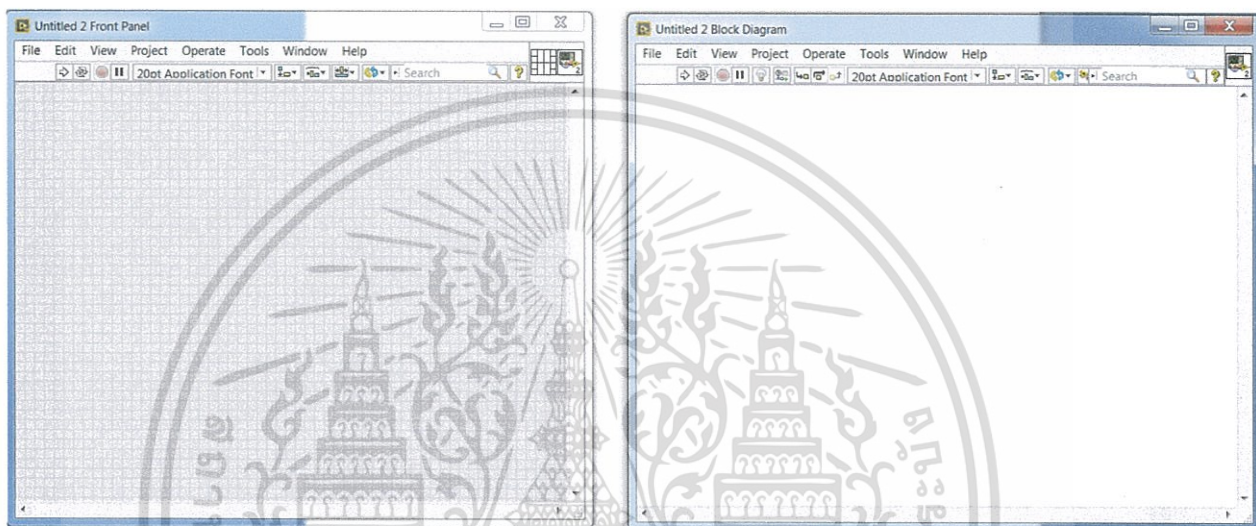
โปรแกรมที่ใช้ในการทำโครงการนี้ส่วนแรกคือ LabVIEW 2014 ซึ่งโปรแกรม LabVIEW นี้มีการเขียนภาษาหลักภายในโปรแกรมคือแบบ Graphical คือการนำ Icon ต่างๆ มาวางต่อกัน แล้วทำการโยงเส้นเพื่อเชื่อมต่อการทำงานของ Icon ต่างๆ เข้าด้วยกันซึ่งหน้าตาของโปรแกรมจะเป็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หน้าต่างโปรแกรม LabVIEW 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในโปรแกรม LabVIEW จะถูกแบ่งหน้าต่างการใช้งานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆที่ใช้งานคือ Front Panel, Block DiagramและIcon/Connector Panel ดังรูปที่ 2.2 ในส่วนของหน้าต่าง Front Panel เป็นหน้าต่างของ User Interface ไว้สำหรับให้ผู้ใช้งานสื่อสารกับโปรแกรม โดยผ่านการแสดงผลข้อมูล จากโปรแกรมออกไปสู่ผู้ใช้และผู้ป้อนข้อมูลมายังโปรแกรมเพื่อประมวลผลหรือเก็บบันทึกข้อมูล ส่วนของหน้าต่าง Block Diagram มีไว้สำหรับการเขียนโปรแกรมฟังก์ชันการทำงานต่างๆ และอีกส่วนคือ Icon/Connector Panel ซึ่งจะมีไว้สำหรับการกำหนดสัญญาณเข้าและออกเพื่อต่อข้อมูลที่将成为 Sub VI ได้ต่อไป



ข. ส่วน Front Panel

ก. ส่วน Block Diagram

รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบภายในโปรแกรม LabVIEW2014

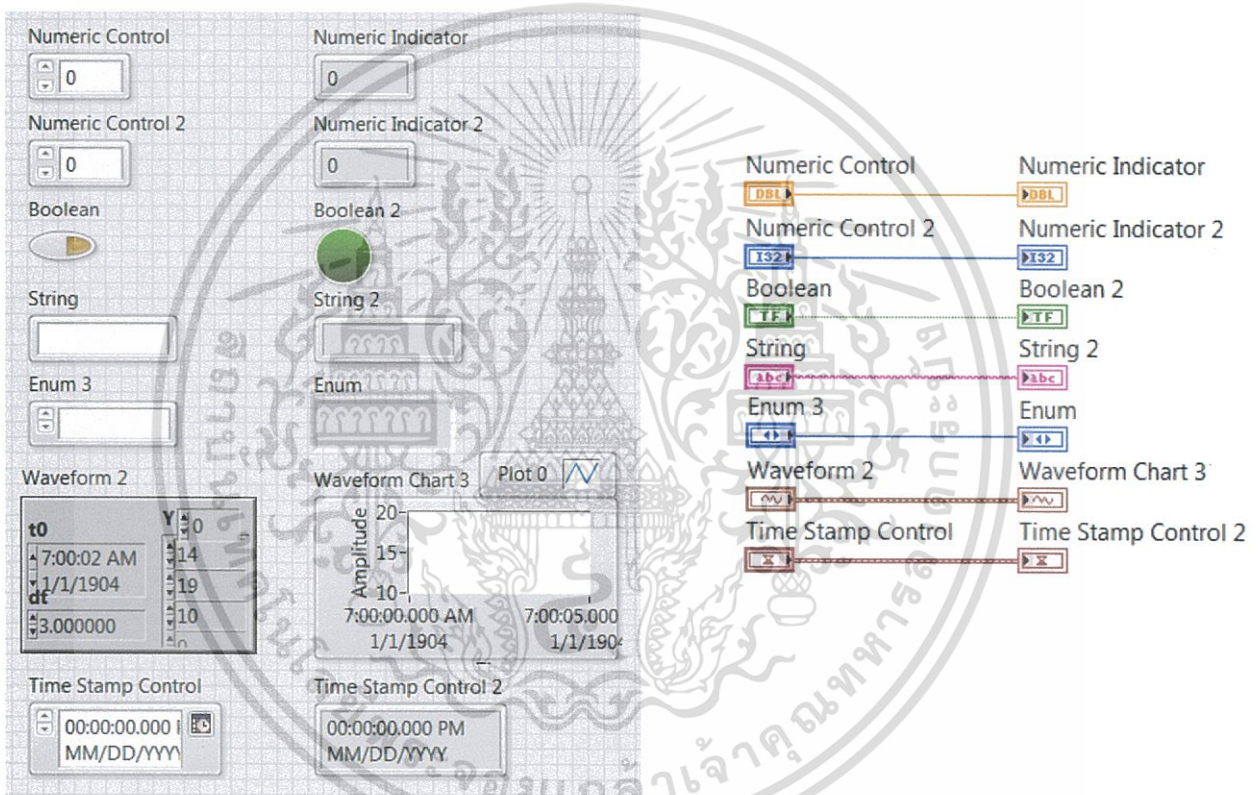
ในโปรแกรม LabVIEW แบ่งข้อมูลออกเป็น 6 ชนิดหลักๆดังนี้

1. Numeric เป็นข้อมูลประเภทตัวเลขซึ่งจะมีทั้งจำนวนเต็มที่มี Icon ในหน้า Block Diagram เป็นสีน้ำเงิน และเลขทศนิยม เป็นสีส้ม
2. Boolean เป็นข้อมูลประเภท Logic คือ 0 และ 1 หรือ True และ False ซึ่ง Icon ในหน้า Block Diagram จะเป็นสีเขียว
3. String เป็นข้อมูลประเภทข้อความ ตัวอักษร Icon ในหน้า Block Diagram จะเป็นสีชมพู
4. Enum เป็นข้อมูลที่แสดงให้ผู้ใช้เห็นในหน้า Front Panel เป็นตัวหนังสือแต่ค่าจริงที่ใช้ประมวลผลในหน้า Block Diagram เป็นตัวเลขจำนวนเต็มสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Dynamic เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ Waveform
6. Time Stamp เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยวันที่และเวลาที่มีความละเอียดถึงมิลลิวินาที Time Stamp บน Block diagram จะมีหน้าต่างที่เป็นสี่เหลี่ยมเส้นหนาสามารถนำมาแปลงให้เป็นวันที่และเวลาแบบ String ได้

จากข้อมูลทั้งหมดนี้ สามารถเป็นได้ทั้งตัวควบคุมและตัวรับผล โดยตัวควบคุมจะถูกเรียกว่า “Control” ส่วนตัวรับผล เรียกว่า “Indicator” ซึ่งจะต้องทำการต่อสายเพื่อรับส่งข้อมูล โดยสายรับส่งข้อมูลจะมีสีและขนาดตามรูปแบบของข้อมูลที่เชื่อมต่อกันดังรูปที่ 2.3

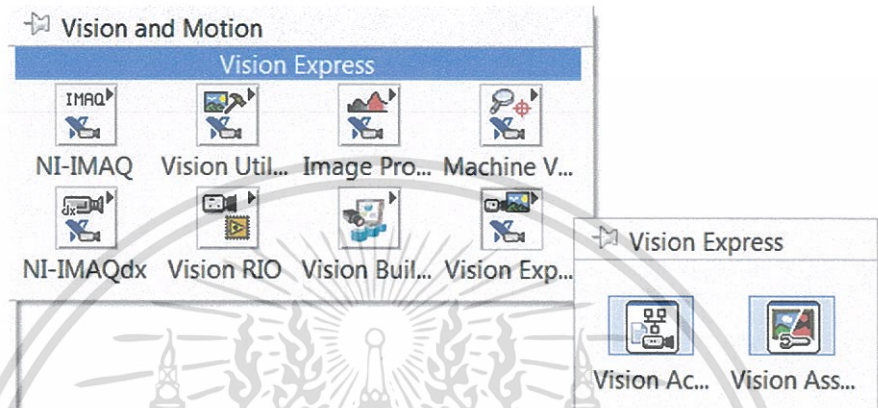


รูปที่ 2.3 ชนิดและสายเชื่อมต่อการรับส่งของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การประมวลผลภาพจากกล้องโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

จากที่กล่าวมาก่อนหน้า ในโครงการนี้มีการใช้กล้องเข้ามาช่วยในการทำงานของหุ่นยนต์ โดยนำภาพที่ได้จากกล้องมาใช้ในการประมวลผลในโปรแกรม LabVIEW แล้วส่งค่าให้หุ่นยนต์โดยโปรแกรม LabVIEW มีฟังก์ชันสำหรับการประมวลผลกล้อง โดยฟังก์ชันที่ใช้หลักๆคือ Vision Assistant, Vision Acquisition, และ IMAQ ต่างๆเป็นต้นดังแสดงในรูปที่2.4

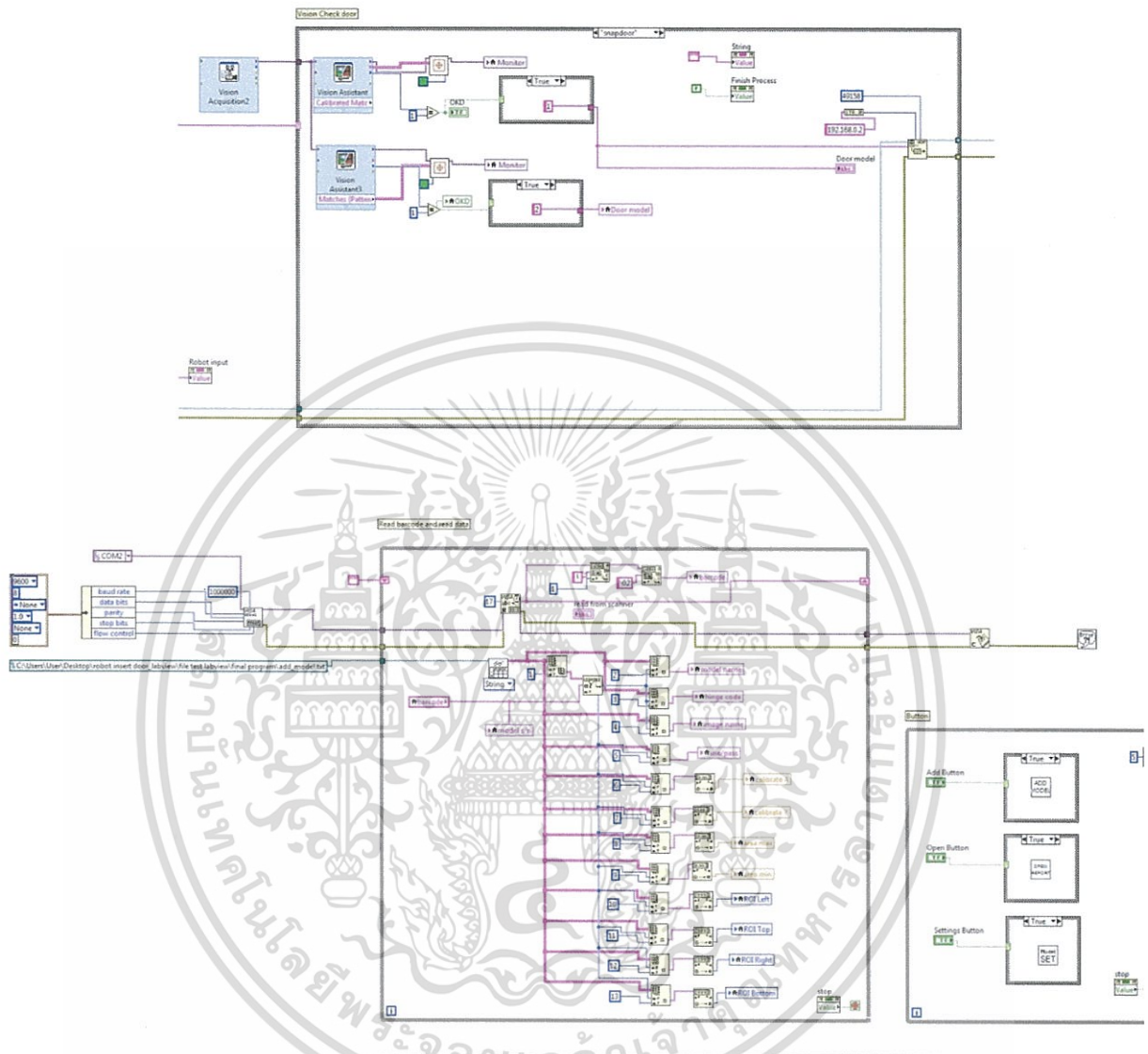


รูปที่ 2.4 ฟังก์ชันการประมวลผลภาพจากกล้อง

การเขียนโปรแกรมLabVIEWที่ใช้ในการประมวลผลภาพของโครงการนี้ มีอยู่ 3 ส่วนหลักๆที่นำมาตรวจจับส่วนประกอบต่างๆของเตาอบคือตรวจจับรุ่นของเตาอบกับบาร์โค้ดแสกนเนอร์ ตรวจจับมุมที่เตาอบมาบน Pallet และตรวจจับรูของเตาอบโดยแต่ละส่วนจะมีวิธีการออกแบบดังนี้

2.2.1 การออกแบบการตรวจจับรุ่นของประตูเตาอบเปรียบเทียบกับบาร์โค้ดแสกนเนอร์บริเวณเตาอบ

ในส่วนของกล้องที่ทำการตรวจจับรุ่นของประตูเตาอบ เนื่องจากประตูเตาอบไม่มีบาร์โค้ดเพื่อให้แยกรุ่น จึงได้มีการใช้กล้องเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่หุ่นยนต์จะทำการใส่ประตูเตาอบ โดยกล้องที่ใช้จะถูกติดตั้งบริเวณลิฟต์ลำเลียงประตูเตาอบ กล้องจะทำการจับภาพของรุ่นประตูเตาอบเมื่อลิฟต์ลำเลียงประตูเตาอบมาถึงตำแหน่งส่งประตูเตาอบและหุ่นยนต์ทำงานเสร็จพร้อมที่จะเริ่มทำงานรอบใหม่



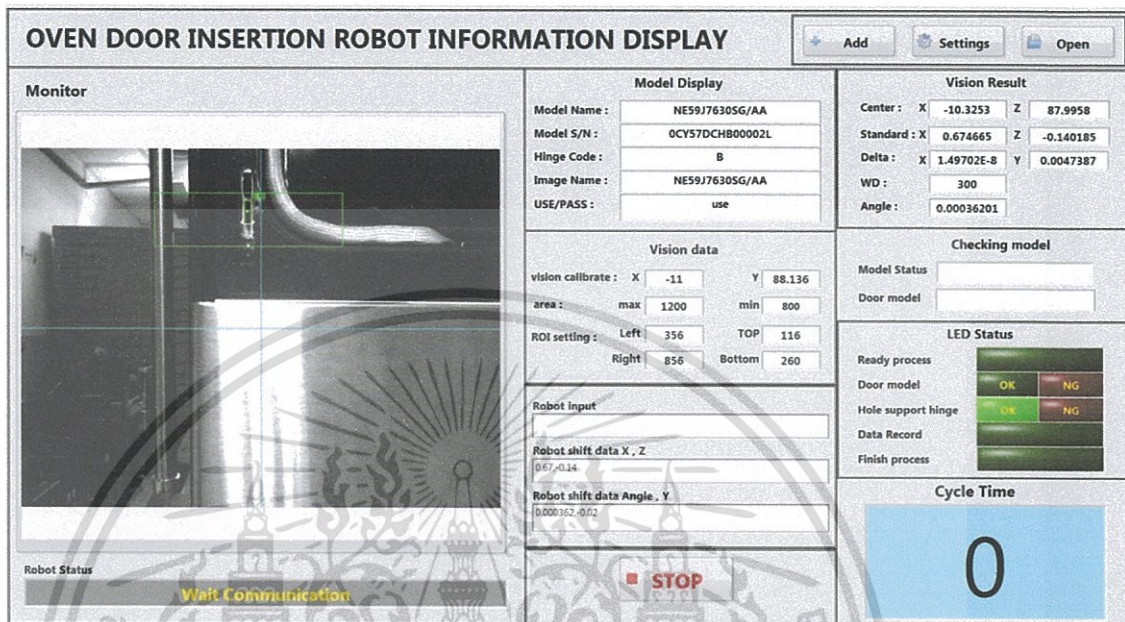
รูป 2.5 ที่ Model And Scan Barcode Block

2.2.2 การตรวจจ็บบู

เมื่อเตาอบเคลื่อนที่ตาม Conveyor มาถึงตำแหน่งที่กล้องตรวจจ็บบูจะทำการ Snap ภาพโดยจะทำการสร้างภาพต้นแบบไว้หนึ่งภาพเพื่อใช้เปรียบเทียบกับภาพต่อไปว่าตำแหน่งของรูเปลี่ยนไปจากเดิมเท่าไรและสามารถตรวจจ็บบูได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการไหมตัวอย่างเช่นเมื่อกล้อง Snap รูเตาอบและพบว่าเมื่อทำไปเทียบกับภาพต้นแบบรูที่ Snap ได้เกิดความคลาดเคลื่อน (2, 0.1 mm. ในแนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X, Y ตามลำดับ) จะนำค่าคลาดเคลื่อนนั้นส่งให้หุ่นยนต์ FeedForward ตามเพื่อให้หุ่นสามารถสวมประตูเตาอบได้ตรงตามตำแหน่งแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตำแหน่งค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ

2.3 การคำนวณหาขนาดเลนส์ที่ต้องใช้

การหาขนาดของเลนส์จะคำนวณได้จากสมการการหา Sensor Resolution ดังสมการที่ 2.1

$$\text{Sensor Resolution} = \text{Image Resolution} = 2 \left(\frac{\text{Field of View (FOV)}}{\text{Smallest Feature}} \right) \quad (2.1)$$

เมื่อ FOV คือ ขอบเขตที่กล้องเก็บภาพได้ (Field of view) หรือ ขอบเขตในโลกจริงที่กล้องสามารถรับภาพได้

Smallest Feature คือส่วนที่เล็กที่สุดเป็นความละเอียดที่ต้องการในการวิเคราะห์ภาพ ซึ่งในระบบส่วนที่เล็กที่สุด

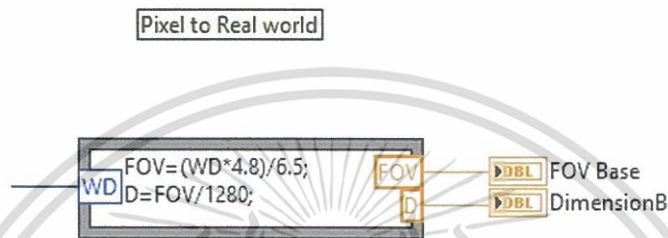
ซึ่ง FOV ของภาพที่ใช้ในการตรวจจับรูมีขนาด 562 mm. และ Smallest Feature ในที่นี้คือ รูของเตาอบที่ใช้สำหรับสวม Hinge ซึ่งมีขนาด 5 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า Sensor Resolution = Image Resolution = $2\left(\frac{562}{5}\right) = 224.8$ Pixel

ดังนั้นจึงสามารถเลือกกล้องที่มีค่า Sensor Resolution ได้ตั้งแต่ 500 x 600 Pixel, 640 x 480 Pixel, 1024 x 768 Pixel, 1280 x 1024 Pixel สามารถเลือกใช้ได้ โดยยิ่ง Sensor Resolution มาก ความละเอียดในการจับภาพก็มากตามไปด้วย

2.4 การสอบเทียบค่าจาก Pixel เป็น Real World (mm.)



รูปที่ 2.7 สูตรการแปลงจาก Pixel เป็น Real World

ในสูตรนี้ ถูกนำไปใช้กับแปลงหน่วยหลังวิเคราะห์ภาพที่ระบบ Vision จับได้ก่อนส่งออกไปให้หุ่นยนต์ โดยผู้ใช้จะต้องป้อนค่า WD ซึ่งเป็นความสูงจากหน้ากล้องถึงจุดที่จับภาพเข้ามาใน LabVIEW เพื่อนำมาคำนวณหา Dimension หรือก็คือระยะชัดลึก (Depth Of Field) ซึ่งจะถูกนำไปคูณกับค่า X,Y ที่ได้หลังแปลงโคออดิเนตของกล้องเรียบร้อยแล้ว ซึ่งค่าที่นำมาใช้ในสูตรอ้างอิงจากคุณสมบัติของกล้องที่ใช้ อาทิ ค่าเซ็นเซอร์รับภาพ, ค่า Resolution และค่าเลนส์ที่ใช้กับกล้องคือเลนส์ Wide 6.5 mm.

2.5 การเลือกหุ่นยนต์และคุณสมบัติของหุ่นยนต์

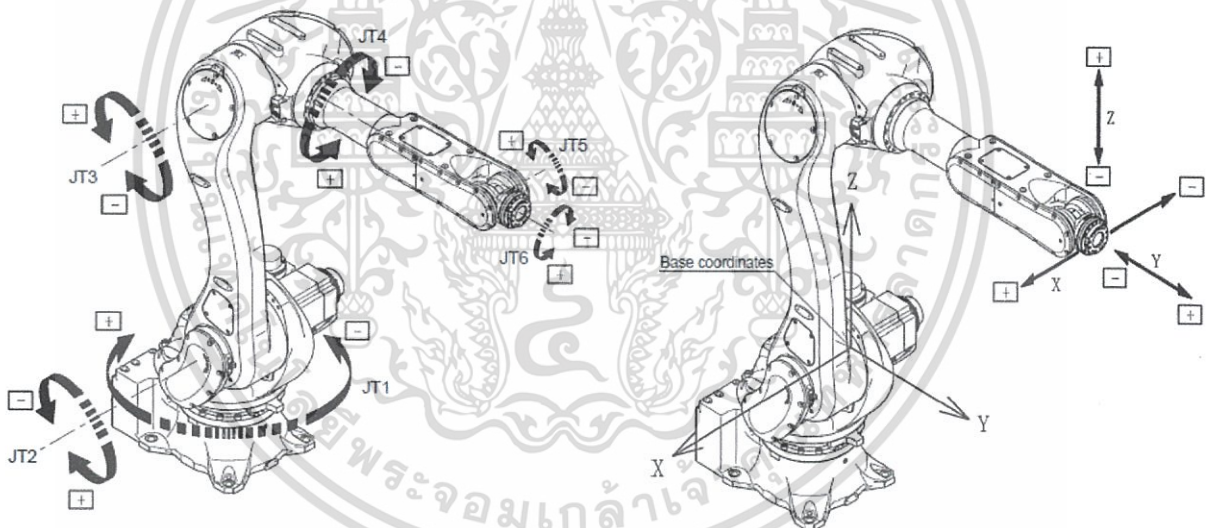
คุณสมบัติของหุ่นยนต์ที่ใช้: หุ่นยนต์ KAWASAKI RS020N



RS20N

| | |
|-------------------------|-------------|
| Payload | 20 kg |
| Horizontal Reach | 1,725 mm |
| Vertical Reach | 3,078 mm |
| Repeatability | ±0.05 mm |
| Maximum Speed | 11,500 mm/s |

รูปที่ 2.8 คุณสมบัติของหุ่นยนต์ KawasakiRS050N



ก. การเคลื่อนที่ในแต่ละ Joint

ข. แนวแกน Coordinate ของ Base และ Tool

รูปที่ 2.9 ทิศทางการหมุนของแต่ละ Joint และ Coordinate ของหุ่นยนต์

แต่ละแกนที่หมุนจะขึ้นกับมุม Coordinate ของแต่ละ Joint นั้นที่สามารถทำงานได้ทำงานสัมพันธ์กันทั้งการเคลื่อนที่แบบแกน Trans และแบบ Joint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ความแตกต่างระหว่างการทำงานประเภท Joint และ Trans

1. Joint ของหุ่นยนต์มีทั้งหมด 6 แกน : การเคลื่อนที่เป็นการหมุนรอบของแต่ละแกน

- JT1 คือ การหมุนรอบแกน 1 ของหุ่นยนต์
- JT2 คือ การหมุนรอบแกน 2 ของหุ่นยนต์
- JT3 คือ การหมุนรอบแกน 3 ของหุ่นยนต์
- JT4 คือ การหมุนรอบแกน 4 ของหุ่นยนต์
- JT5 คือ การหมุนรอบแกน 5 ของหุ่นยนต์
- JT6 คือ การหมุนรอบแกน 6 ของหุ่นยนต์

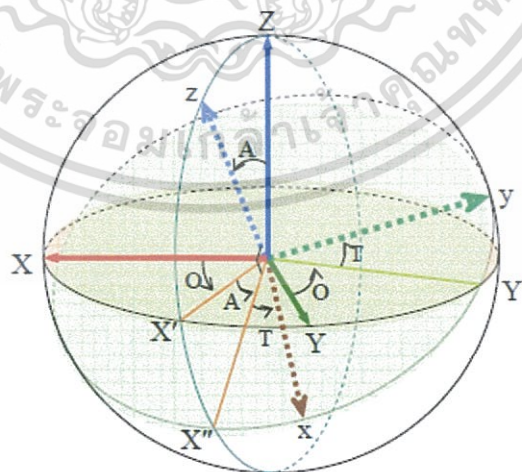
หมายเหตุอ้างอิงรูปการทำงานของแต่ละ Joint ได้จากรูปที่ 2

2. Trans เป็นการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอ้างอิงตามแกนการเคลื่อนที่

- X เป็นการเคลื่อนที่โดยขยับไปตามแกน X สามารถไปได้ทั้ง X+ หรือ X- หน่วยเป็น mm
- Y เป็นการเคลื่อนที่โดยขยับไปตามแกน Y สามารถไปได้ทั้ง Y+ หรือ Y- หน่วยเป็น mm
- Z เป็นการเคลื่อนที่โดยขยับไปตามแกน Z สามารถไปได้ทั้ง Z+ หรือ Z- หน่วยเป็น mm

2.5.2 มุมการเคลื่อนที่ของ Trans เป็นไปตามหลักของกฎEULER'S RULE O, A, T

EULER'S O,A,T ANGLES



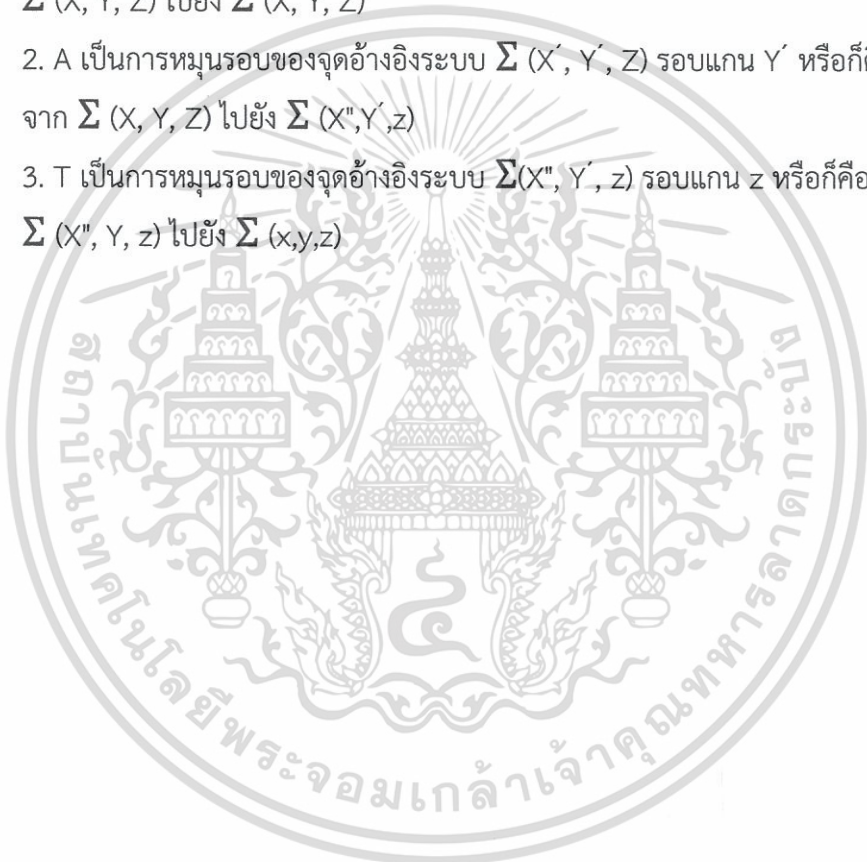
รูปที่ 2.10 แกนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามกฎEULER'S O, A, T Angles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

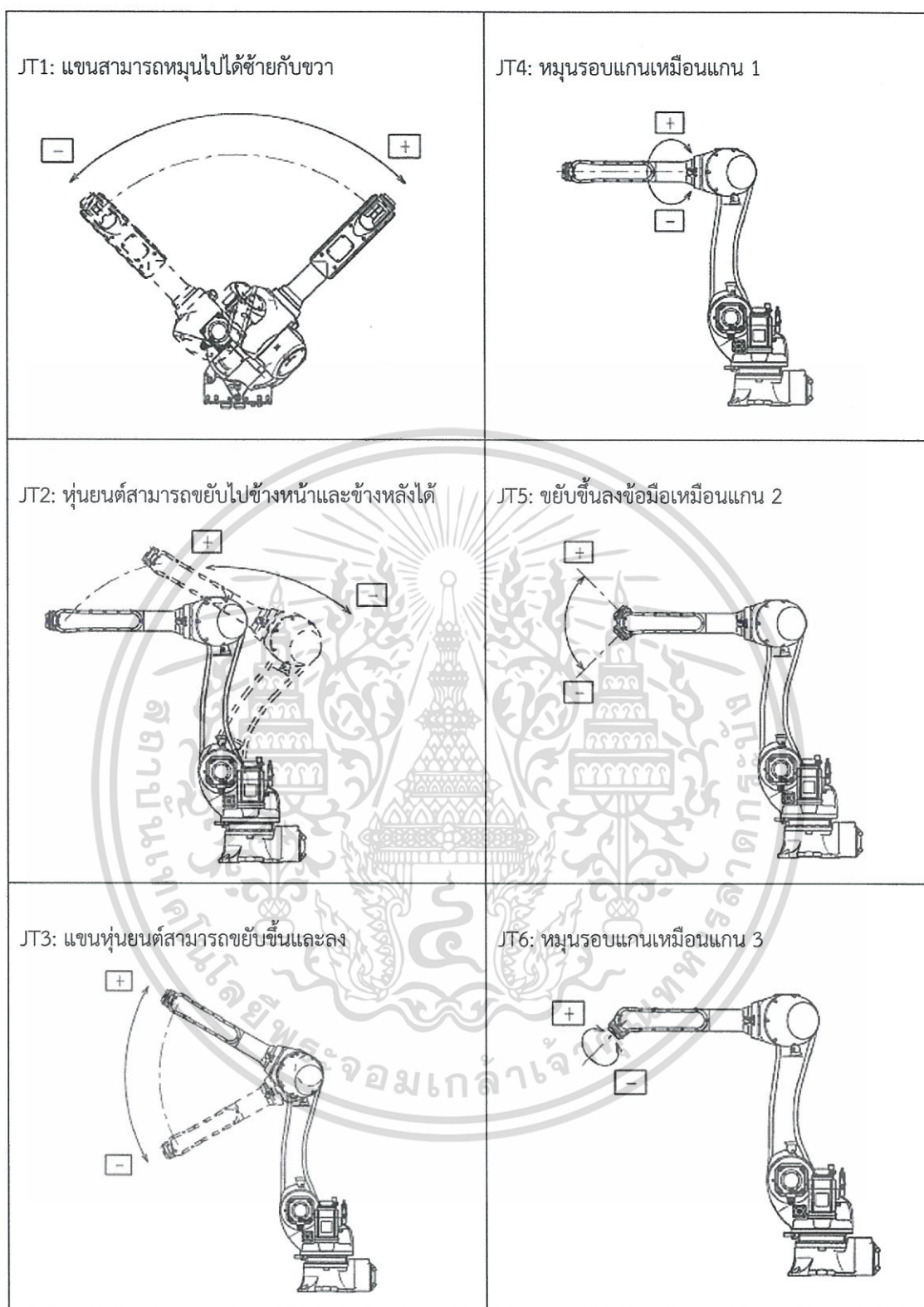
- O คือ มุมการเคลื่อนที่โดยอ้างอิงระนาบ Zz กับระนาบ XZ
 - A คือ มุมการเคลื่อนที่โดยอ้างอิงแกน z กับแกน Z
 - T คือ มุมการเคลื่อนที่โดยอ้างอิงแกน x กับแกน X "
- X จะอยู่บนระนาบ Zz และมุมระหว่างแกนนี้กับแกน Z เป็น 90°

มุมทั้งสามอันนี้เป็นตัวแทนการเคลื่อนที่จากผลรวมของ $\Sigma(X,Y,Z)$ ที่สัมพันธ์กันกับ $\Sigma(X, Y, Z)$ เช่น

1. O เป็นการหมุนรอบของจุดอ้างอิงระบบ $\Sigma(X, Y, Z)$ รอบแกน Z หรือก็คือ เคลื่อนที่จาก $\Sigma(X, Y, Z)$ ไปยัง $\Sigma(X, Y, Z)$
2. A เป็นการหมุนรอบของจุดอ้างอิงระบบ $\Sigma(X', Y', Z)$ รอบแกน Y' หรือก็คือเคลื่อนที่จาก $\Sigma(X, Y, Z)$ ไปยัง $\Sigma(X'', Y', z)$
3. T เป็นการหมุนรอบของจุดอ้างอิงระบบ $\Sigma(X'', Y', z)$ รอบแกน z หรือก็คือเคลื่อนที่ $\Sigma(X'', Y, z)$ ไปยัง $\Sigma(x,y,z)$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การเคลื่อนที่แต่ละ Joint ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์จะใช้ As Language ซึ่งจะเขียนผ่าน Notepad++ โดยใช้ As Language เพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์และ อุปกรณ์อื่นๆ เช่น Cylinder, Sensor ต่างๆ และ Camera เป็นต้น โดยจะแบ่งการทำงานของ As Language เป็นสามส่วน คือ

1. Main Program – จะเป็นส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้งหมด ซึ่งจะทำงานเป็นลำดับจากไล่จากบรรทัดบนลงล่าง ซ้ายไปขวา
2. PC Program – จะเป็นส่วนที่ทำหน้า สื่อสารรับส่งข้อมูลจาก LabVIEW และ รับส่งสัญญาณ external I/O จากอุปกรณ์ภายนอก ซึ่ง PC Program จะทำงานแยกส่วนกับ Main Program โดยจะทำงานต่อเนื่องตลอดการทำงานเปลี่ยนเสมือน PLC (Programmable Logic Controller)
3. Teaching Program - ในส่วนนี้ใน As Language จะทำการประกาศตัวแปรที่ไม่มีค่าใดๆ เพื่อรอการบันทึกค่าตำแหน่งของหุ่นยนต์จาก Teach Pendant เมื่อทำการบันทึกค่าลงไปค่าที่บันทึกจะไปเก็บไว้ในตัวแปรที่ประกาศไว้

2.6.1 คำสั่งการเคลื่อนที่ Robot เบื้องต้น

| | |
|-------|---|
| JMOVE | การเคลื่อนที่หุ่นยนต์โดยขยับแบบ Joint |
| LMOVE | การเคลื่อนที่หุ่นยนต์โดยขยับแบบเส้นตรง |
| XMOVE | การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ในแนวเส้นตรงจนถึงระยะที่กำหนดโดยระบุด้วยสัญญาณ |
| CMOVE | การเคลื่อนที่หุ่นยนต์โดยขยับแบบรัศมีวงกลม |
| DRIVE | การเคลื่อนที่หุ่นยนต์โดยระบุองศาในการขยับ joint ใด joint หนึ่ง |
| DELAY | การระบุระยะเวลาหน่วงเวลาก่อนจะเคลื่อนที่โดยคำสั่งต่อไป |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่าง Robot และ LabVIEW ผ่าน UDP

2.6.2.1 โปรแกรมส่งข้อมูลจาก Robot to LabVIEW

```

3589 .PROGRAM send(.$crtx[]) #421141
3590     UDP_SENDTO ret_tx,ip[0],49151,.$crtx[0],1,2
3591     IF ret_tx==0 THEN
3592 ;TYPE "MODEL REQUEST!!"
3593     END
3594 .END

```

รูปที่ 2.12 โปรแกรมส่งข้อมูลจาก Robot ไป Labview

เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อ เรียกใช้ UDP เพื่อใช้ส่งค่าที่เป็นตัวอักษรหรือตัวแปรต่างๆ ไปยัง Labviewเพื่อใช้งานตามเงื่อนไขต่อไป โดยในโครงงานนี้ หุ่นยนต์จะส่งข้อมูลเป็นตัวหนังสือ คำว่า “Snap”ให้Labviewเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการส่งสัญญาณให้ Labviewทำการวิเคราะห์ภาพ

2.6.2.2 โปรแกรมรับข้อมูลจาก Labview to Robot

```

3579 .PROGRAM rcv(.$receive_data) #317588
3580     UDP_RECVFROM ret_rx,49152,$crt[0],p,1,ip[0],255
3581     IF ret_rx<>0 THEN
3582 ;TYPE "RECEIVE ERROR!!"
3583     .$receive_data = "ERR"
3584     ELSE
3585 ;TYPE "RECEIVED!!"
3586     .$receive_data = $crt[0]
3587     END
3588 .END

```

รูปที่ 2.13 โปรแกรมรับข้อมูลจากLabviewมายัง Robot

เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อให้หุ่นยนต์เรียกรับค่าจาก Labview เพื่อทำมาใช้ในการประมวลผล ซึ่งในโครงงานนี้โรบอทจะเรียกรับค่าระยะ Error x, y และ องศา ที่ Labview ประมวลผลเพื่อนำค่าที่เป็นตัวเลขมาเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ถูกต้องในการสวมประตูดาว

2.6.3 การกำหนดเงื่อนไขใน As Language

การกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของหุ่นยนต์ จะมีการใช้คำสั่งในการทำงานหลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นเงื่อนไขในการสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ หรือ เงื่อนไขในการรอสัญญาณจากภายนอกส่งเข้ามา เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานในลำดับต่อไป

2.6.3.1 การกำหนดเงื่อนไขให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆ

ในการสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จะใช้คำสั่งจาก Internal Input อย่างเช่น ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์ไปที่ตำแหน่ง Home จะเขียนให้หุ่นยนต์รอคำสั่ง m_home เมื่อมีสัญญาณ m_home เข้ามา คำสั่งจะเข้าเงื่อนไข if sig(m_home) จากนั้นจะสั่งให้ goto บรรทัดที่ 500 ซึ่งคำสั่งที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ JMOVE p_home ดังรูป 2.14 ซึ่งในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งอื่นๆก็จะทำงานในลักษณะเดียวกัน

```

1222
1223 .PROGRAM prg_main()
1224 500; Robot Motion
1225   if sig(-pause_sel) then
1226     if sig(m_home) goto 510 ;home moving
1227     if sig(m_pre_pickup) goto 520 ;pre pickup moving
1228     if sig(m_pickup) goto 530 ;pickup moving
1229     if sig(m_hinge) goto 540 ;snap hinge moving
1230     if sig(m_pre_insert) goto 550 ;pre insert moving
1231     if sig(m_insert) goto 560 ;insert moving
1232     if sig(m_pre_open) goto 570 ;pre open moving
1233     if sig(m_open) goto 580 ;door open moving
1234     if sig(m_left_lock) goto 590 ; left lock moving
1235     if sig(m_right_lock) goto 600 ;right lock moving
1236     if sig(m_defect) goto 610 ;defect part moving
1237   end
1238   goto 500
1239
1240 510; Home Moving
1241   signal -m_home_t
1242   Signal -m_home
1243
1244   ;robot_p = 800
1245   speed pick_speed
1246   JMOVE p_home
1247   BREAK
1248 ; SIGNAL robot_int
1249 robot_p = 100 ; home
1250   GOTO 500
1251

```

รูปที่ 2.14 คำสั่งในการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ

2.6.3.2 การกำหนดเงื่อนไขให้โรบอทรอคำสั่งจากภายนอก

ดังรูปที่ 2.15 การใช้คำสั่ง if sig(x_pad_detect) จะเป็นการรอสัญญาณ x_pad_detect ซึ่งเป็นสัญญาณอินพุต จาก Proximity Sensor เพื่อตรวจเช็คโลหะ เมื่อ x_pad_detect ทำงาน จึงจะสั่งให้ทำงานสัญญาณ ให้ Vacuum ดูดชิ้นงาน เป็นต้น

```

430 Value 3 : ;pickup position to snaphinge position
431
432   if sig(x_pad_detect) then
433     signal -y_vac_off      ; release vacumm 1
434     signal -y_vac_off2    ; release vacumm 2
435     signal y_vac_on       ; vacumm 1 suck
436     signal y_vac_on2     ; vacumm 2 suck
437
438     if sig(x_vac) and sig(x_vac2) then ; pressure sensor check
439       signal m_hinge ; home position
440       robot_step = 54
441     end
442   end

```

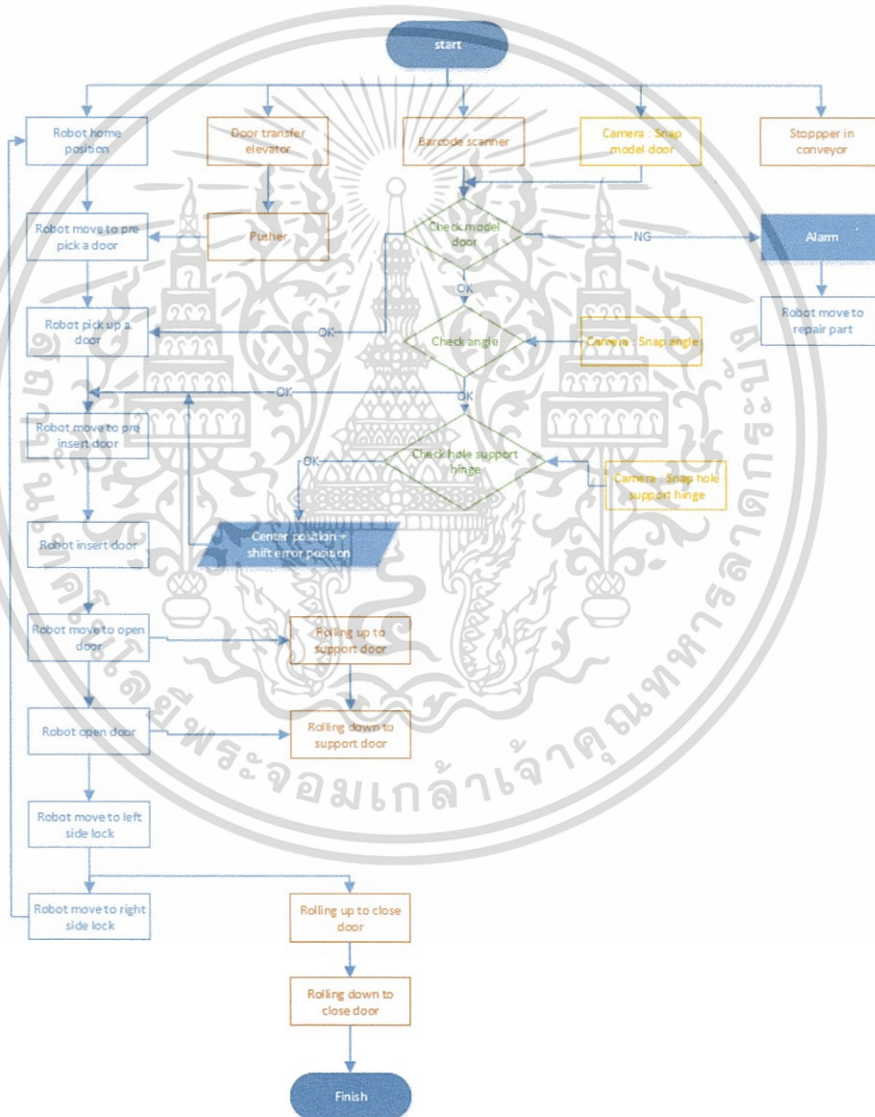
รูปที่ 2.15 การกำหนดเงื่อนไขให้หุ่นยนต์รอคำสั่ง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์สวมประตูดออบ

การทำงานของหุ่นยนต์สวมประตูดออบเขียนลำดับการทำงานได้ดังรูปที่ 3.1



รูป 3.1 flow chart แสดงลำดับการทำงานของหุ่นยนต์

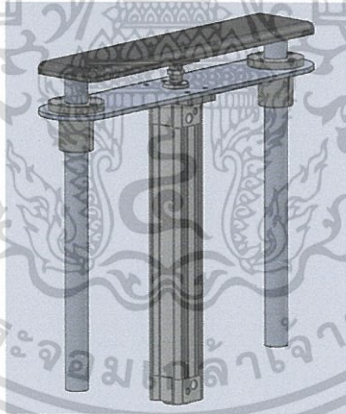
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการออกแบบชิ้นส่วนแมคคานิกส์

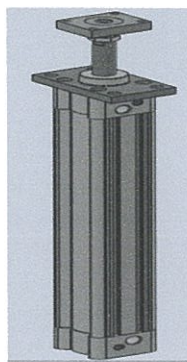
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบชิ้นส่วนแมคคานิกส์ ซึ่งการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ นั้นจะอิงจากความสัมพันธ์ที่ส่งผลถึงชิ้นงานไม่ว่าจะเป็นเตาอบหรือประตูเตาอบ เพื่อให้ส่วนของแมคคานิกส์สามารถทำงานร่วมกับหุ่นยนต์และระบบการตรวจจับภาพด้วยกล้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยโปรแกรมที่ใช้ออกแบบชิ้นส่วนแมคคานิกส์คือ Solidworks

3.2.1 การออกแบบ Pusher

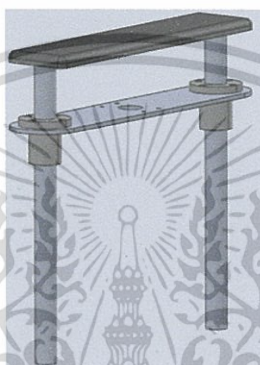
การออกแบบ Pusher ทำขึ้นเนื่องจากกระบวนการส่งประตูเตาอบจาก Elevator ที่ลงมาถึงหุ่นยนต์ ในแต่ละชั้นจะมีความคลาดเคลื่อนทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถหยิบชิ้นงานตำแหน่งเดิมได้ตลอดทำให้เกิดความผิดพลาดจากการหยิบประตู ส่งผลให้ไม่สามารถสวมประตูเตาอบไปที่ตัวเตาอบได้ จึงออกแบบ Pusher ดังรูปที่ 3.2 เพื่อทำการดันประตูเตาอบให้อยู่ตำแหน่งเดิมทุกครั้ง โดยจะใช้ตัวตรวจจับวัตถุเป็นตัวบอกว่าประตูอยู่ตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อลดการคลาดเคลื่อนของการหยิบประตูเตาอบของหุ่นยนต์ใน ส่วนของการควบคุม Pusher จะถูกควบคุมจากสัญญาณจากหุ่นยนต์ร่วมกับตัวตรวจจับต่างๆ เช่น Photo Sensor เป็นต้นโดยส่วนประกอบของ Pusher มีด้วยกัน 2 ส่วนคือ กระบอบสูบ Pusher, Guide Support Cylinder, Pusher ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 Pusher



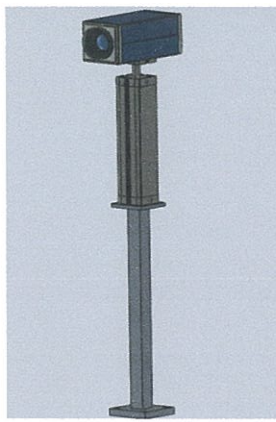
รูปที่ 3.3 กระบอกลูกสูบ Pusher



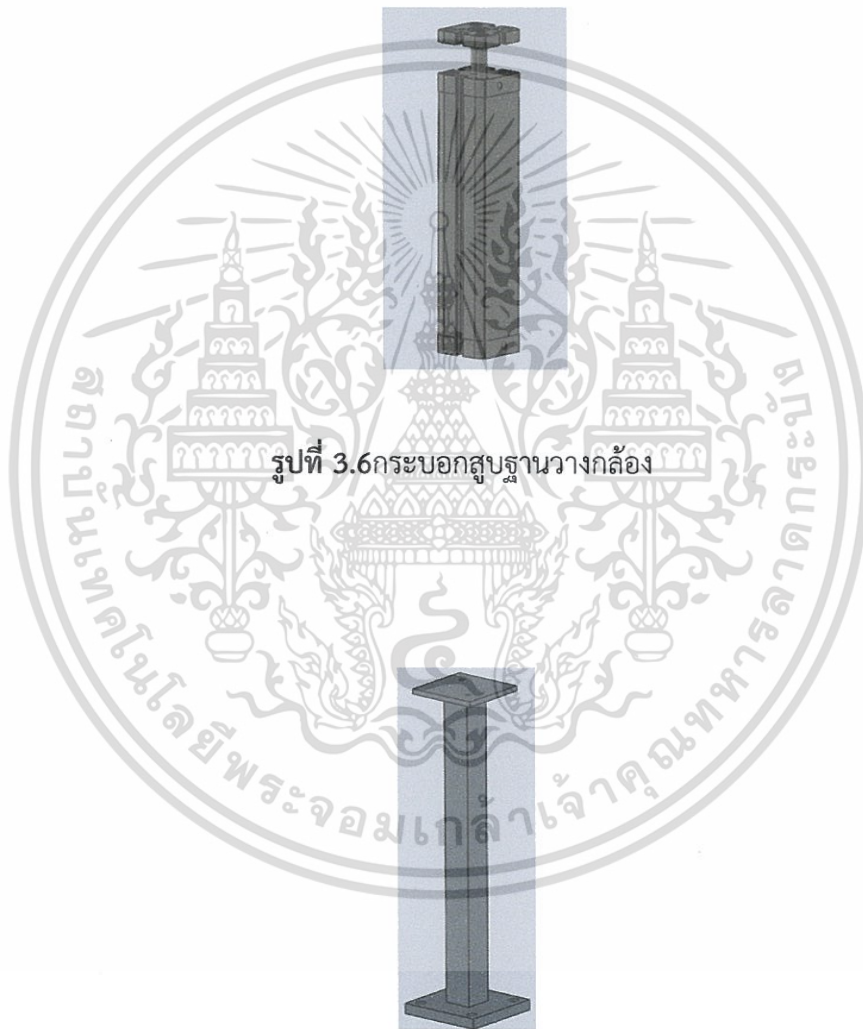
รูปที่ 3.4 Guide Support Cylinder Pusher

3.2.2 การออกแบบฐานวางกล้อง

การออกแบบฐานวางกล้องทำขึ้นเนื่องจากในกระบวนการการใส่ประตูเตาอบจำเป็นจะต้องรู้ตำแหน่งรูของเตาอบเพื่อสวมประตูลูกสูบให้ตรงกับรูเตาอบ โดยในการออกแบบได้ออกแบบเป็นกระบอกลูกสูบให้กล้องเลื่อนไปจับภาพรูเตาอบที่ต้องการแล้วจึงเลื่อนกลับมายังตำแหน่งพร้อมทำงานดังรูปที่ 3.5 เพื่อตอนที่หุ่นยนต์ใส่ประตูเตาอบจะได้ไม่ชนเข้ากับตัวกล้อง เมื่อกล้องจับภาพได้แล้วภาพที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลที่โปรแกรม LabVIEW ในส่วนของการควบคุมฐานวางกล้อง จะถูกควบคุมจากสัญญาณจากหุ่นยนต์ร่วมกับตัวตรวจจับต่างๆ เช่นเดียวกับ Pusher โดยส่วนประกอบของฐานวางกล้องมีด้วยกัน 2 ส่วนคือ กระบอกลูกสูบฐานวางกล้องและฐานวางดังรูปที่ 3.6 และ 3.7ตามลำดับ



รูปที่ 3.5ฐานวางกล้อง



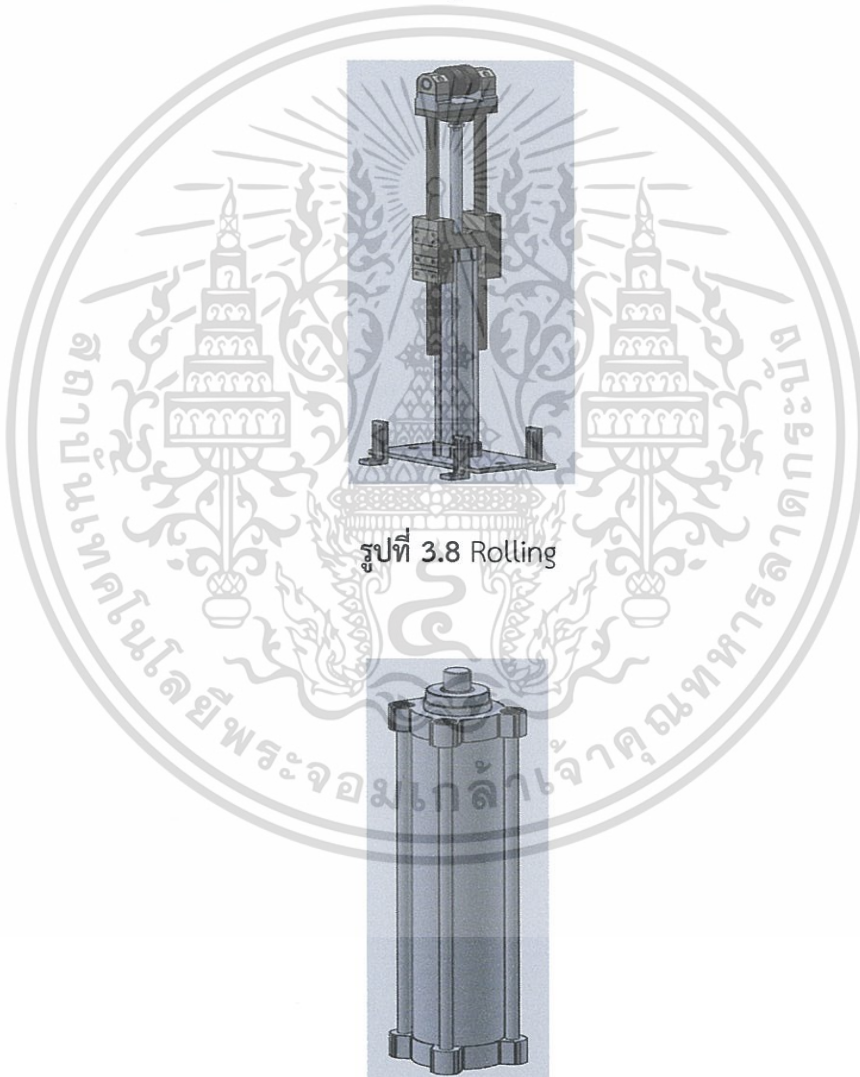
รูปที่ 3.6 ครอบบอกสูบลูกฐานวางกล้อง

รูปที่ 3.7 ฐานวาง

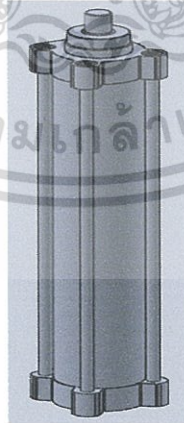
3.2.3 การออกแบบแมคคานิคสำหรับช่วยเปิดปิดประตูเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบแมคคานิกส์สำหรับช่วยเปิดปิดประตูเตาอบทำขึ้นเนื่องจากในกระบวนการหลังจากการใส่ประตูเตาอบเสร็จ แขนของหุ่นยนต์ไม่สามารถที่จะเปิดประตูเตาอบได้เองในขณะที่ยังไม่มีการปล่อยประตูเตาอบ เนื่องจากหุ่นยนต์มีข้อจำกัดของแกนหมุนและพื้นที่ที่ใช้งานมีบริเวณจำกัด จึงได้มีการออกแบบ Rolling ดังรูปที่ 3.8 เพื่อขึ้นไปรองรับประตูในขณะที่หุ่นยนต์ทำการปล่อยประตูเตาอบเพื่อเปิดประตูเตาอบและอีกหน้าที่ของ Rolling คือปิดประตูเตาอบหลังจากที่มีการล็อคประตูเตาอบเสร็จทั้งสองข้างแล้วหุ่นยนต์จะกลับไปยังตำแหน่งแรกเริ่มเพื่อทำการรอกหยิบประตูเตาอบอันใหม่ในส่วนของ การควบคุมฐานวางกลิ้ง จะถูกควบคุมจากสัญญาณจากหุ่นยนต์ร่วมกับตัวตรวจจับต่างๆ เช่นเดียวกับ Pusher และฐานวางกลิ้งซึ่งส่วนประกอบของฐานวางกลิ้งมีด้วยกัน 4 ส่วนคือ กระบอกสูบ Rolling, Guilder Rolling, Rolling และฐานวาง Rolling ดังรูปที่ 3.9, 3.10, 3.11และ3.12 ตามลำดับ

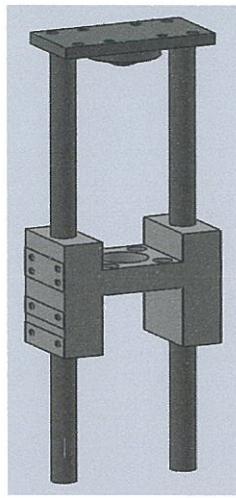


รูปที่ 3.8 Rolling



รูปที่ 3.9 กระบอกสูบ rolling

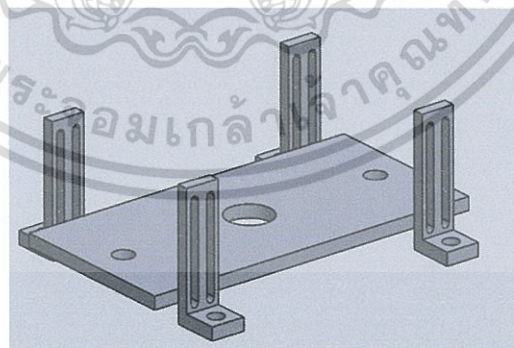
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Guid rolling



รูปที่ 3.11 Rolling



รูปที่ 3.12 ฐานวาง Rolling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบเครื่องมือในการหยิบจับชิ้นงานของหุ่นยนต์

การออกแบบเครื่องมือสำหรับการหยิบจับชิ้นงานของหุ่นยนต์มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการใช้หุ่นยนต์ในการจับชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานในแต่ละชิ้นจะมีการออกแบบที่แตกต่างกันตามรูปร่างและพื้นผิวที่ต้องสัมผัสในงานนี้เป็นการหยิบชิ้นงานบริเวณของกระจกประตูเตาอบที่เป็นรูปทรงแบนราบและผิวเรียบ จึงได้ทำการเลือกใช้การจับชิ้นงานด้วยระบบสุญญากาศดังรูปที่ 3.13 ส่วนประกอบหลักของระบบสุญญากาศคือตัวกำเนิดสุญญากาศ(Vacuum Ejector)และแผ่นสุญญากาศ (Vacuum Pad)ซึ่งแผ่นสุญญากาศแต่ละแบบแต่ละขนาดจะรับน้ำหนักได้ไม่เท่ากันทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดที่แผ่นสุญญากาศและน้ำหนักที่แผ่นสุญญากาศรับได้ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ได้จากสูตรตามลำดับสูตรของการหาขนาดแผ่นสุญญากาศ $D = 113 \times \sqrt{\frac{m \times n}{U \times s}}$ โดยที่

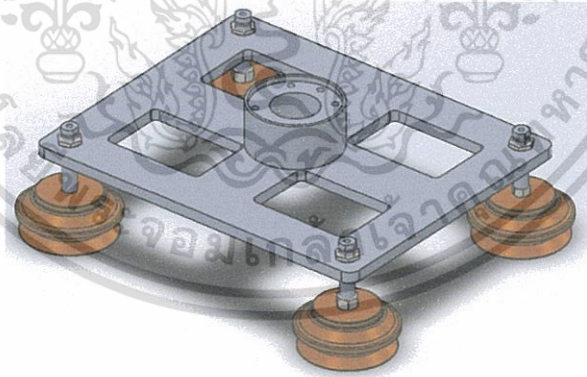
D = Suction Cup Dia. (mm.)

m = Mass To Lift (kg)

n = Safety Factor (2 or 3)

U = Vacuum Level (-kPa)

s = Quantity Of Cup



รูปที่ 3.13 Tool Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรของน้ำหนักที่แผ่นสุญญากาศรับได้ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน $W = P \times S \times 0.1 \times \frac{1}{n}$ โดยที่

W = Lifting Force (N)

P = Vacuum Level (-kPa)

S = Size Of Suction Cup (cm^2)

n = Safety Factor (Perpendicular : insert 2 or 3 // Parallel : insert 3 or 4)

3.2.5 การออกแบบฐานวางหุ่นยนต์

การออกแบบฐานวางหุ่นยนต์ทำขึ้นเนื่องจากในแต่ละกระบวนการหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่เพื่อหยิบจับชิ้นงานในตำแหน่งต่างๆจึงได้ออกแบบฐานสำหรับวางหุ่นยนต์เพื่อให้มีความสูงเพิ่มขึ้นทำให้ง่ายต่อหุ่นยนต์ที่จะเอื้อมไปหยิบชิ้นงานมากขึ้นจากการออกแบบดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ฐานวางหุ่นยนต์

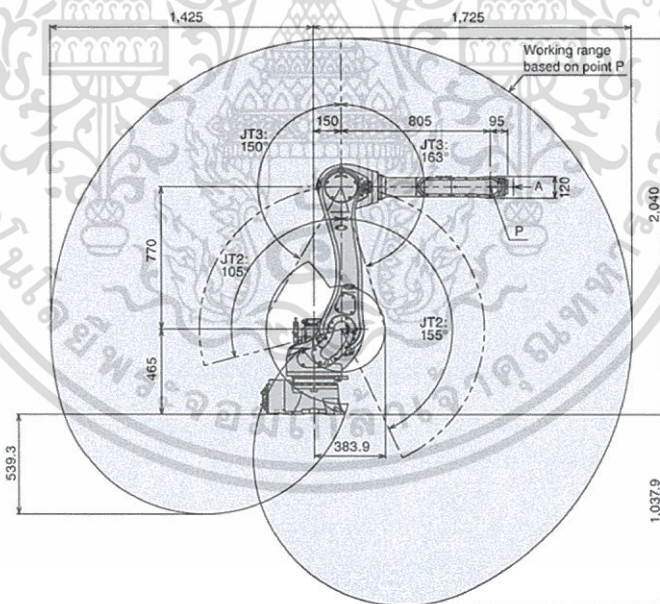
3.3 การเลือกชนิดและรุ่นของหุ่นยนต์

ในโครงการนี้จะเลือกใช้หุ่นยนต์ของบริษัท Kawasaki โดยเลือกใช้รุ่น RS020N เนื่องจากน้ำหนักของประตูดอกรุ่นที่หนักที่สุด มีน้ำหนัก 18 Kg จึงเห็นว่าใช้หุ่นยนต์ที่มี Pay Load 20 Kg นั้นเหมาะสมและด้วยขนาดของหุ่นยนต์รุ่น RS020N นั้นมีขนาดไม่ใหญ่มากเหมาะกับการทำงานในสายการผลิตที่มีพื้นที่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 หุ่นยนต์ Kawasaki RS020N



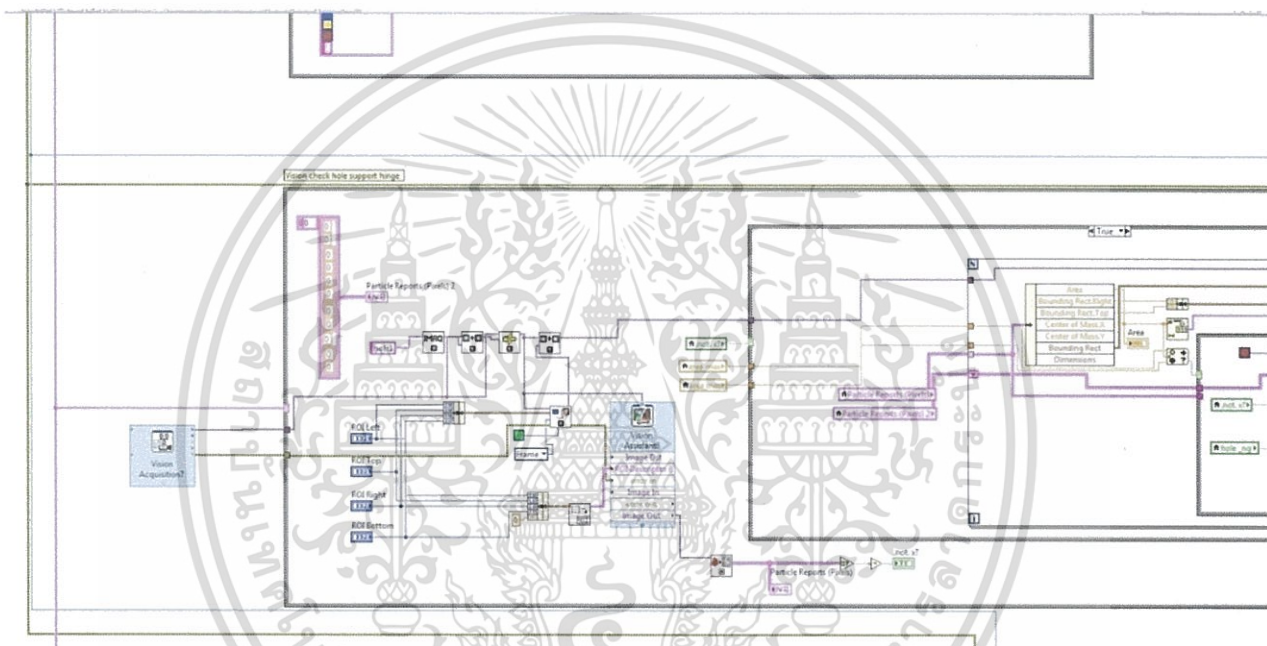
รูปที่ 3.16 ระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ Kawasaki RS020N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ภาพค้นหาตำแหน่งของรูสำหรับสวมเตาอบ

ในการนำหุ่นยนต์สวมประตูดอบ จำเป็นต้องหาตำแหน่งของเตาอบที่เข้ามาทุกครั้ง เนื่องจากเตาอบเมื่อถูกลำเรียงมาตามสายพาน และหยุดที่ Stopper จะมีช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างเตาอบและ Stopper ดังนั้นจึงต้องนำภาพมาวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งของเตาอบที่เข้ามาโดยจะวิเคราะห์ภาพจากรูที่ใช้สำหรับสวมhingeของประตูเข้ากับตู้

โดยในการวิเคราะห์ภาพ จะใช้โปรแกรม Labviewในการเขียนโปรแกรม โดยฟังก์ชันหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้ Vision Assistant เป็นหลักในการเขียนโปรแกรมส่วนนี้

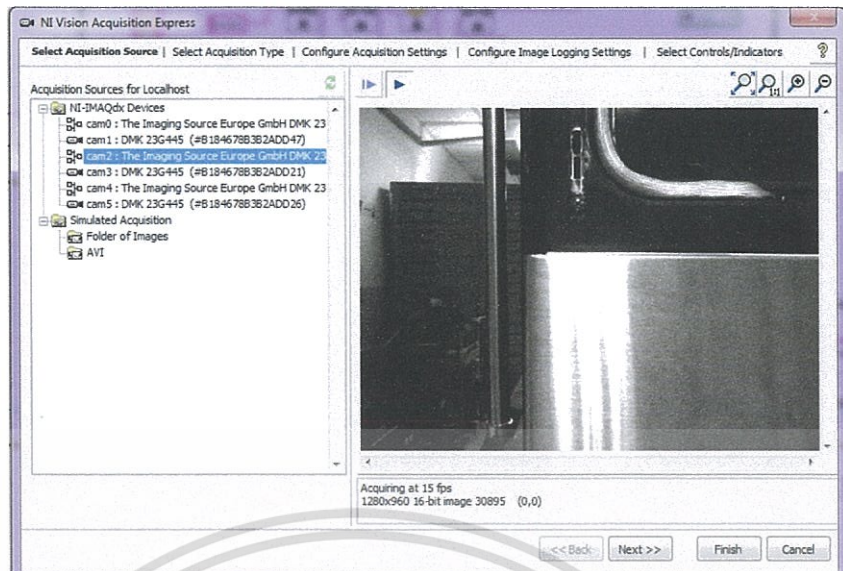


รูปที่ 3.17 Hole Analysis Block

3.4.1 ฟังก์ชัน Vision Acquisition Express

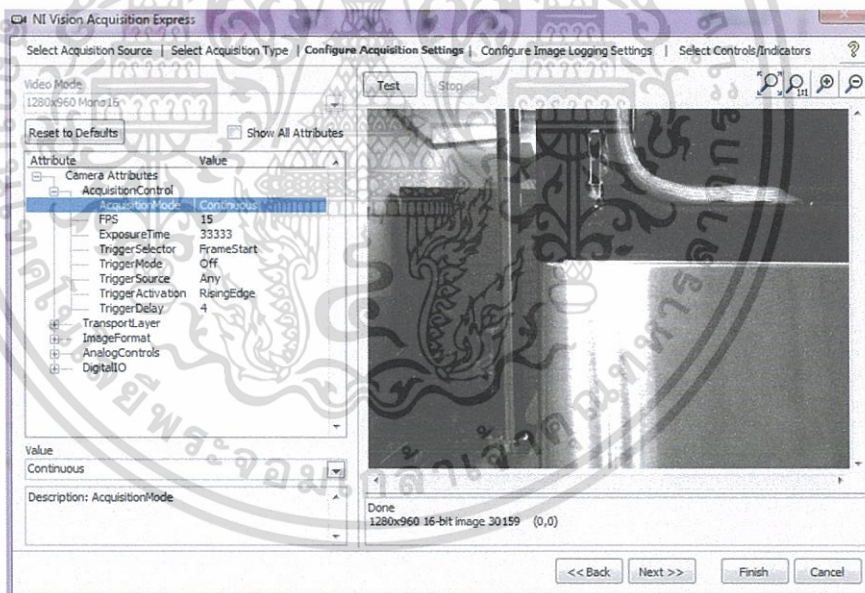
เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ฟังก์ชัน Vision Acquisition จะทำหน้าที่ดึงสัญญาณภาพจากกล้องที่ใช้ตรวจจับรูป เพื่อส่งไปวิเคราะห์ในฟังก์ชันอื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การดึงภาพจากกล้องโดยใช้ฟังก์ชัน vision acquisition express

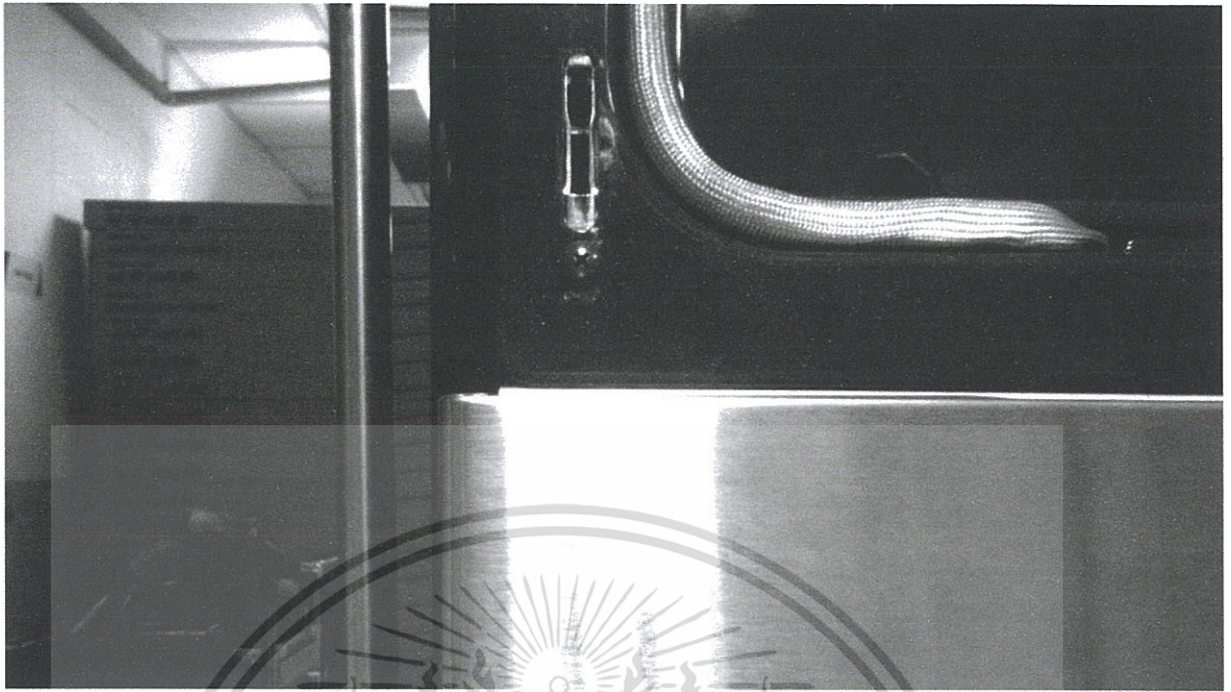
สามารถตั้งค่าการส่งข้อมูลภาพได้จากฟังก์ชันนี้เช่นกันสามารถตั้งค่าการส่งข้อมูลภาพได้จากฟังก์ชันนี้เช่นกัน



รูปที่ 3.19 การ Setting ค่าในฟังก์ชัน VisionAcquisitionExpress

โดยจะได้ภาพหลังจากการตั้งค่าต่างๆก่อนนำไปวิเคราะห์ดังรูป 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.20 ภาพที่ได้จากการใช้ Function Vision Acquisition Express

3.4.2 ฟังก์ชัน VisionAssistant

เป็นฟังก์ชันสำหรับวิเคราะห์ภาพ โดยภายใน Vision Assistant จะมีฟังก์ชันย่อยให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของภาพที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยจะใช้ function ต่างๆเพื่อปรับภาพ ให้ได้ส่วนประกอบของภาพที่ต้องการ ดังนี้

3.4.2.1 Original Image

ใช้เพื่อดึงภาพดั้งเดิม มาเพื่อทำการวิเคราะห์ภาพต่อไป ดังรูป 3.21



รูปที่ 3.21 การใช้งานฟังก์ชัน Original Image

3.4.2.2 Brightness

ใช้เพื่อปรับความสว่างของภาพตามความเหมาะสมซึ่งปัจจัยภายนอก เช่น แสงไฟ เงาจากวัตถุที่อยู่ใกล้เคียง จะมีผลทำให้ความสว่างของภาพเปลี่ยนไป และทำให้ภาพที่ได้มีองค์ประกอบเปลี่ยนไป อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ภาพในส่วนต่อไปได้

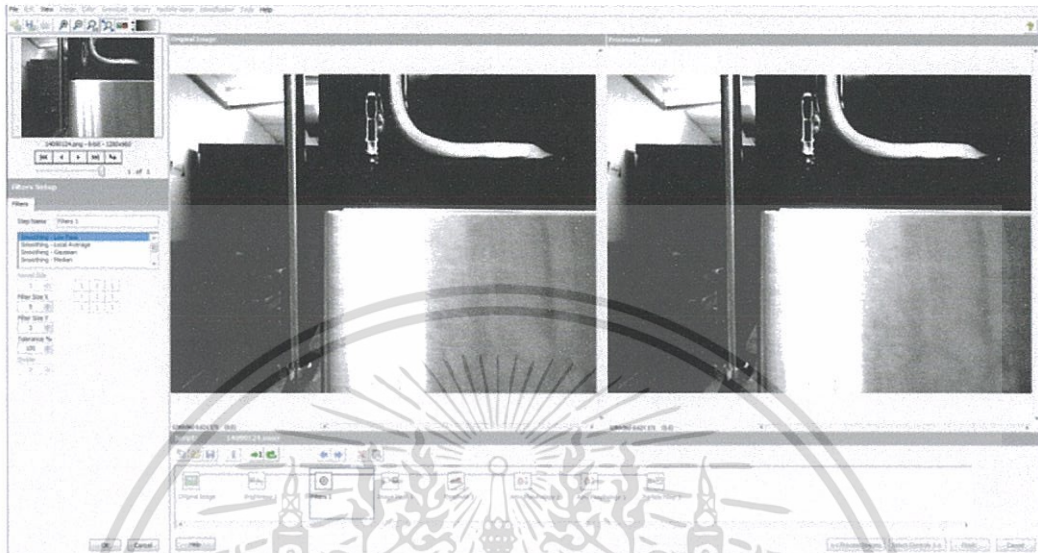


รูปที่ 3.22 การใช้งานฟังก์ชัน Brightness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3 Filter

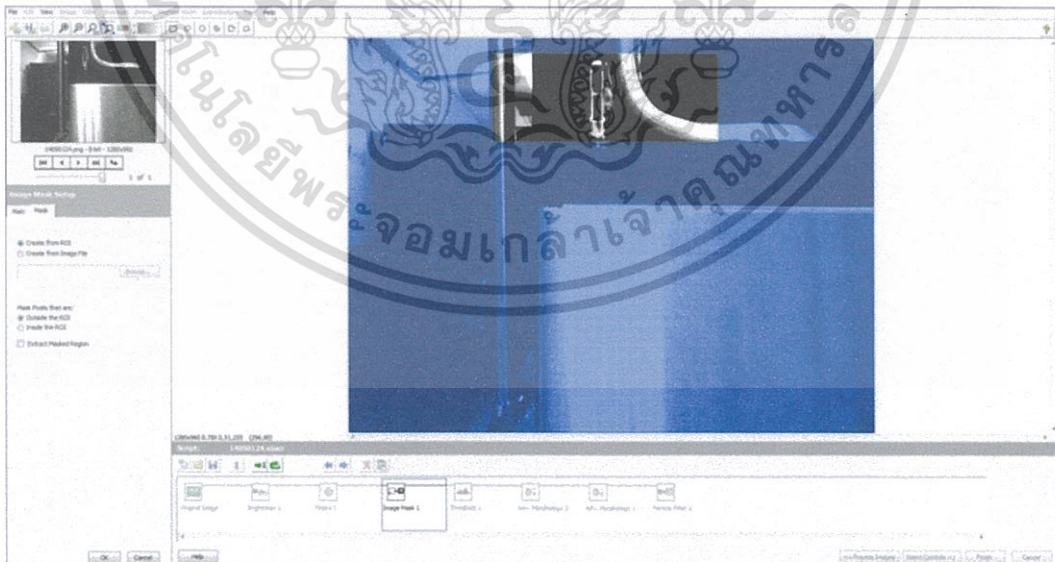
ใช้ในการกรองภาพให้มีความ smooth เพื่อทำภาพเป็นเนื้อเดียวและกรองสิ่งรบกวนบางส่วนออกไป



รูปที่ 3.23 การใช้งานฟังก์ชัน Filter

3.4.2.4 Image Mask

ใช้กำหนดกรอบพื้นที่ที่สนใจเพื่อนำมาวิเคราะห์ในเชิงลึกต่อไป

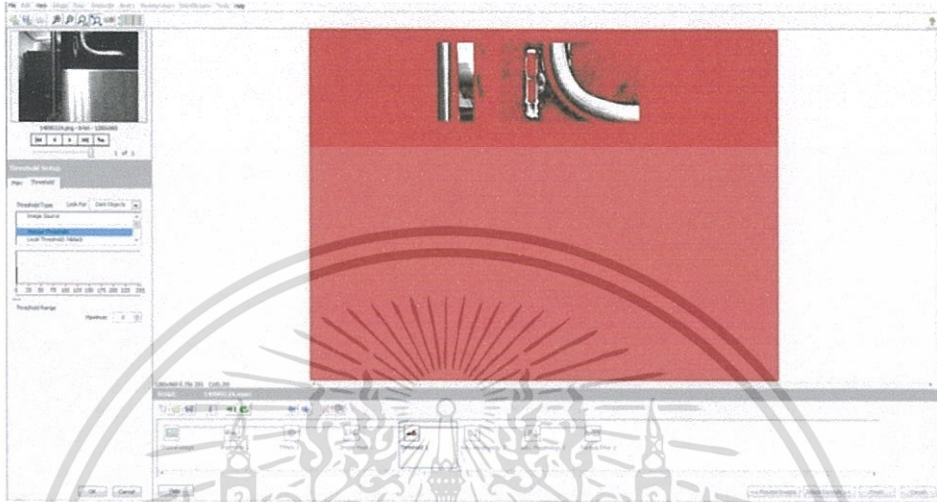


รูปที่ 3.24 การใช้งานฟังก์ชัน Image Mask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.5 Threshold

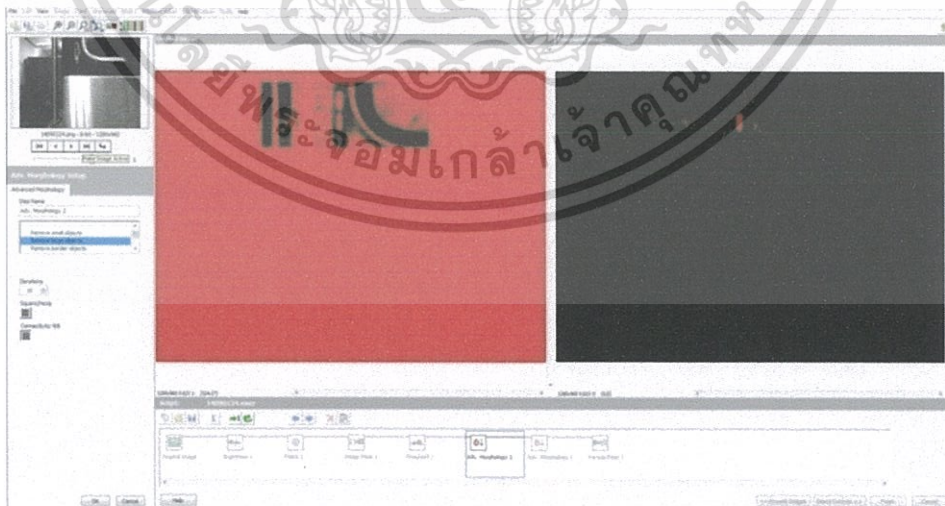
ใช้สำหรับแยก ส่วนสนใจที่สว่างออกจากส่วนพื้นหลังที่มีมืดให้แยกออกจากกัน ชัดเจนมากขึ้น โดยกราฟ มุมล่างซ้ายมือของรูป 3.25 แสดงจำนวน pixelsของแต่ละ grayscale โดยในพื้นที่ที่มีความแตกต่างของ grayscale มาก จะถูกแยกออกจากพื้นหลัง ด้วยการทำให้ Thresholding



รูปที่ 3.25 การใช้ฟังก์ชัน Threshold

3.3.2.6 Adv. Morphology (large object)

ใช้ตัดภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่กำหนดออกไปจากจุดที่สนใจ

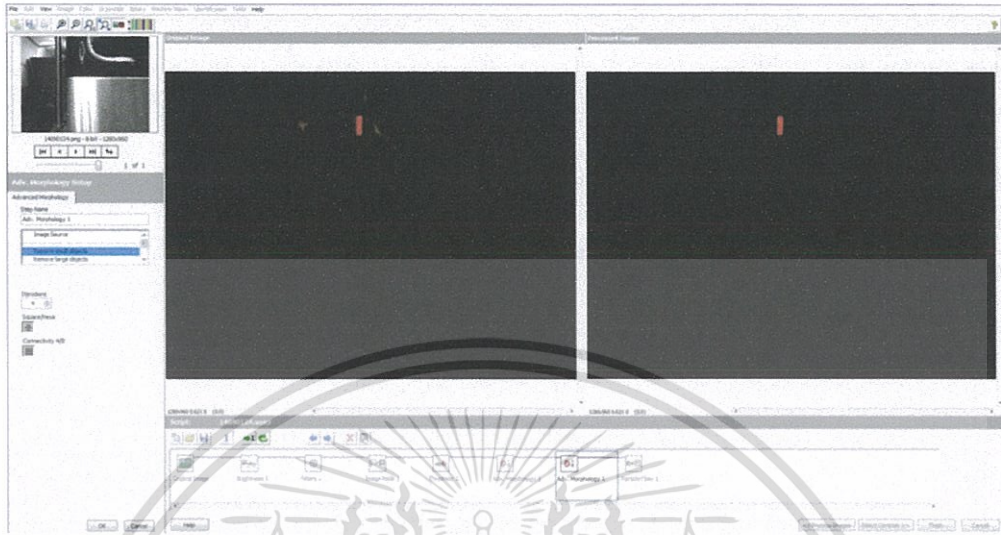


รูปที่ 3.26 การใช้ฟังก์ชัน Adv. Morphology (large object)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.7 Adv. Morporlogy (small object)

ใช้ตัดภาพที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่กำหนด ออกไปจากจุดที่สนใจ

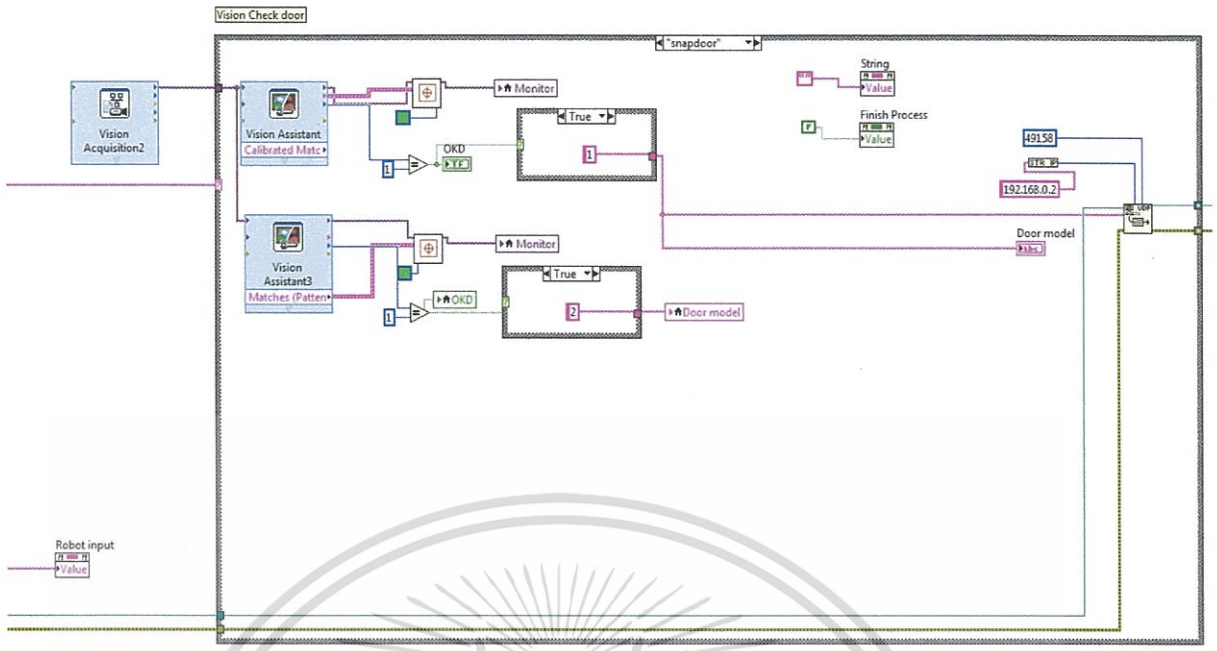


รูปที่ 3.27 การใช้ฟังก์ชัน Adv. Morporlogy (small object)

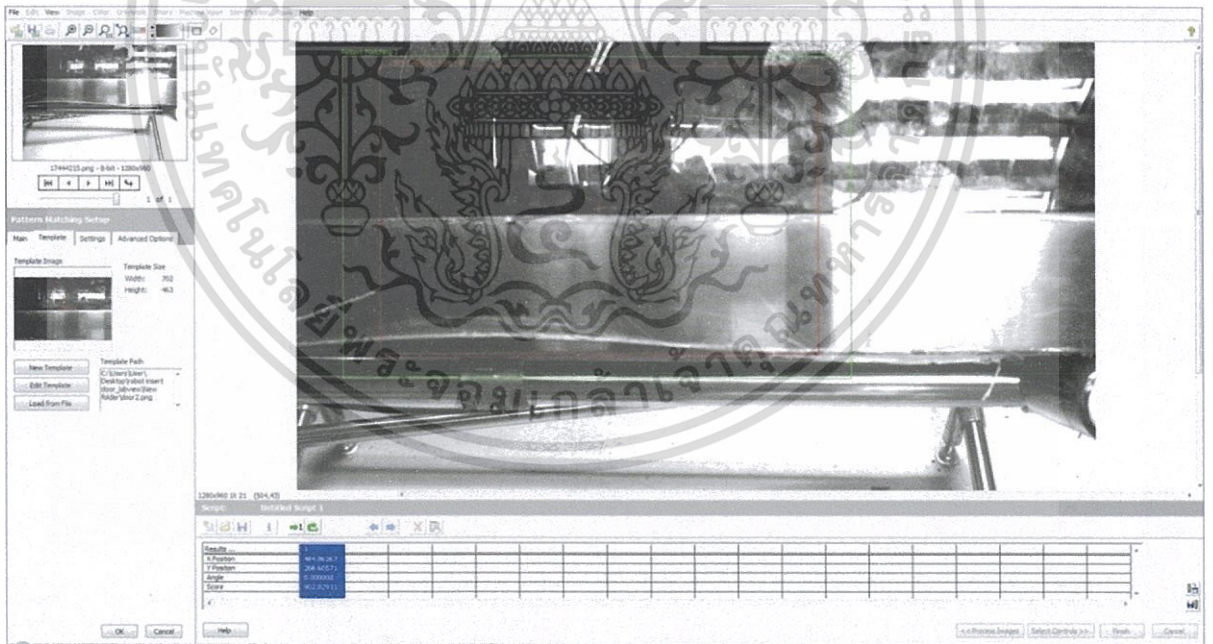
3.5 การออกแบบโปรแกรมเปรียบเทียบรุ่นของฝาเตาอบ

ในการทำงานของหุ่นยนต์สวมประตูปะตูเตาอบ จะมีบางครั้งที่ประตูปะตูที่ถูกส่งมาทางลิฟท์จาก Line Door เป็นคนละรุ่นกับเตาอบ ดังนั้นจึงต้องทำการเปรียบเทียบรุ่นของเตาอบและฝาเตาอบว่าเป็นรุ่นเดียวกันหรือไม่

โดยจะใช้กล้องในการตรวจจับ เพื่อหารุ่นของประตูปะตูเตาอบก่อนจะนำไปสวมทุกครั้ง การทำโปรแกรมวิเคราะห์รุ่นของประตูปะตูเตาอบ จะเขียนโดยใช้ ฟังก์ชัน Pattern Matching ในการวิเคราะห์ภาพ เมื่อทำการ Pattern Matching แล้วเมื่อ Vision Assistant ตัวใดจับคู่ได้ ก็จะส่งสัญญาณ Boolean เป็นจริงไปเปิดรูป Case นั้นๆ จากนั้นจะให้ส่ง Model Number ของประตูปะตูไปให้หุ่นยนต์ ถ้ารุ่นของประตูปะตูและรุ่นของเตาอบตรงกัน จะให้หุ่นยนต์หยิบประตูปะตูได้



รูปที่ 3.28 Door model compare block



รูปที่ 3.29 การใช้งาน Function Pattern Matching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 การ Setting Function Pattern Matching

ในการตั้ง Template ของประตูแต่ละรุ่น จะต้องเลือกจุดที่ประตูแต่ละรุ่นมีความแตกต่างกันและพยายามจำกัดสิ่งที่ไม่มียันยะในภาพออกไปให้มากที่สุด เนื่องจาก ถ้าวิเคราะห์ภาพในระยะที่มากการไป อาจมีโอกาสที่ปัจจัยภายนอกเปลี่ยนแปลงและส่งผลให้การวิเคราะห์ Model ผิดพลาดได้

3.6 การออกแบบโปรแกรมองศาที่เปลี่ยนไปของเตาอบ

เมื่อเตาอบถูกส่งมาตาม Conveyor จะมีช่องว่างที่เกิดจากพาเลทกับตัว Conveyor และ ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างพาเลท กับ เตาอบ ทั้งสองกรณีนี้ทำให้เตาอบ มีโอกาสที่จะหมุนไปทิศทางใดทางหนึ่ง ทำให้เตาอบที่ถูกส่งมา ไม่ขนานกับ Conveyor ทำให้ตำแหน่งในการสวมเตาอบเปลี่ยนไป จึงต้องออกแบบโปรแกรมให้หุ่นยนต์ Shift องศาไปตาม องศาของหน้าตู้ที่เปลี่ยนไปของเตาอบ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถสวมประตูเตาอบ เข้ากับเตาอบได้อย่างแม่นยำ

การออกแบบโปรแกรมนั้น จะใช้จุดสังเกตที่ขอบของเตาอบ (ดังรูป 3.31) โดยจะใช้ กล้องมองจากมุมสูงของเตาอบ และขอบของเตาอบ โดยจะเซตตำแหน่งที่ Teaching Robot ไว้เป็นตำแหน่งที่ 0 องศา และเมื่อตู้อบที่เข้ามามีองศาเปลี่ยนไป ก็จะส่งค่าที่เปลี่ยนไปจาก 0 องศาไปให้หุ่นยนต์ Shift ไปตามค่านั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

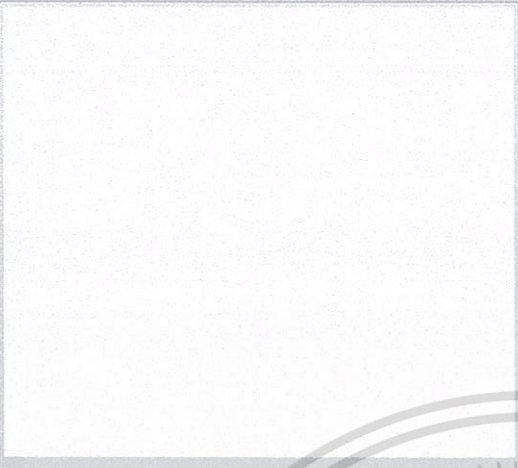


รูปที่ 3.31 ขอบของเตาอบที่ใช้ในการหมอม

3.7 ส่วนหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้งาน

ในการออกแบบหน้าต่างสำหรับผู้ใช้งาน จะแบ่งเป็นหน้าต่างย่อยเป็นส่วน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายและทราบข้อมูลที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ต่างๆได้แบบ Real Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| OVEN DOOR INSERTION ROBOT INFORMATION DISPLAY | | | Add | Settings | Open |
|---|--|--|---|----------|------|
| Monitor  | Model Display Model Name : <input type="text"/> Model S/N : <input type="text"/> Hinge Code : <input type="text"/> Image Name : <input type="text"/> USE/PASS : <input type="text"/> | | Vision Result Center : X 0 Z 0 Standard : X 0 Z 0 Delta : X 0 Y 0 WD : 0 Angle : 0 | | |
| | Vision data vision calibrate : X 0 Y 0 area : max 0 min 0 ROI setting : Left 0 TOP 0 Right 0 Bottom 0 | | Checking model Model Status <input type="text"/> Door model <input type="text"/> | | |
| | Robot input <input type="text"/> Robot shift data X, Z <input type="text"/> Robot shift data Angle, Y <input type="text"/> | | LED Status Ready process Door model <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="NG"/> Hole support hinge <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="NG"/> Data Record Finish process | | |
| | Robot Status <input type="text"/> | | Cycle Time <div style="font-size: 2em; text-align: center;">0</div> | | |

รูปที่ 3.32 Display สำหรับผู้ใช้งาน

3.7.1 Monitor

เป็นส่วนที่แสดงภาพที่ได้จากการส่งคำสั่ง Snap ซึ่งภาพที่ถูกส่ง จะมาจากกล้องทั้งสามตัวคือ กล้องตรวจจับมุม, กล้องตรวจจับรู และกล้องสำหรับวิเคราะห์โมเดล โดยกล้องทั้งสามตัวจะทำงานสลับกันไปตามการทำงานของหุ่นยนต์

3.7.2 Robot Status

เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อความถึงผู้ใช้ ซึ่งหุ่นยนต์จะส่งมาในกรณีที ลำดับการทำงานของหุ่นยนต์ผิดปกติ จะเป็นการ Alarm ว่าผิดปกติที่จุดไหน หรือ ในกรณีทำงานปกติจะแจ้งสถานะของหุ่นยนต์ว่าอยู่ในโหมดไหน โดยจะแบ่งเป็น Manual Mode, Auto Mode หรือถูก hold ไว้ที่สถานะ EmergencyStop

3.7.3 Model Display

จะเป็นส่วนที่แสดงข้อมูลโมเดลของตู้โดยรับค่ามาจาก Scanner ซึ่งจะ Add Model ของเตาอบแต่ละรุ่นไว้ โดยบางกรณี เตาอบบางรุ่นอาจมีการสวมประตูลงมาแล้วในลำดับก่อนหน้า จึงกำหนดสั่ง Use/Pass ไว้ในกรณีที่ไม่ต้องทำให้หุ่นยนต์สวมประตูในรุ่นนั้นๆ ก็จะใส่ Pass ลงใน Model นั้นๆด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 Vision Data

จะเป็นข้อมูลที่ได้อีกจาก Snap รู เพื่อหาตำแหน่งของเตาอบ โดยค่า Vision Calibrate คือระยะของรูที่กล้องจับได้โดยวัดจากแกน Coordinate ของเลนส์กล้อง โดยจะนำค่านี้ไปใช้ในกรณีที่ต้องการตั้งตำแหน่ง Master ของการสวมประตูดู Area คือ ขนาดของรูที่สนใจ โดยจะกำหนด Range เฉพาะขนาดรูที่สนใจ เพื่อป้องกันโปรแกรมตรวจจับวัตถุที่มีลักษณะคล้ายรูของเตาอบได้ จะสามารถคัดออกได้โดยการวิเคราะห์ขนาดของรู ROI Setting จะเป็นการกำหนดพื้นที่ที่สนใจในตำแหน่งๆที่รูของเตาอบเพื่อจำกัดขอบเขต ในการวิเคราะห์ภาพให้แคบลง และเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ

3.7.5 Checking Model

เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลรุ่นของเตาอบจาก Barcode Scanner และ รุ่นของประตูจากการใช้กล้องตรวจจับเพื่อดูว่า Door Model และ Cavity Model เป็นโมเดลเดียวกันหรือไม่

3.7.6 LED Status

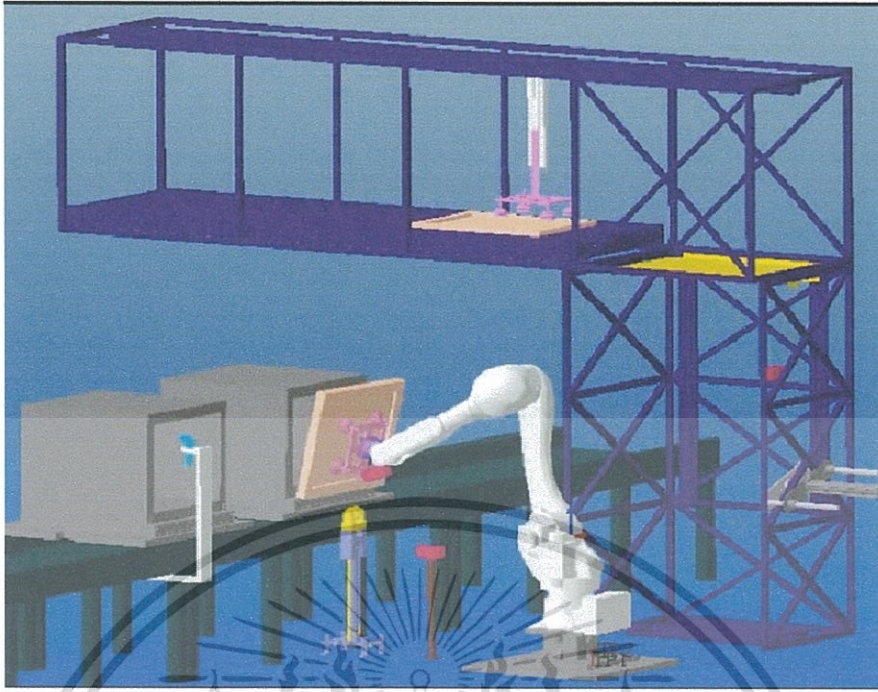
เป็นส่วนที่แสดงสถานการณ์ทำงานของหุ่นยนต์ในลำดับการทำงานต่างๆ โดยเมื่อผ่านลำดับการทำงานใดๆแล้ว ไฟ Led จะแสดงสถานะเป็นสีเขียว แต่ถ้าหากการทำงานติดปัญหาที่ตำแหน่งใด ไฟ Led จะแสดงสถานะเป็นสีแดงที่ลำดับการทำงานนั้นๆทันที

3.7.7 Cycle Time

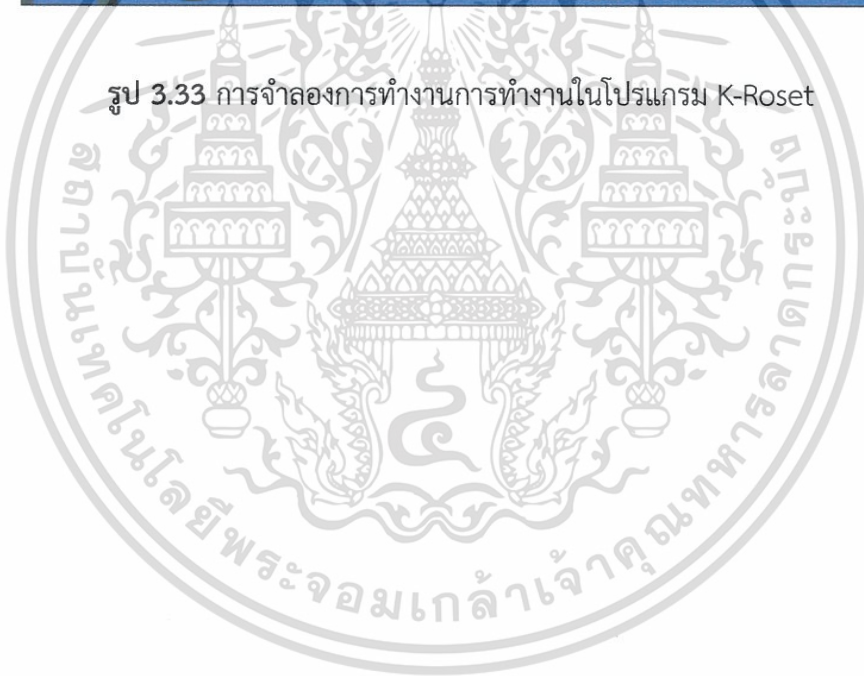
เป็นส่วนที่แสดงเวลาในแต่ละรอบการทำงานของหุ่นยนต์ โดยแสดงค่าเป็นวินาที และเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งาน นำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงการทำงานในไลน์การผลิตต่อไป

3.8 การจำลองการทำงานก่อนติดตั้งจริง

ก่อนการติดตั้งหุ่นยนต์จำเป็นต้องทำการจำลองการทำงาน เพื่อให้มั่นใจว่าหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยจะใช้โปรแกรม K-Roset ในการ Simulation จะทำให้ทราบข้อมูลจำพวก Cycle Time ที่เป็นไปได้ พื้นที่ที่หุ่นยนต์ต้องใช้ในการทำงาน เพื่อให้สามารถเตรียมพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับวางหุ่นยนต์ไว้ล่วงหน้า



รูป 3.33 การจำลองการทำงานการทำงานในโปรแกรม K-Roset



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

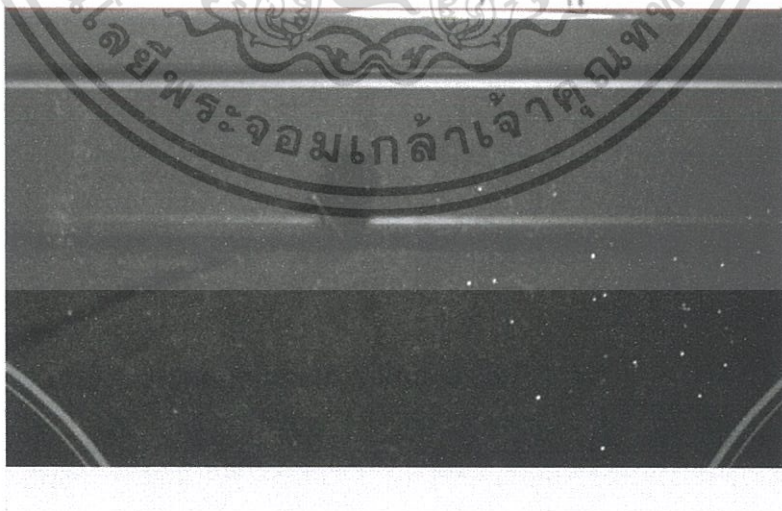
ผลการดำเนินงาน

4.1 ส่วนนำ

ในการทดลองหุ่นยนต์สวมประตูดออบจะนำค่าที่ได้จากกล้องเซนเซอร์และแอสกนบาร์โค้ดมาส่งค่าให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนไหวตามเงื่อนไขต่างๆเพื่อทำการสวมประตูดออบเปิดประตูดออบล็อคประตูดออบและทำการปิดประตูดออบโดยเมื่อสามารถทำงานจนจบกระบวนการแล้วส่วนสุดท้ายจะนำข้อมูลในแต่ละรอบของการทำงานมาเก็บไว้เพื่อที่จะสามารถเช็คค่าสถานะต่างๆในภายหลังได้

4.2 ผลจากการใช้การประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์มุม

จากตัวอย่างโปรแกรมที่อธิบายในบทที่3เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่างๆในการวิเคราะห์ภาพเพื่อหามุมโดยแสดงภาพที่มาจากกรับ Snap หรือภาพ Original ดังรูปที่4.1 และภาพหลังจากตรวจจับมุมแล้วดังรูป4.2



รูปที่ 4.1 ภาพหลังจากการ Grab (ภาพ Original)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Operate Task Window Help

OVEN DOOR INSERTION ROBOT INFORMATION DISPLAY

+ Add Settings Open

Monitor



Robot Status
Wait Communication

Model Display

Model Name : NE59J76305G/AA
 Model S/N : 0CY57DCHB00002L
 Hinge Code : B
 Image Name : NE59J76305G/AA
 USE/PASS : use

Vision Result

Center : X -13.1942 Z 87.8871
 Standard : X -2.81006 Z -0.248908
 Delta : X 0.0798196 Y 10.9418
 WD : 300
 Angle : 0.835922

Vision data

vision calibrate : X -10.3841 Y 88.136
 area : max 1200 min 800
 ROI setting : Left 356 TOP 116
 Right 856 Bottom 260

Checking model

Model Status
 Door model

LED Status

Ready process
 Door model
 Hole support hinge
 Data Record
 Finish process

Robot input

Robot shift data X, Z
-4.00 -0.25
 Robot shift data Angle, Y
0.835922,10.77

STOP

Cycle Time

0

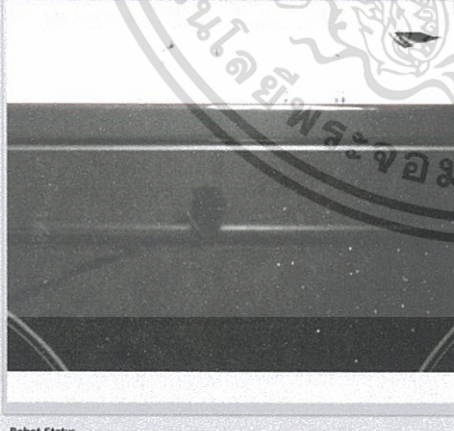
รูปที่ 4.2 ภาพจากกาดตรวจจับมุม

จากรูปที่ 4.2 จะทำการจับขอบของวัตถุตามแนวเส้นที่ปรากฏตั้งรูปโดยจะนำเส้นที่ปรากฏมาคิดมุมตาม Quadrant โดยแสดงดังรูปที่ 4.3

OVEN DOOR INSERTION ROBOT INFORMATION DISPLAY

+ Add Settings Open

Monitor



Robot Status
Wait Communication

Model Display

Model Name : NE59J76305G/AA
 Model S/N : 0CY57DCHB00002L
 Hinge Code : B
 Image Name : NE59J76305G/AA
 USE/PASS : use

Vision Result

Center : X -13.1942 Z 87.8871
 Standard : X -2.81006 Z -0.248908
 Delta : X 4.80815E-7 Y -0.0268556
 WD : 300
 Angle : -0.00205162

Vision data

vision calibrate : X -10.3841 Y 88.136
 area : max 1200 min 800
 ROI setting : Left 356 TOP 116
 Right 856 Bottom 260

Checking model

Model Status
 Door model

LED Status

Ready process
 Door model
 Hole support hinge
 Data Record
 Finish process

Robot input

Robot shift data X, Z
-4.00 -0.25
 Robot shift data Angle, Y
-0.002052 -0.36

STOP

Cycle Time

0

รูปที่ 4.3 ค่าจากการวัดมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

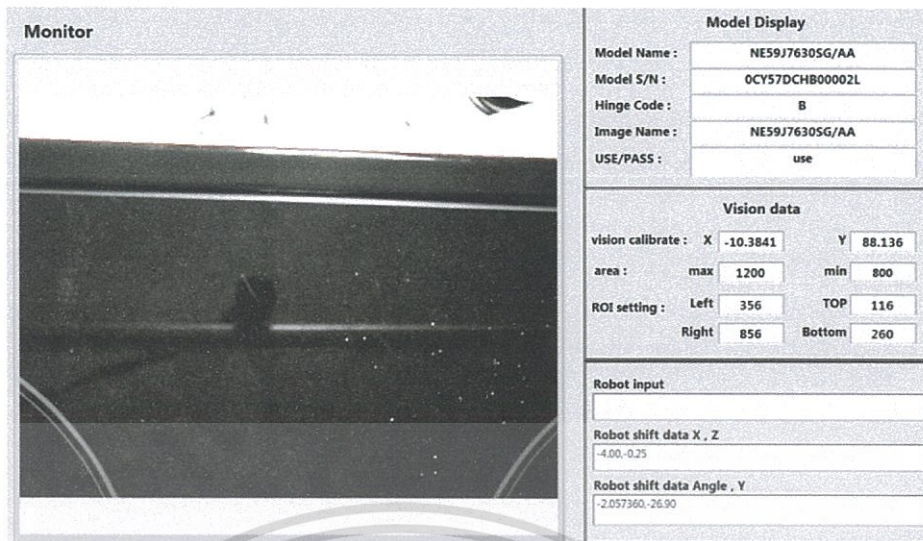
เมื่อได้มุมและค่าในแกน Y จะนำค่าทั้ง 2 ส่งเป็น String ผ่าน UDP ไปให้หุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์ Shift ตำแหน่งจาก ตำแหน่ง Master ไปในองศา และ ระยะ Y ตามที่ได้รับค่ามา

ค่ามุมที่ได้จากกล้องจะสามารถหาความสัมพันธ์ในแนวแกน Y เพื่อไปบอกหุ่นยนต์ได้ว่าจะต้องเคลื่อนที่เท่าไรโดยค่าที่แสดงจากกล้องจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4.1

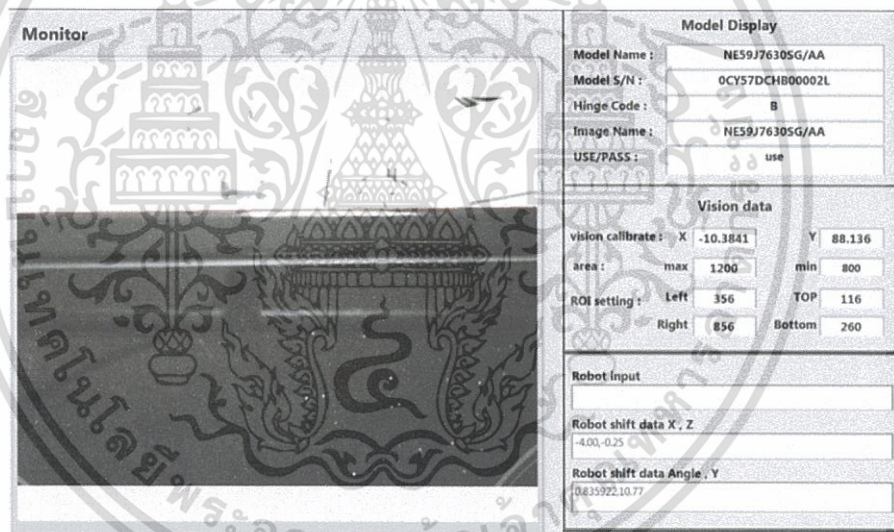
| ความสัมพันธ์ระหว่างองศาที่เปลี่ยนไปและระยะในแนวแกน Y | | | | | |
|--|--------|-------------|--------|-------------|---------|
| ครั้งที่1 | | ครั้งที่2 | | ครั้งที่3 | |
| Angle | Y | Angle | Y | Angle | Y |
| -0.00527127 | 0.01 | -0.00494203 | 0.05 | -0.00661675 | -0.16 |
| -0.009965 | -0.16 | -0.009657 | -0.17 | -0.009327 | -0.2 |
| -0.0143378 | -0.22 | -0.0133295 | -0.18 | -0.0128606 | -0.22 |
| -0.0258624 | -0.31 | -0.027778 | -0.39 | -0.027238 | -0.42 |
| -0.0672931 | -0.84 | -0.0522685 | -0.65 | -0.061896 | -0.76 |
| -0.125675 | -1.65 | -0.144672 | -1.87 | -0.113554 | -1.56 |
| -0.166972 | -2.18 | -0.173889 | -2.26 | -0.16174 | -2.13 |
| -0.208339 | -2.77 | -0.211397 | -2.78 | -0.238095 | -3.11 |
| -0.305633 | -3.94 | -0.302901 | -3.93 | -0.312663 | -4.14 |
| -0.404471 | -5.2 | -0.422605 | -5.54 | -0.407284 | -5.28 |
| -0.507045 | -6.65 | -0.513265 | -6.77 | -0.5091319 | -6.53 |
| -0.6067 | -7.98 | -0.605158 | -7.89 | -0.601895 | -7.86 |
| -0.75574 | -9.83 | -0.709856 | -9.25 | -0.701339 | -9.17 |
| -0.833152 | -10.93 | -0.806581 | -10.49 | -0.830686 | -10.85 |
| -0.93039 | -12.14 | -0.914188 | -11.97 | -0.913462 | -11.936 |
| -1.01555 | -13.27 | -1.074092 | -14.03 | -1.002756 | -13.05 |
| -1.13804 | -14.89 | -1.141259 | -14.95 | -1.107908 | -14.43 |
| -1.28337 | -16.67 | -1.246874 | -16.28 | -1.225054 | -16.04 |
| -1.36629 | -17.9 | -1.348807 | -17.56 | -1.352943 | -17.77 |
| -1.45855 | -19.06 | -1.433728 | -18.74 | -1.456771 | -19.23 |
| -1.56781 | -20.54 | -1.503156 | -19.72 | -1.52973 | -20.03 |
| -1.67505 | -21.75 | -1.6177299 | -21.15 | -1.626277 | -21.45 |
| -1.73062 | -22.87 | -1.70585 | -22.26 | -1.737072 | -22.82 |
| -1.8252 | -23.96 | -1.818826 | -23.89 | -1.851592 | -24.27 |
| -2.03646 | -26.63 | -2.032095 | -26.58 | -2.054166 | -26.9 |

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าในแนวแกน Y

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อมุมมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นค่าในแนวแกน Y ก็จะเพิ่มขึ้นโดยจะสังเกตจาก Quadrant ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.4 เตาอบเอียงข้างหน้า



รูปที่ 4.5 เตาอบเอียงข้างหลัง

พบว่าเมื่อตู้เอียงจะมี 2 กรณีเอียงขึ้นมาด้านหน้ามุมที่เกิดจะอยู่ที่ Quadrant 2 และ 4 มุมที่ได้จะมีค่าติดลบและค่า Y ที่ได้จะติดลบด้วยในทางกลับกันถ้าตู้เอียงไปด้านหลังมุมที่เกิดขึ้นจะอยู่ที่ Quadrant 1 และ 3 มุมที่ได้จะมีค่าเป็นบวกและค่า Y ที่ได้จะได้ค่าบวกด้วยโดยค่าที่ได้ทั้ง 2 กรณีจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นในแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบความแม่นยำในการตรวจจับมุมตำแหน่งเดิมโดยค่าที่แสดงเป็นไปดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกับจำนวนครั้ง

| Test การจับมุมที่ตำแหน่งเดิม | | | | | |
|------------------------------|-----------|--------|----------|----------|--------|
| ครั้งที่ | Angle | Y | ครั้งที่ | Angle | Y |
| 1 | -2.0561 | -26.93 | 26 | -2.05194 | -26.9 |
| 2 | -2.05276 | -26.92 | 27 | -2.05601 | -26.86 |
| 3 | -2.05506 | -26.91 | 28 | -2.05524 | -26.9 |
| 4 | -2.05622 | -26.83 | 29 | -2.0561 | -26.94 |
| 5 | -2.0572 | -26.91 | 30 | -2.05826 | -26.86 |
| 6 | -2.05949 | -26.91 | 31 | -2.05141 | -26.95 |
| 7 | -2.05121 | -26.94 | 32 | -2.05712 | -26.92 |
| 8 | -2.05809 | -26.92 | 33 | -2.0561 | -26.93 |
| 9 | -2.05247 | -26.9 | 34 | -2.05517 | -26.91 |
| 10 | -2.0494 | -26.91 | 35 | -2.05721 | -26.86 |
| 11 | -2.05326 | -26.95 | 36 | -2.05577 | -26.89 |
| 12 | -2.05453 | -26.85 | 37 | -2.05701 | -26.89 |
| 13 | -2.04978 | -26.88 | 38 | -2.05776 | -26.94 |
| 14 | -2.05406 | -26.92 | 39 | -2.05848 | -26.87 |
| 15 | -2.05515 | -26.95 | 40 | -2.0556 | -26.86 |
| 16 | -2.05797 | -26.9 | 41 | -2.05227 | -26.9 |
| 17 | -2.05055 | -26.92 | 42 | -2.05656 | -26.9 |
| 18 | -2.05826 | -26.88 | 43 | -2.05577 | -26.9 |
| 19 | -2.05801 | -26.95 | 44 | -2.04463 | -26.81 |
| 20 | -2.05293 | -26.94 | 45 | -2.06129 | -27.01 |
| 21 | -2.04785 | -26.84 | 46 | -2.05624 | -26.87 |
| 22 | -2.051403 | -26.84 | 47 | -2.05475 | -26.9 |
| 23 | -2.05647 | -26.91 | 48 | -2.05865 | -26.86 |
| 24 | -2.059724 | -26.83 | 49 | -2.05431 | -26.92 |
| 25 | -2.0573 | -26.9 | 50 | -2.05736 | -26.9 |

ตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อนำค่าองศาจากการวัดซ้ำมาคิด % ความคลาดเคลื่อนจากสมการที่ 4.1 และ 4.2

$$\text{Relative error} = \frac{|x_{mea} - x_t|}{x_t} \quad (4.1)$$

$$\% \text{Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (4.2)$$

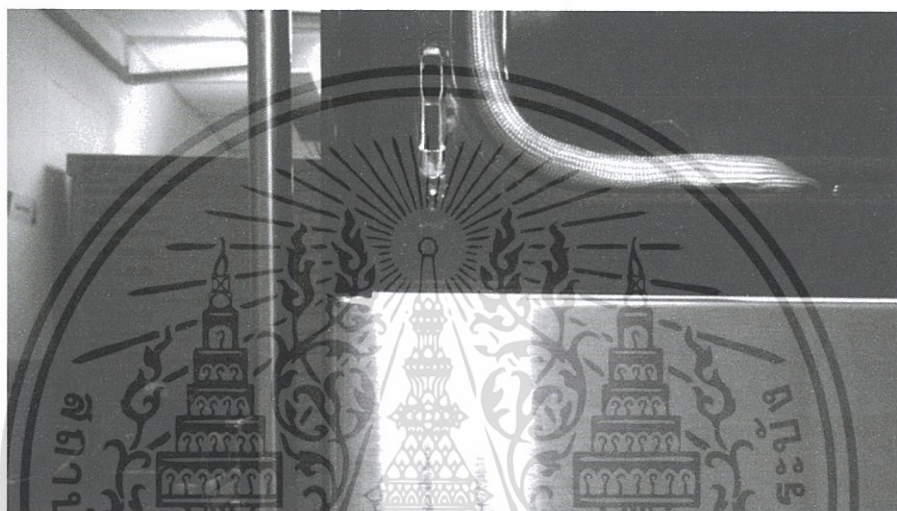
เมื่อค่าจริงคือ -2.0511 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.1478 % พบว่า กล้องที่ใช้วิเคราะห์ห้องศานี้มีความแม่นยำ 99.852 %

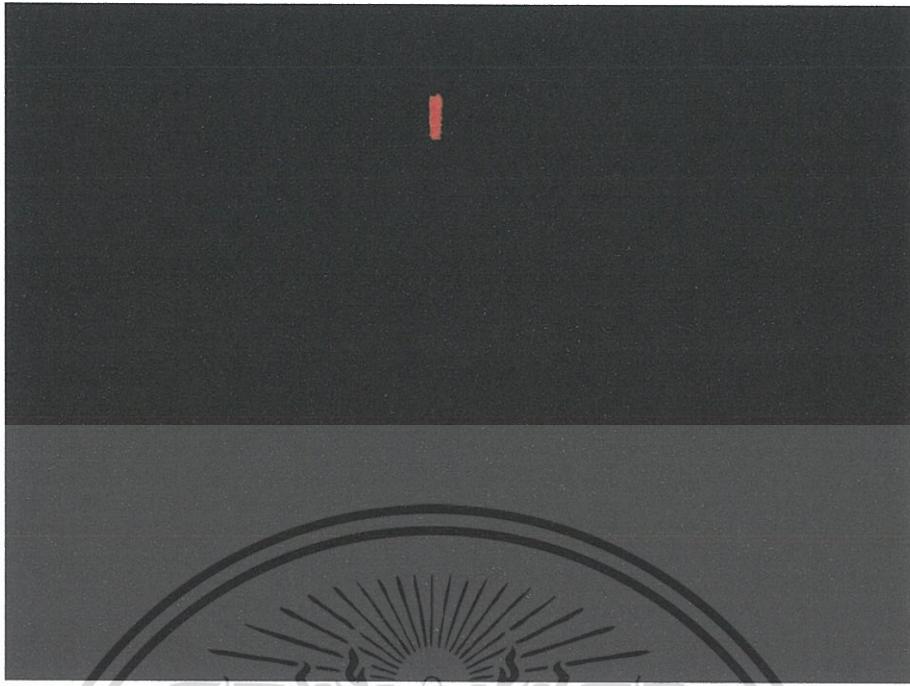
4.3 ผลจากการใช้การประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์หารูเตอบ

จากตัวอย่างโปรแกรมที่อธิบายในบทที่ 4 เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่างๆในการวิเคราะห์ภาพเพื่อหาตำแหน่งรูโดยแสดงภาพที่มาจาก การ Snap หรือภาพ Original ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.6 ภาพหลังจากการ Grab (ภาพ Original)

เมื่อได้ภาพ Original แล้วจะนำภาพนี้ไปวิเคราะห์ในโปรแกรมวิเคราะห์หารูเตอบ ดังที่กล่าวไปในบทที่ 3.2 เพื่อหาตำแหน่งของเตอบก่อนสวมประตู่ โดยภาพที่ได้หลังจากการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมจะเป็นดังรูป 4.6



รูปที่ 4.7 รูปของรูสวม Hinge ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ

เมื่อได้ภาพที่ผ่านการวิเคราะห์เสร็จสมบูรณ์แล้ว จะนำภาพที่สนใจ ไปเทียบกับ Coordinate ของกล้อง เพื่อหาค่า error ระหว่าง Coordinate ของภาพรูเตาอบ ว่าขยับไปเท่าไรในแนวแกน x, y เมื่อเทียบกับ Coordinate ของกล้องที่ ตำแหน่ง 0, 0

| OVEN DOOR INSERTION ROBOT INFORMATION DISPLAY | | | |
|---|--|---|--|
| Monitor | | Model Display Model Name: NES9J7630SG/AA Model S/N: 0CY57DCHB00002L Hinge Code: B Image Name: NES9J7630SG/AA USE/PASS: use | |
| Vision data vision calibrate: X -11 Y 88.136 area: max 1200 min 800 ROI setting: Left 356 TOP 116 Right 856 Bottom 260 | | Vision Result Center: X -10.3253 Z 87.9958 Standard: X 0.674665 Z -0.140185 Delta: X 1.49702E-8 Y 0.0047387 WD: 300 Angle: 0.00036201 | |
| Robot input Robot shift data X, Z 0.67 -0.14 Robot shift data Angle, Y 0.000362 -0.02 | | Checking model Model Status Door model | |
| Robot Status Wait Communication | | LED Status Ready process Door model Hole support hinge Data Record Finish process | |
| STOP | | Cycle Time 0 | |

รูปที่ 4.8 จุดที่สนใจเทียบกับ Coordinate ของกล้อง

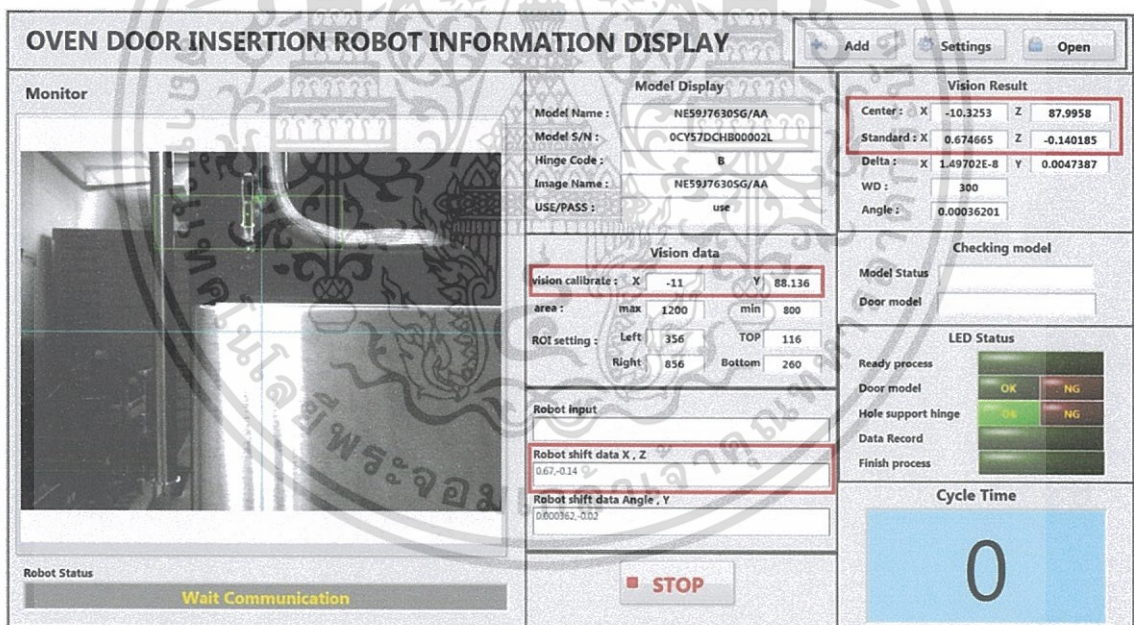
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่า error ระหว่างจุดที่สนใจกับ จุด 0,0 ของ Coordinate กล้องแล้ว จะนำภาพมาทำการ Caribration เพื่อปรับเทียบ Coordinate กล้อง กับ Coordinate ของหุ่นยนต์ โดยต้องการจะปรับเทียบ แกน x, y ของกล้อง เทียบกับ แกน x, z ของหุ่นยนต์

ในขั้นแรกจะ Teaching หุ่นยนต์ในตำแหน่งที่ถูกต้อง(ตำแหน่ง Master) เพื่อเป็นการกำหนดแกน Coordinate สมมุติ ของจุดที่สนใจให้เป็นแกนเดียวกับหุ่นยนต์ ณ ตำแหน่งที่ Teaching ให้เป็นแกน x,z ที่ 0,0

จากนั้นทำการ Caribration แกน Coordinate กล้องมายังแกน Coordinate สมมุติของของจุดที่สนใจ โดยการนำค่า error ที่ได้จากการหาระยะระหว่างจุดที่สนใจกับแกนกล้อง (ดังรูป 4.9) และตั้งค่า ณ ตำแหน่งนั้นให้เป็น 0, 0

ดังนั้นจึงได้ ตำแหน่ง Coordinate ของ หุ่นยนต์ กล้อง และจุดที่สนใจเป็นแกนเดียวกันแล้ว คือ แกน Coordinate สมมุติของจุดที่สนใจ



รูปที่ 4.9 แสดงการหาค่า error ระหว่างจุดที่สนใจ(รูสำหรับสวมhinge)กับแกนกล้อง

จากการทดลอง เมื่อเตาอบเข้ามาใน Working station จะมีลักษณะหน้างานเมื่อเตาอบมาถึงแยก เป็นกรณีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 เตาอบเข้ามาตรงตำแหน่ง 0,0 และองศาเอียงเป็น 0

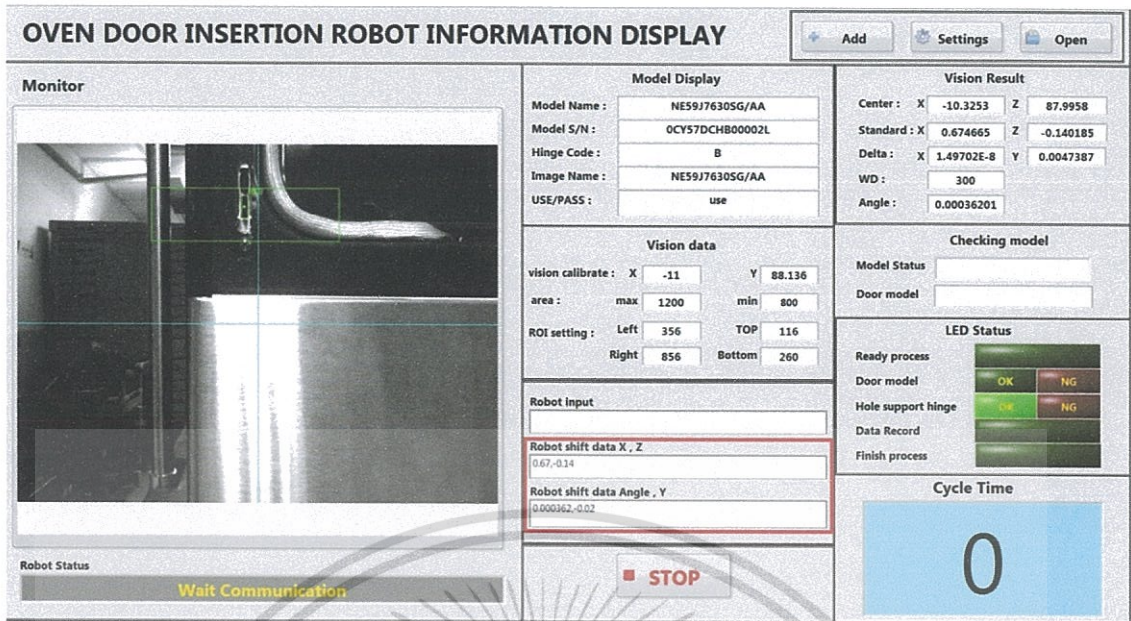
ค่าที่กล้องจับได้จากวัตถุที่สนใจที่ตำแหน่งนี้จะมีค่าErrorเป็น 0 หุ่นยนต์จึงไม่มีการ Shift ตำแหน่ง เพื่อสวมประตู่ในกรณีนี้ ดังแสดงในรูป 4.10

The screenshot shows the 'OVEN DOOR INSERTION ROBOT INFORMATION DISPLAY' interface. The 'Robot Status' at the bottom left indicates 'Wait Communication'. The 'Robot shift data X, Z' field shows '0.03, -0.18' and the 'Robot shift data Angle, Y' field shows '0.001582, 0.08'. The 'Cycle Time' is displayed as '0'.

รูปที่ 4.10 error ของตำแหน่งเตาอบในแนวแกน x เป็น 0 และองศาเอียงเป็น 0

4.3.2 เตาอบเข้ามาไม่ตรงตำแหน่ง 0,0 และองศาเอียงเป็น 0

เมื่อตำแหน่งที่เตาอบเข้ามาไม่ใช่ตำแหน่งเดียวกับ ตำแหน่ง Coordinate สมมุติของวัตถุ ค่ากล้องจับได้ ณ ตำแหน่งนี้ จะมีค่า Error เกิดขึ้น ดังแสดงในรูป 4.11



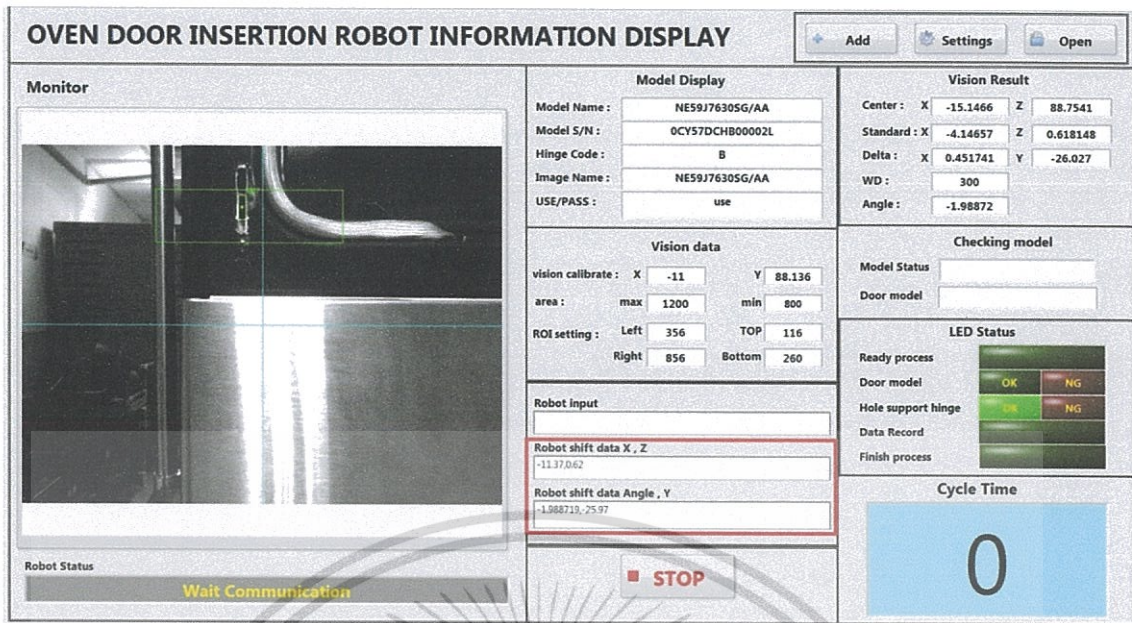
รูป 4.11 แสดง Error ของตำแหน่งเตาอบในแนวแกน x ไม่เท่ากับ 0 และองศาเอียงเป็น 0

จากค่าที่แสดงในรูป 4.11 ค่า Error ในแนวแกน x ที่เกิดขึ้นเป็น 0.67 ดังนั้น หุ่นยนต์จึงต้องมีการ Shift ตำแหน่งไป ค่าเดียวกับ Error ที่เกิดขึ้น เพื่อให้ตำแหน่งที่หุ่นยนต์จะสวมประตูตรงตามเดิมดัง สมการ

$$\text{Robot Shift ในแกน X} = \text{Error ที่เกิดขึ้นในแกน X}$$

4.3.3 เตาอบเข้ามาไม่ตรงตำแหน่ง 0,0 และ องศาเอียงมีค่าไม่เท่ากับ 0

เมื่อเตาอบเข้ามาไม่ตรงตำแหน่ง หุ่นยนต์จะมีการ Shift ตำแหน่ง ดังที่แสดงไว้ในข้อ 3.2.2 แต่ในกรณีนี้เตาอบเข้ามามีลักษณะเอียงจากแนวปกติ ทำให้มีค่า error ที่เกิดจากองศาที่เปลี่ยนไปเข้ามาด้วย ดังนั้นจึงต้อง shift ตำแหน่งองศาหน้า Gripper เพิ่มเติมจากการ Shift ในแกน x ก่อนหน้าเพื่อให้สามารถสวมประตูได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 4.12 แสดง error ของตำแหน่งเตาอบในแนวแกน x ไม่เท่ากับ 0 และองศาเอียงไม่เท่ากับ 0

จะเห็นว่าเตาอบที่เข้ามา มีค่า Error ในแนวแกน x เป็น -11.37 และมืองศาเอียง -1.989 องศา errorที่เกิดจากการ shift มุมนี้มีผลทำให้ Error ที่เกิดจากการ shift ตำแหน่งในแนวแกน x เพิ่มขึ้นจากองศาที่เปลี่ยนแปลงไป คำนวณแกน x ที่เปลี่ยนไปเพื่อหา Delta X ได้ดังนี้

$$X1 = \text{COS}(\text{angle})/D$$

$$\text{Delta X} = D - X1$$

X1 = ระยะความกว้างเตาอบในแกน x หลังจากเกิดerrorจากมุม

D = ระยะความกว้างของเตาอบ

จากการทดลองเมื่อตู้เข้ามามีค่า error จากมุม การShiftแกน X เท่ากับระยะ Delta X จะไม่เพียงพอที่จะทำให้จุดศูนย์กลางของ Glipperเท่ากับจุดศูนย์กลางของหน้าเตาอบ จึงต้องทำการคูณค่า Gain เพื่อปรับค่าดังที่กล่าว

จะได้ค่า DeltaX ใหม่ เป็น DeltaX ใหม่ = DeltaX(Gain)

ดังนั้นค่าที่หุ่นยนต์จะ Shift ไปในกรณีเกิด Error ทั้งตำแหน่ง x และองศา ดังนี้

$$\text{Robot Shift X} = \text{ErrorX} + \Delta\text{X} \text{ ใหม่}$$

4.3.4 การสอบเทียบความแม่นยำของอุปกรณ์และโปรแกรมวิเคราะห์หาตำแหน่งของเดาอบ

ทำการหาค่าความแม่นยำของอุปกรณ์และโปรแกรม จากการหาตำแหน่งภาพที่ตำแหน่งเดิม จำนวน 50 ครั้งและผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.3

| ทดสอบการตรวจจับรูที่ตำแหน่งเดิม | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|----------|-------|-------|
| ครั้งที่ | X | Z | ครั้งที่ | X | Z |
| 1 | -4.03 | -0.15 | 26 | -4.01 | -0.16 |
| 2 | -4.02 | -0.23 | 27 | -3.98 | -0.14 |
| 3 | -4.02 | -0.2 | 28 | -4.05 | -0.17 |
| 4 | -4.03 | -0.12 | 29 | -3.96 | -0.17 |
| 5 | -4.02 | -0.23 | 30 | -4.03 | -0.23 |
| 6 | -4.01 | -0.24 | 31 | -4 | -0.19 |
| 7 | -4.01 | -0.14 | 32 | -4.01 | -0.22 |
| 8 | -4.03 | -0.2 | 33 | -4 | -0.27 |
| 9 | -4.01 | -0.24 | 34 | -4.02 | -0.16 |
| 10 | -4.02 | -0.13 | 35 | -4.02 | -0.27 |
| 11 | -4.03 | -0.14 | 36 | -4.04 | -0.15 |
| 12 | -3.97 | -0.15 | 37 | -4.06 | -0.18 |
| 13 | -4.03 | -0.21 | 38 | -4.04 | -0.18 |
| 14 | -4.04 | -0.18 | 39 | -4.05 | -0.18 |
| 15 | -3.99 | -0.22 | 40 | -4.04 | -0.21 |
| 16 | -3.99 | -0.17 | 41 | -4.01 | -0.13 |
| 17 | -4.05 | -0.25 | 42 | -4.05 | -0.11 |
| 18 | -4.02 | -0.18 | 43 | -4.06 | -0.13 |
| 19 | -4.03 | -0.24 | 44 | -4.03 | -0.16 |
| 20 | -3.94 | -0.21 | 45 | -4.04 | -0.16 |
| 21 | -4.01 | -0.17 | 46 | -4.05 | -0.15 |
| 22 | -3.97 | -0.14 | 47 | -4.05 | -0.23 |
| 23 | -4.01 | -0.18 | 48 | -4.06 | -0.22 |
| 24 | -4.04 | -0.25 | 49 | -4.01 | -0.21 |
| 25 | -4.03 | -0.26 | 50 | -4 | -0.25 |

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการตรวจจับรูที่ตำแหน่งเดิม

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อนำค่าองศาจากการวัดซ้ำมาคิด % ความคลาดเคลื่อนจากสมการที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Relative error} = \left| \frac{x_{mea} - x_t}{x_t} \right| \quad (4.3)$$

$$\% \text{Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (4.4)$$

เมื่อค่าจริง(x_t) คือ 4 mm

จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.51% พบว่า กล้องที่ใช้วิเคราะห์หาองศาที่มีความแม่นยำ 99.49 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดการนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้แทนแรงงานคน โดยเน้นการลดคนในส่วนที่พนักงานต้องยกของหนัก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสรีระร่างกายเมื่อต้องทำงานเป็นเวลานาน จึงเกิดเป็นโครงการ Insertion Door Oven Robot ขึ้น

การทำโครงการ Insertion Door Oven Robot ในครั้งนี้ทำให้ได้เรียนรู้การทำงานจริงในโรงงาน โดยเริ่มจากขั้นตอนแรกคือการออกแบบ Concept เพื่อเสนอต่อผู้บริหารเพื่อให้ได้รับการอนุมัติ การออกแบบ Part Mechanic โดยใช้โปรแกรม Solid Work และเขียนแบบ Drawing เพื่อส่งให้ Vender ผลการสั่งซื้ออุปกรณ์ แต่ละขั้นที่จำเป็นในการทำโครงการ การออกแบบ Control box และ Wiring control box ซึ่งได้รู้เกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการลงมือปฏิบัติตามแบบไฟฟ้าการใช้ โปรแกรม Labview และการใช้ Vision Machine ซึ่งการใช้ Vision Machine เปรียบเสมือนการเพิ่มตาให้กับหุ่นยนต์ ทำให้สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำแม้จะมีปัจจัยภายนอกที่หลากหลายมารบกวน อีกทั้งยังได้ศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยภาษา AS Language ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของหุ่นยนต์ทำให้ได้พัฒนาระบบการคิดเป็นลำดับขั้น และความเป็นเหตุเป็นผล นอกจากนี้ขั้นการติดตั้งและทำงานหน้างานจริง ยังฝึกฝนให้ทำงานภายใต้ความกดดันเนื่องจากการทำงานในเวลาที่มีจำกัด เพราะสายการผลิตจะต้องเดินตลอดเวลา และคาดหวังให้เกิด Lost Time น้อยที่สุด อีกทั้งการออกแบบชิ้นส่วนแมคคาทรอนิกส์และโปรแกรม เมื่อทำมาติดตั้งหน้างานจริง เป็นเรื่องปกติที่จะต้องเกิดปัญหาบ้างทำให้ได้เรียนรู้ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้เป็นอย่างดี

นอกจากการทำงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงการแล้ว การทำงานร่วมกับเพื่อนร่วมงานและพี่เลี้ยง ซึ่งในบางครั้งงานเกิดปัญหา จำเป็นต้องร่วมกันวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ทำให้ได้ฝึกการทำงานร่วมกับคน การสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดี อีกทั้งการทำงานภายใต้ความกดดันระหว่างหัวหน้างาน และแผนงานที่วางเอาไว้ เป็นการช่วยฝึกการเอาตัวรอด และจากการที่ได้ไปช่วยงานอื่นๆทำให้ได้เรียนรู้หน้าที่ที่หลากหลาย การทำงานของแผนกอื่นๆ และการประสานงานร่วมกันในแต่ละแผนกเพื่อให้ผลที่ออกมาลุล่วง

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ประสบการณ์ในการทำงานหน้างานมีน้อย ในบางครั้งทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
2. การสั่งของในบริษัท เนื่องจากมีระบบและขั้นตอนการตรวจเช็คที่รัดกุม เพื่อป้องกันการทุจริต ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการสั่งซื้อทำให้ต้องเลื่อนแผนการทำงานออกไป
3. ในการออกแบบโปรแกรม ที่ต้องทำงานร่วมกันในการส่งข้อมูลไปมา พบว่า เวลาที่คลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยทำให้การรับส่งข้อมูลผิดพลาด
4. การออกแบบ ชิ้นส่วนแมคคาทรอนิกส์ นักศึกษาไม่มีประสบการณ์ในการออกแบบ และผลิตจริง เมื่อชิ้นส่วนมาส่งและลงหน้างานจริง จพเป็นต้องปรับแก้ค่อนข้างมาก เพื่อให้สามารถใช้งานได้
5. ในการทดสอบโปรแกรมเมื่อติดตั้งแล้ว เนื่องจากสายการผลิตมีการผลิตตลอดเวลา ทำให้ต้องใช้เวลาว่างช่วงพัก ในการทดสอบ ซึ่งเวลามีค่อนข้างน้อยทำให้ไม่สามารถ ทดสอบและ Teaching หุ่นยนต์ได้อย่างต่อเนื่อง
6. การทำหุ่นยนต์เข้ามาใช้ในงานที่มีความละเอียดมาก กับชิ้นงานที่มีราคาสูงเมื่อเกิดข้อผิดพลาดทำให้เกิดความเสียหายค่อนข้างมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การใช้หุ่นยนต์ในการทำงานในไลน์การผลิต ควรควรสร้างสภาพแวดล้อมที่เสถียร มีการ Fix Position ในจุดที่เสี่ยง เพื่อการทำงานที่แม่นยำและง่ายในการออกแบบโปรแกรม
2. การนำเสนอ Concept ควรเรียกทุกแผนกที่เกี่ยวข้องกับงานและพื้นที่ในส่วนนั้นเพื่อ จะได้ตกลงปัญหาที่มีโอกาสเกิดขึ้นและหาแนวทางแก้ไขก่อนทำงานจริง

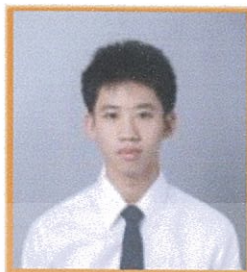
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ “รูปแบบปริญญาโท” คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม. (ม.ป.ป.).เข้าถึงได้จาก:
https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_power/wiki/ea057/
- [3] การ calibrate pixel to realworldเข้าถึงได้จาก
<http://forums.ni.com/t5/Machine-Vision/calibrate-distance-in-pixel-to-real-world-measurment-unit/td-p/100663>
- [4] การหา FOV(field of view) เข้าถึงได้จาก
<http://www.edmundoptics.com/resources/applicationnotes/imaging/understanding-focal-length-and-field-of-view/>
- [5] Robot Kawasaki เข้าถึงได้จาก
<https://robotics.kawasaki.com/th1/index.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายภาคิน วัฒนานุกิจ

เกิดวันที่ 13 เมษายน พ.ศ.2538

ประวัติการศึกษา: สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนมารีวิทย สัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2556

ที่อยู่: 49 ม.10 ต.ห้วยใหญ่ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150

เบอร์โทรศัพท์: 08-6824-4892

อีเมล: wattananukitp@gmail.com

ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม: Microsoft Office, Solidworks, LabVIEW

ทักษะทางภาษาต่างประเทศ: ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่ บริษัท ไทยซัมซุงอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง ธันวาคม พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้