การผสานระบบวิชั่นกับโรบอท

Sawai Pongswatd

Integrating Vision System with Robotics

26/4/2567

ธนาธิป ศุภพงษ์, ภานุพงศ์ จิธานนท์, ศุภกร สงวนพิทักษ์ และ รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์
หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และออโตเมชัน (แขนงวิชาออโตเมชัน)
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
Thanatip Supapong, Panupong Jitanon, Supakorn Sanguanpitak and Assoc.Prof.Dr.Sawai Pongswatd
Mechatronics and Automation Engineering Program (Major of Automation)
Department of Instrumentation and Control Engineering, School of Engineering, KMITL

บทคัดย่อ

การผสานระบบวิชันกับโรบอท เป็นหนึ่งในแนวโน้มโรบอทวิชั่นขั้นสูงที่กำลังพัฒนาอย่างรวดเร็วเป็นกระบวนการที่ช่วยให้โรบอทวิชั่นสามารถมองเห็นและเข้าใจสภาพแวดล้อมรอบตัวได้ เพื่อนำภาพที่ได้มาจากตัวกล้องตรวจสอบชิ้นงานทำการประมวลผลร่วมกับระบบวิชันในระบบการประกอบฝาแผงวจร ECU เครื่องมือหยิบจับที่ใช้ในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย ระบบการขันสกรูร่วมกับโรบอท และการใช้งานร่วมกับ PLC (Program Logic Controller) ในอุตสาหกรรมออโตเมทีฟให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและป้องกันการคลาดเคลื่อนในกระบวนการผลิตชิ้นงาน ป้องกันการสูญเสียมูลค่าทางทรัพย์สินต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดของการทำงานของโรบอทวิชั่นร่วมถึงลดต้นทุนในการผลิตจากการผสานระบบวิชันกับโรบอทที่ใช้แทนแรงงานมนุษย์

คำสำคัญ: ระบบวิชันซิสเต็ม, โรบอท, PLC (Program Logic Controller)

Abstract

Integrating vision systems with robots one of the advanced robotics trends that is rapidly developing is a process that allows robotic arms to see and understand their surroundings. In order to use the images obtained from the inspection camera to be processed together with the vision system in the assembly of ECU circuit board covers, handling tools are used in harsh environments. Screw tightening system with robot and use with PLC (Program Logic Controller) in the automation industry to be more efficient and prevent discrepancies in the production process. Prevent the loss of value of various assets that occurs from errors in the work of the robot arm, as well as reduce production costs by combining the vision system with robots that replace human labor.

Keyword : Vision systems, Robots, PLC (Program Logic Controller)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมออโตโมทีฟได้ใช้ระบบอัตโนมัติและโรบอทอุตสาหกรรมมากกว่าครึ่งศตวรรษ ตั้งแต่ที่ General Motors นำโรบอท Unimate มาใช้ในช่วงต้นทศวรรษที่ 1900 หลังจากนั้นการนำโรบอทมาใช้ในการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติก็มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก เทคโนโลยีโรบอทได้ปรับปรุงให้โรบอทมีต้นทุนต่ำลงมีความยืดหยุ่น เสริมระบบการทำงานร่วมกันและแทนที่โรบอทแบบดั้งเดิมที่ยุ่งยากและไม่ยืดหยุ่น นอกจากนี้การใช้เพียงโรบอท ซึ่งอาจไม่ตอบโจทย์ในระบบการผลิตทั้งหมดด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาและประยุกต์อุปกรณ์มาใช้ร่วมกับโรบอทร่วมถึงการผสานระบบวิชั่นร่วมกับโรบอท

โดยปัจจุบันอุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการผลิตสูง โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีอัตโนมัติหรือโรบอทมาใช้ในการผลิตกระบวนการซ้ำๆ เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์มีความต้องการในการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ให้มีความแม่นยำสูง น่าเชื่อถือ และลดต้นทุนในการผลิต ทำให้โรงงานในอุตสาหกรรมรถยนต์มีการผสานวิชันร่วมกับโรบอทและระบบอัตโนมัติในการผลิต

การผสานวิชันร่วมกับโรบอท (Integrating Vision System with Robotics) เป็นหนึ่งในวิธีการบูรณาการที่ใช้ในการผลิตอัตโนมัติ มาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่าง มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำ กล่าวคือ ทำให้ ชิ้นงานในการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่มีความน่าเชื่อถือ ลดข้อผิดพลาดที่ทำให้ชิ้นงานเสียหายในการผลิต เพื่อเพิ่มผลกำไรให้กับผู้ประกอบการหรือโรงงานผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์

การจัดทำบทความวิจัย การผสานวิชันร่วมกับโรบอท (Integrating Vision System with Robotics) มีวัตถุประสงค์ดังนี้

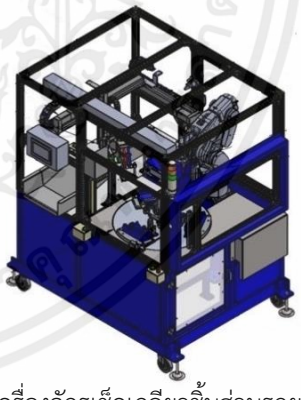
1. เพื่อพัฒนาโรบอทในระบบอุตสาหกรรมยานยนต์ให้การทำงานมีประสิทธิภาพและความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยการประยุกต์ใช้จากระบบวิชั่น
2. เพื่อศึกษาการใช้งานของระบบวิชั่นและกล้องตรวจสอบชิ้นงาน
3. เพื่อเป็นแนวการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบวิชั่นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการทำงานผิดพลาดของเครื่องจักรและโรบอท

2. วิธีดำเนินการ

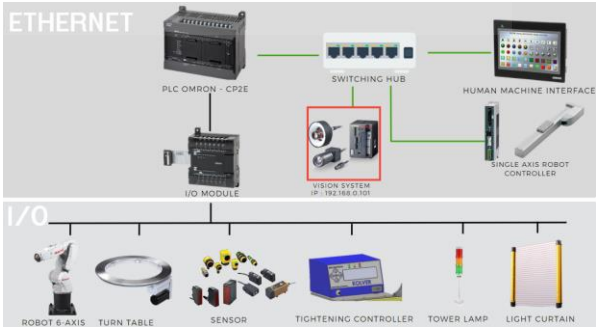
2.1 วัสดุ อุปกรณ์

- พีแอลซี
- กล้องวิชั่น
- ระบบประมวลผลข้อมูลภาพ
- ไฟส่องสว่าง

2.2 ขั้นตอนการวิจัย



รูปที่ 1 เครื่องจักรเช็คเกลียวชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยโรบอท



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องจักรเช็คเกลียวชิ้นส่วนรถยนต์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ศึกษาเครื่องจักรเช็คเกลียวชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยโรบอท 6 แกน ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่ในการเช็คเกลียวจากพาร์ทชิ้นงานอะไหล่ในอุตสาหกรรมรถยนต์ เพื่อตอบสนองต่อกระบวนการทำงานตามความต้องการของลูกค้าไม่ว่าจะเป็น เวลาการทำงาน การสื่อสารระหว่างการทำงาน ลดข้อผิดพลาด เป็นต้น จึงทำให้เครื่องจักรมีหลากหลายองค์ประกอบ เช่น โรบอท 6 แกน, อุปกรณ์ใช้ขัน, โรบอทแกนเดี่ยว, เซนเซอร์ เป็นต้น โดยการทำงานของเครื่องจักรเช็คเกลียวชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยโรบอท 6 แกน แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- Loading เป็นกระบวนการที่ผู้ปฏิบัติงานนำ JIG ที่ตรงตามรูปแบบ Model ของชิ้นงานติดตั้งและทำการใส่ชิ้นงานพาร์ทอะไหล่ให้ตรงกับ Model
- Turn Table เป็นกระบวนการหมุนพาร์ทชิ้นงานไปยังตำแหน่งการขัน ตำแหน่งการนำชิ้นงานออกและตำแหน่งการใส่พาร์ทชิ้นงานที่ต้องตรงตามเงื่อนไขของเครื่องจักร
- Robot Tightening เป็นกระบวนการสั่งให้โรบอททำการเคลื่อนที่ไปยัง Position การเช็คเกลียวและสั่งอุปกรณ์ขันให้สามารถทำงานร่วมกันได้
- Outbound เป็นกระบวนการนำชิ้นงานที่ถูกการเช็คเกลียวแล้วนำออกไปแยกตาม Box ที่ผ่านการตรวจสอบและไม่ผ่านการตรวจสอบโดยใช้โรบอทแกนเดี่ยว IAI ร่วมกับระบบลมที่ใช้ในการหยิบจับชิ้นงานสำหรับการเคลื่อนที่เพื่อป้องกันการตกหรือล่วงหล่นจาก Station

จากการศึกษาพบว่าการทำงานของเครื่องจักรเช็คเกลียวชิ้นส่วนรถยนต์สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามเงื่อนไขของเครื่องจักรแต่ในส่วนของการขันเช็คเกลียว ตำแหน่งของโรบอท 6 แกน นั้นจะพบว่ายังมีข้อผิดพลาดในการทำงานของการของระบบเช็คเกลียวที่ยังมีการพบการคลาดเคลื่อนของตัวชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียของตัวชิ้นงานและทำให้เกิดการหยุดทำงานของเครื่องจักร(down time) ซึ่งจะทำให้มูลค่าต่อการผลิตลดลง

2.2.2 ศึกษาระบบวิชัน โดยที่หลักการทำงานของระบบวิชัน คือการนำภาพที่ตรวจจับได้มาประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วทำการแสดงผลออกมาตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยจะเข้ามาช่วยในการทำงานของระบบการผลิตต่างๆที่ต้องการความถูกต้องและแม่นยำเพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ ลดของเสีย ลดต้นทุน และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์ สร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคที่ตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ การทำงานของระบบวิชันประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ดังนี้

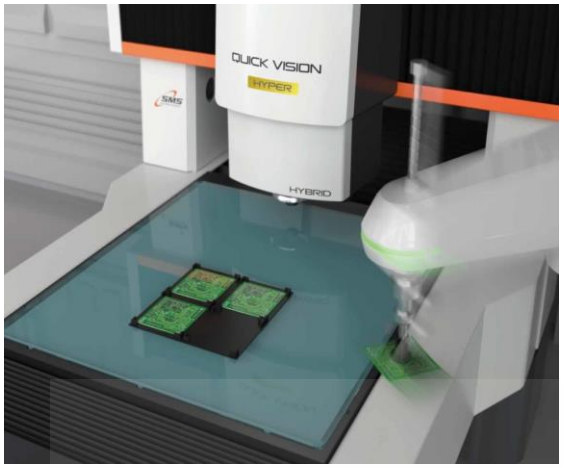
- คอนโทรลเลอร์ (Controller) ทำหน้าที่ประมวลผลตัดสินใจ และการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ
- กล้อง (Camera) หรือ ตัวรับภาพ เพื่อส่งต่อให้คอนโทรลเลอร์นำไปประมวลผล
- เลนส์ (Lens) เป็นตัวปรับแต่งภาพให้มีความชัดเจนตามเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมและระยะห่างระหว่างภาพกับกล้อง
- อุปกรณ์ระบบแสง (Lighting) ทำให้ภาพที่จะทำการตรวจสอบมีความคมชัดเพื่อช่วยให้ภาพที่เลนส์และกล้อง ซึ่งส่งต่อไปยังคอนโทรลเลอร์มีความคมชัด ทำให้การประมวลนั้นถูกต้องแม่นยำ

ระบบวิชัน มีความสามาถหลักๆที่เหมาะแก่การนำไปใช้งาน ได้แก่

1.ตรวจสอบความผิดพลาดของชิ้นงาน

- เป็นการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานทั้ง, ข้อผิดพลาดในการประกอบ, ข้อบกพร่องของพื้นผิว ชิ้นส่วนที่เสียหายและคุณสมบัติที่ขาดหายไป, ระบุและแยกแยะวัตถุ, รูปร่างและตำแหน่งของวัตถุรวมทั้งคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

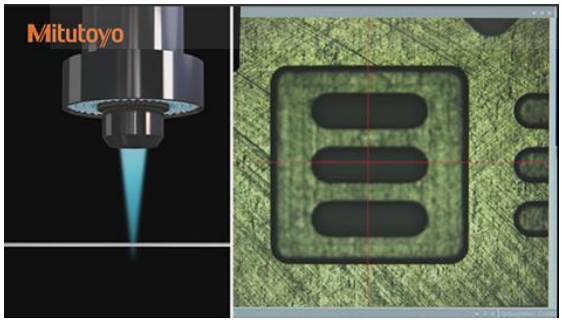


รูปที่ 3 การตรวจสอบความผิดพลาดของชิ้นงาน

2. ตรวจเช็คตำแหน่งของวัตถุ
ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ บนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบว่าชิ้นงานมีอุปกรณ์ครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ รวมถึงการตรวจสอบการประกอบ

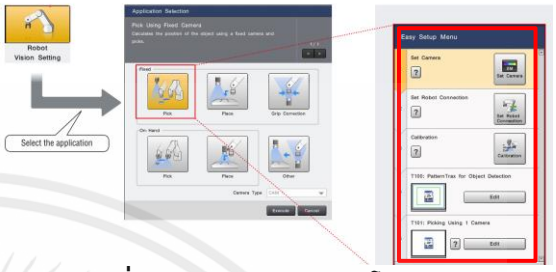
รูปที่ 4 การตรวจเช็คตำแหน่งของวัตถุ

3. ตรวจสอบขนาด
ตรวจวัดขนาดของชิ้นงาน วัดองค์ประกอบชิ้นส่วน สำหรับการเรียงลำดับและการจำแนกประเภท ตั้งแต่การวัดอย่างง่ายไปจนถึงการวัดที่ซับซ้อน ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ



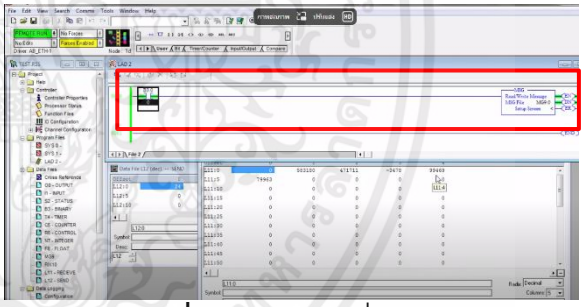
รูปที่ 5 การตรวจเช็คตำแหน่งของวัตถุ

2.2.3 วิธีการใช้งาน Vision system ร่วมกับ Robot เพื่อใช้สำหรับใช้งาน, การสื่อสาร, การส่งค่า offset ที่เป็นตำแหน่งของโรบอท เป็นต้น
ขั้นตอนที่ 1 ทำการเลือก Robot Vision Setting ในโปรแกรม CV-X Series Terminal Software ที่ใช้เชื่อมต่อ Vision System



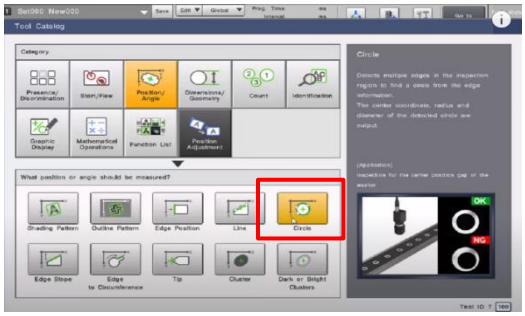
รูปที่ 6 หน้าหลักปรับค่าของโปรแกรม CV-X Series Terminal Software

ขั้นตอนที่ 2 เชื่อมต่อระหว่าง PLC และ Vision System ที่ใช้ในการสั่งงาน โดยใช้คำสั่ง MSG file หรือ คำสั่งที่ใช้ Read massage จาก Vision System เพื่อใช้สำหรับการสั่งงานส่วนอื่นๆ รวมถึงส่งค่า Offset ที่ประมวลผลแล้วส่งต่อไปยังตำแหน่งของโรบอท



รูปที่ 7 แลดเดอร์การสื่อสาร

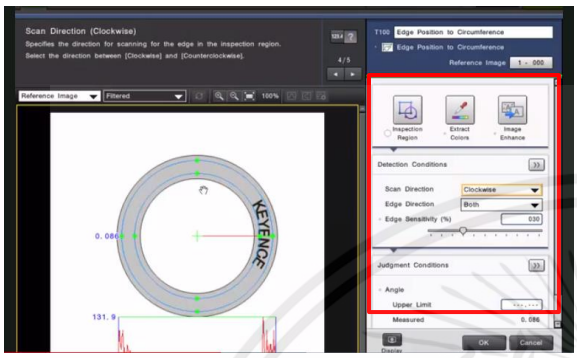
ขั้นตอนที่ 3 ทำการ Set camera โดยใช้ฟังก์ชั่น Position Angle < Circle เพื่อใช้ตรวจสอบรูปหรือเช็คชิ้นงานที่เราต้องการตรวจสอบว่ามีลักษณะ ขนาด ระยะตรงตามที่ต้องการหรือไม่



รูปที่ 8 คำสั่งฟังก์ชันการใช้งาน Vision system

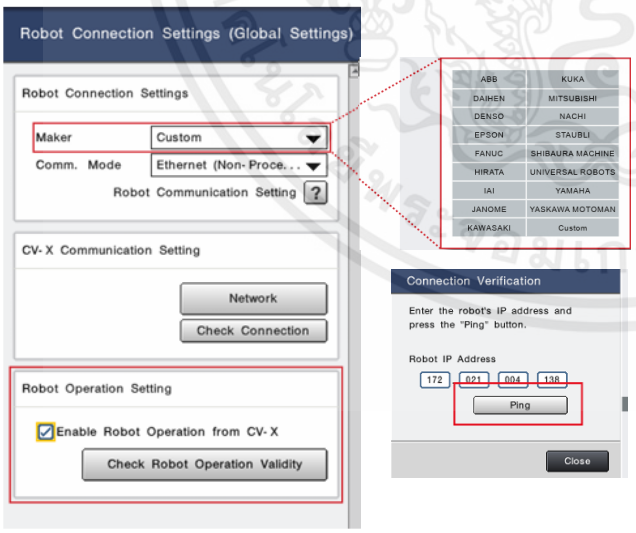
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 เริ่มการ Teach รูปร่างของชิ้นงานที่ต้องการตรวจเช็ค โดยใช้คำสั่ง Circle และ Detection Condition ของโปรแกรมกำหนดขนาดของเส้นรอบวงกลม สี เงา ความสว่างของรูปต้นแบบ รวมถึงการเพิ่มรูปที่ผิดพลาด (NG) และถูกต้อง (OK) เพื่อปรียบเทียบให้สามารถประมวลได้ออกมาอย่างถูกต้อง

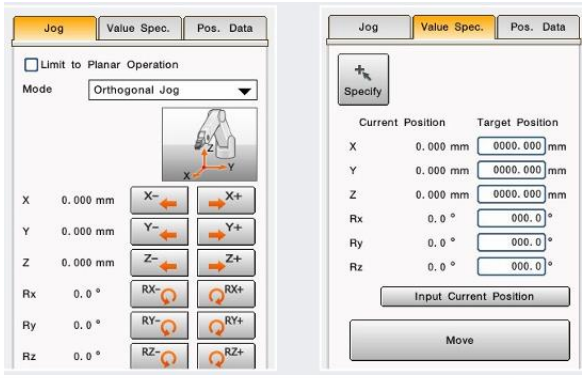


รูปที่ 9 การ Teach และฟังก์ชันที่ใช้

ขั้นตอนที่ 5 ทำการ Set Robot Connection เพื่อเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่าง Robot กับ Vision System โดยใช้เครื่องมือ Robot Setting โดยเลือก Maker ให้ตรงกับ Robot ทำการใส่ IP Adress ของ Robot ให้ตรงกับที่ตั้งค่าไว้ และทำการ Enable Robot Operation From CV-X เพื่อใช้ในการสั่งงานและช่วยในการ Teach ตำแหน่งของโรบอทและชิ้นงาน

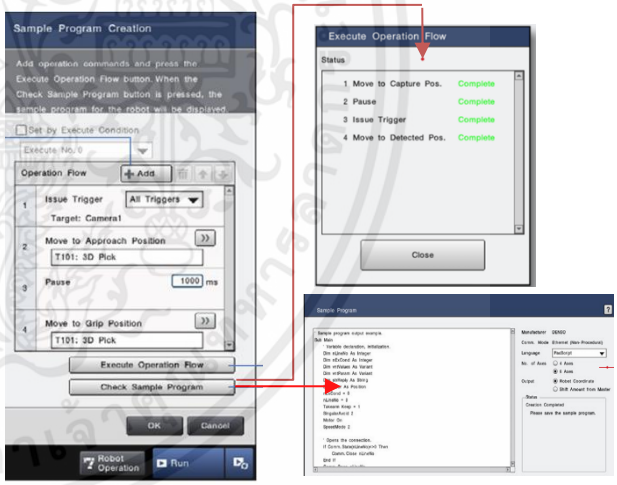


รูปที่ 10 วิธีการเชื่อมต่อการสื่อสาร



รูปที่ 11 หน้าการสั่งงานตำแหน่งของโรบอทผ่านโปรแกรม CV-X Series Terminal Software

ขั้นตอนที่ 6 Calibration ของตำแหน่งโรบอทที่ตรงกับจุดของชิ้นงานที่ต้องทำการขันเช็คเพื่อให้ Vision System Detect และสามารถคำนวนตำแหน่งที่ถูกต้อง จากนั้นจะคำนวนค่า Offset ไปยัง PLC หรือ Calibration และเขียนโปรแกรมโรบอทโดยใช้ฟังก์ชั่น Operation verification เพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนได้ หรือทำการ Calibration และทำการขันเช็คเกลียวของอะไหล่ชิ้นส่วนรถยนต์



รูปที่ 12 คำสั่งฟังก์ชันการใช้งาน Vision system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการศึกษา หาข้อมูลระบบวิชันควบคู่กับเครื่องจักรเช็คเกลียวชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยโรบอทและนำมาเปรียบเทียบกับก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งได้ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลรายละเอียดก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง

ก่อนติดตั้งระบบวิชัน	หลังติดตั้งระบบวิชัน
คุณภาพในการทำงานของเครื่องจักรยังไม่สม่ำเสมอและแม่นยำ และทำให้ส่งผลเสียต่อเครื่องจักรและชิ้นงาน	สามารถควบคุมตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนได้อย่างสม่ำเสมอและแม่นยำ
ยังคงมีการเกิดขึ้นของของเสียขึ้นอยู่	ลดต้นทุนของเสียในระบบ
เกิดข้อผิดพลาดจากการขันเกลียวของชิ้นงานจะทำให้เกิดหยุดการทำงานของเครื่องจักร	ทำลายข้อจำกัดเวลาของเครื่องจักรเมื่อเกิดการทำงานผิดพลาด
ทำให้ลูกค้าเกิดความกังวลในชิ้นงานที่ได้รับว่าจะมีคุณภาพดีพอหรือไม่	เป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้ทางลูกค้าส่งผลให้เกิดภาพลักษณ์ที่ดีของชิ้นงาน
ต้องมีการตรวจสอบจากมนุษย์ซึ่งอาจเกิดการเสียเวลาในการสืบเสาะหาข้อผิดพลาดได้	ช่วยในการซ่อมบำรุงได้ง่ายขึ้นเมื่อเกิดข้อผิดพลาดจากการทำงานของเครื่องจักร

การคิด ROI ของโปรเจคหลังทำการลงทุนเพิ่ม Vision System เข้ามาติดกับเครื่องจักร
โดยที่ Existing Plan นั้นเครื่องจักรมีกำลังผลิตอยู่ที่ 2,000 ชิ้นต่อวัน และ 1 สัปดาห์ทำงานทั้งหมด 6 วัน แต่จะมีการทำงานที่ทำให้เกิดของเสียออกมาคิดเป็น 3% ของกำลังผลิต แต่ Planning ใหม่ของเราคือจะทำการลงทุนเพิ่ม Vision System เพิ่มลงมาติดให้กับเครื่องจักร โดยที่เครื่องจักรมีกำลังผลิต อยู่ที่ 2,000 ชิ้นต่อวัน และ 1 สัปดาห์ทำงานทั้งหมด 6 วัน เหมือนเดิม แต่จะทำให้ไม่เกิดของเสียเลย หรือก็คือของเสียจากการผลิตจะเป็น 0% นั่นเอง และของเสียชิ้นต่อชิ้นมีราคาทุนประมาณชิ้นละ 7.5 บาท

ตาราง 3.2 ตารางแสดงค่าและเงื่อนไขการคิด ROI

	Existing	Planning
กำลังผลิตต่อวัน	2000ชิ้น	2000ชิ้น
กำลังผลิตต่อปีโดยที่เครื่องจักรทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์	2000 ชิ้น * 312วัน =624,000 ชิ้นต่อปี	2000 ชิ้น * 312 วัน = 624,000 ชิ้นต่อปี
ของเสียที่เกิด	คิดเป็น 3% ของ 624,000 ชิ้น = 18,720 ชิ้นต่อปี	0 ชิ้น (จะลดของเสียได้ 18,720 ชิ้นต่อปี)

โดยการคิด ROI เพื่อหาว่าการลงทุนกับ Vision System ในราคา 250,000 บาทนั้น จะใช้ระยะเวลาคืนทุนเท่าไร แสดงวิธีคิดดังนี้

$$ROI = \frac{Investment}{Waste\ Reduce \times Waste\ Price}$$

$$ROI = \frac{250{,}000}{18{,}720 \times 7.5}$$

$$ROI = 1.78$$

โดยหลังจากที่ได้ ROI มาจะนำมาคูณกับจำนวนวันต่อปี 365 วัน ก็จะได้ออกมาดังนี้

ระยะเวลาที่คืนทุน $= 1.78 \times 365\ days$

ระยะเวลาที่คืนทุน $\approx 650\ days$

ดังนั้นระยะเวลาที่คืนทุนของโปรเจคนี้ที่ทำการลงทุนกับ Vision System ในราคา 200,000 จะใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 650 วัน หรือ 1 ปี 9 เดือน กับอีก 20 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อธิบายผลและสรุปผล

จากผลลัพธ์จากทดลองออกแบบปรับปรุงเครื่องจักรเช็คเกลียวด้วยโรบอท โดยใช้วิชั่นซิสเต็มในการพัฒนาเครื่องจักร จะเห็นได้ว่าในเบื้องต้นจะต้องทำการศึกษาข้อมูลเครื่องจักรและวิชั่นซิสเต็มเพื่อให้เข้าใจชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกันกับงาน รวมถึงการ Configuration และการโปรแกรมมิ่งพีแอลซี เช่น การใช้ MSG (Read an ก send) เพื่อให้สามารถสื่อสารระหว่างโรบอทและวิชั่นได้ การเลือกใช้ฟังก์ชันของวิชั่นซิสเต็มในการ Teach รูปให้สามารถวิเคราะห์ตรงตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ เป็นต้น ข้อมูลจากบทความนี้เป็นข้อมูลที่ถูกจำลองและจากหน้างานจริงบางส่วนเพื่อใช้งานเฉพาะกิจ จากแผนการปรับปรุงที่ได้ทำการ ออกแบบนั้น พบว่าสามารถนำไปพัฒนาต่อได้จริง โดยมีรายละเอียดจำนวนเงินที่ต้องลงทุน ประสิทธิภาพกำลังการผลิตของกระบวนการที่เพิ่มขึ้น รวมถึงระยะเวลาการคืนทุนที่สมเหตุสมผล

ผู้จัดทำขอแนะนำว่าผู้ที่สนใจศึกษาวิธีการใช้วิชั่นซิสเต็มร่วมกับโรบอทนั้นต้องศึกษาข้อมูลการเลือกใช้การคืนทุน และชนิดของงานที่ต้องการนำมาปรับใช้ ให้สอดคล้องกันเพื่อให้เกิดประโยชน์และคุณภาพสูงสุง ผู้จัดทำหวังว่าบทความวิจัยนี้จะให้เกิดประโยชน์แก่ผู้สนใจและนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

5. เอกสารอ้างอิง

เว็บไซต์

[1] Vision-Guided Robots, Machine Vision Basics, KEYENCE,KEYENCE,[Online].https://www.keyence.com/ss/products/vision/visionbasics/use/inspection07/. [Accessed: Dec. 16, 2023]

[2] VeriSens Universal Robots, Baumer Singapore, [Online].https://www.baumer.com/sg/en/product-overview/smart-vision/verisens-vision-sensors/verisens-universal-robots/c/42216. [Accessed: Dec. 16, 2023]

[3] วิชันซิสเต็มที่ใช้งานง่าย - CV-X ซีรีส์ (KEYENCE THAILAND),[Online].https://www.keyence.co.th/products/vision/vision-sys/cv-x100/. [Accessed: Jan. 1, 2024]

[4] 3D Vision-Guided Robotics, CV-X Series, Unmatched Detection Performance and Usability, KEYENCE, 2024

[5] CV-X Series Machine Vision System, KEYENCE America,[Online].https://www.keyence.com/landing/cvx_vision.jsp?ad=gayoutube1602additional_info.[Accessed: Jan. 1, 2024]

[6] VS XC900M12X00IP | Vision sensors | Baumer Singapore,[Online].https://www.baumer.com/sg/en/product-overview/smart-vision/verisens-vision-sensors/verisens-universal-robots/free-lens-selection-c-mount-/vs-xc900m12x00ip/p/42275. [Accessed: Jan. 12, 2024]

[7] VeriSens Application Suite ,Baumer Singapore, [Online].https://www.baumer.com/sg/en/product-overview/industrial-cameras-image-processing/software/verisens-application-suite/c/14181.[Accessed: Jan. 12, 2024]

[8] CV-X Series Simulation-Software CV-H1X, User's Manual, KEYENCE, 2024

[9] 3D Vision โซลูชันเสริมความอัจฉริยะให้ Robot เพิ่มศักยภาพให้ภาคการผลิต(ais.co.th), [Online].https://business.ais.co.th/smart-digital-insights/DXContent_5G-3D-vision-for-smart-manufacturing.html.[Accessed: Feb. 12, 2024]

[10] M. Gorkii, "Optimal design," *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, vol. 12, pp. 111–122, 1961. (Transl.: in L. Pontryagin, Ed., *The Mathematical Theory of Optimal Processes*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

New York, NY, USA: Interscience, 1962, ch. 2, sec. 3, pp. 127– 135.

คู่มือ

[11] CV-X Series ActiveX Control, Reference Manual, KEYENCE, 2024.

[12] CV-X series Terminal-Software CV-H1X, User's Manual, KEYENCE, 2024.

[13] CV-X Series Simulation-Software CV-H1X, User's Manual, KEYENCE, 2024.

[14] Intuitive Vision System CV-X Series, Stup Manual (LJ-V Edition), KEYENCE, 2024.

[15] Intuitive Vision System CV-X Series, Stup Manual (Area Camera Edition), KEYENCE, 2024.

[16] Intuitive Vision System CV-X Series, KEYENCE, 2024.

[17] Easy Setup Guide Control/Communication I/O (for CV-X100 Series, CV-X200 Series), KEYENCE, 2024.

[18] Easy Setup Guide Control/Communication PLC-Link (KEYENCE KV Series), KEYENCE, 2024.

[19] Easy Setup Guide Control/Communication PLC-Link (YASKAWA MP Series), KEYENCE, 2024.

[20] Easy Setup Guide Control/Communication PROFINET (SIMATIC S7 Series), KEYENCE, 2024.

[21] Easy Setup GuideControl/Communication EtherNet/IP® (KEYENCE KV Series), KEYENCE, 2024.

[22] Easy Setup Guide Control/Communication EtherNet/IP® (Control Logix Series), KEYENCE, 2024.

[23] Easy Setup Guide RS-232C non-procedural communication, KEYENCE, 2024.

วิทยานิพนธ์

[24] Phansak Nerakae, DESIGN OF PICK AND PLACE ROBOT WITH MACHINE VISION SYSTEM, Degree of Master of Engineering in Manufacturing Engineering, Suranaree University of Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้