

## ระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติด้วยระบบ IOT AUTOMATIC CONVEYING AND SORTING SYSTEM USING IOT

ภูมิพัฒน์ กำคำ, เสกสรรค์ สุขชัยพร\*, ชัชวาล มงคล

Phumiphat Kakham, Seksan Suchaipron\*, Chatchawarn Mongkon

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย 24000

Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Muang, Chachoengsao, Thailand, 24000

\*Corresponding author e-mail: seksan.suc@rru.ac.th

วันที่เข้ารับ 21 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่แก้ไขบทความ 4 มีนาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 4 มีนาคม 2567

### บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการผลิตอัตโนมัติมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรม 4.0 ในด้านการเพิ่มผลผลิตภาพ ความยืดหยุ่น ความแม่นยำ และลดต้นทุนโดยเฉพาะกระบวนการทำงานซ้ำ เช่น การจัดเรียงสินค้า มีแนวโน้มที่จะนำแขนกลมาทำงานแทนพนักงาน ปัจจุบันยังมีการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระดับอุตสาหกรรมร่วมกับระบบอัตโนมัติ ซึ่งช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจสอบ ควบคุม และรวบรวมข้อมูลระบบการผลิต วัตถุประสงค์ของบทความนี้คือการบูรณาการระบบลำเลียงและจัดเรียง ชิ้นงานอัตโนมัติที่ประกอบด้วยกลไกป้อนชิ้นงาน สายพานลำเลียง แขนกล ระบบอินเทอร์เน็ตของ สรรพสิ่งระดับอุตสาหกรรม และพีแอลซี ซึ่งเป็นการผสมผสานใช้งานแขนกลและอุปกรณ์ควบคุม ระดับอุตสาหกรรมกับกลไกป้อนชิ้นงานที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาδυโนเป็นสมองกลฝังตัว ผลการ ทดสอบระบบประสานการทำงานระหว่างชุดกลไกป้อนชิ้นงานและสายพานลำเลียงกับแขนกลจัดเรียง ชิ้นงานทรงกระบอกบนพาเลทจำนวน 6 ชั้น วางเรียงกันจำนวน 3 แถว ผ่านการสั่งงานระบบผ่าน สวิตช์ปุ่มกดและส่วนประสานงานผู้ใช้บนระบบบนคลาวด์สกาตา พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ ออกแบบไว้ด้วยรอบเวลาของกระบวนการเฉลี่ยเท่ากับ 116 วินาที และลดลงเหลือ 98 วินาที โดยค่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่มากที่สุดจากการวางชิ้นงานอยู่ที่ 0.1 มิลลิเมตร ทั้งในแนวแกนนอน (แกน x) และในแนวแกนตั้ง (แกน y) เมื่อปรับความเร็วของแขนกลจากร้อยละ 25 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50

**คำสำคัญ:** ระบบอัตโนมัติ, ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งระดับอุตสาหกรรม, แขนกล,

การจัดวางบนพาเลท

### Abstract

Automated manufacturing technology assumes a pivotal role within the framework of Industry 4.0, enhancing productivity, adaptability, precision, and cost-efficiency. Particularly notable is its application in streamlining repetitive tasks such as product sorting, where robotic arms increasingly substitute human labor. Simultaneously, the integration of industrial Internet of Things (IIoT) systems with automation enhances monitoring, control, and data aggregation capacities within production environments. This article aims to integrate an automated workpiece conveying and sorting system with a workpiece feeding mechanism, employing conveyor belts, robotic arms, IIoT systems, and Programmable Logic Controllers (PLCs). It integrates the utilization of the robot arm and industrial-grade control apparatus with a workpiece feeding mechanism driven by an embedded Arduino microcontroller. The evaluation of the synchronization system between the workpiece feeding mechanism, conveyor belt, and robot arm for organizing six cylindrical workpieces onto a pallet, positioned in three rows, was conducted by activating the system via a push-button switch and a cloud-based SCADA system. It was determined that the system functioned as intended, achieving an average process cycle time reduction from 116 seconds to 98 seconds, and the average maximum position error in the x and y axes when placing the object was 0.1 mm, with the robot arm speed increased from 25 percent to 50 percent.

**Keywords:** Automation, IIoT, Robot arm, Palletizing

### 1. บทนำ

นวัตกรรมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มผลิตภาพ ความยืดหยุ่น ความแม่นยำ ลดต้นทุน และยังสามารถทำงานแทนมนุษย์รวมถึงสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายได้เป็นอย่างดี (Kumar *et al.*, 2015) แขนกลหุ่นยนต์นั้นมีการใช้งานอย่างมากในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตและการประกอบชิ้นส่วน ช่วยเพิ่มกำลังการผลิต ลดกำลังแรงงาน และทำงานซ้ำๆ รวมถึงงานหยิบจับ (Pick and place) เพื่อลดอาการเมื่อยล้าของการทำงาน สามารถทำงานได้หลากหลายและแก้ไขการทำงานของหุ่นยนต์ได้เพื่อช่วยเหลือการทำงานในสภาพแวดล้อมต่างๆ ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตและประกอบมากมาย ได้มีการรวมการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์อุตสาหกรรมและไลน์การผลิตเพื่อช่วยลดภาระงานและเพิ่มประสิทธิภาพ

การผลิต โดยเฉพาะความสามารถในการตรวจสอบและสั่งงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Shukla & Karki, 2016; Kim *et al.*, 2014; Almurib *et al.*, 2012; Low *et al.*, 2019)

ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งระดับอุตสาหกรรม (Industrial internet of thing หรือ IIoT) ถูกพัฒนาต่อยอดจากระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งซึ่งเสนอกรอบแนวคิดในการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าด้วยกันตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 20 โรงงานอุตสาหกรรมเริ่มใช้ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานต่างๆ เช่น การตรวจสอบ การควบคุม และการรวบรวมข้อมูล ในช่วงปี ค.ศ. 1970-1980 ระบบ SCADA (Supervisory control and data acquisition) ถูกนำมาใช้ทำให้อุตสาหกรรมต่างๆ สามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมจากระยะไกลได้ โดยมีความสามารถในการรวบรวมและควบคุมข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นจุดเด่นของ IIoT ต่อมาพัฒนาการของเซนเซอร์อัจฉริยะ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ก่อเกิดแนวคิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 หรืออุตสาหกรรม 4.0 ในช่วงต้นปี 2010 โดยการบูรณาการ IoT การประมวลผลแบบคลาวด์ ปัญญาประดิษฐ์ และเทคโนโลยีดิจิทัลอื่นๆ เข้ากับกระบวนการทางอุตสาหกรรม อุตสาหกรรม 4.0 ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม อีกทั้งการควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ผ่านระบบ IIoT ยังสามารถทำให้การทำงานเป็นไปอย่างราบรื่นและรวดเร็ว รวมถึงมุ่งหวังที่จะสร้าง "โรงงานอัจฉริยะ" ที่เพิ่มผลิตภาพ ความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพความสามารถในการแข่งขันที่มุ่งเน้นในด้านต้นทุน (Ahmed *et al.*, 2023; Atashzar *et al.*, 2021)

การพัฒนาแพลตฟอร์มและมาตรฐาน IIoT (ปี 2010-ปัจจุบัน) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนการนำไปใช้และการทำงานร่วมกันในสภาพแวดล้อมทางอุตสาหกรรม บริษัทต่างๆ ได้พัฒนาแพลตฟอร์ม IIoT เฉพาะทางที่ปรับให้เหมาะสมกับความต้องการของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยจัดหาเครื่องมือสำหรับการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และการเชื่อมต่อ ผ่านการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกหลายอุปกรณ์สำหรับการอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่สามารถต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ IIoT มีผลกระทบเชิงเปลี่ยนแปลงต่อการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ช่วยให้สามารถบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ การติดตามทรัพย์สิน การจัดกำลังงาน การเพิ่มประสิทธิภาพห่วงโซ่อุปทานและติดตามการทำงานเพื่อตรวจสอบถึงระบบความปลอดภัยได้ตลอดเวลา เช่น ตรวจสอบการรั่วไหลของสารเคมี การตรวจติดตามและการควบคุมการทำงานเป็นกระบวนการสำคัญสำหรับโรงงานอัจฉริยะเพื่อเป็นการยืนยันว่าอุปกรณ์ยังคงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการเชื่อมต่อเครื่องจักร อุปกรณ์ และกระบวนการ IIoT ช่วยให้อุตสาหกรรมปรับปรุงประสิทธิภาพ ลดการหยุดทำงาน และเพิ่มผลกำไร (Suresh *et al.*, 2014; Yaseen *et al.*, 2017; Hanggara *et al.*, 2017; Carino *et al.*, 2016)

การเพิ่มผลิตภาพและลดต้นทุนในกระบวนการจัดเรียงสินค้าซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำซ้ำๆ โดยการแทนที่พนักงานด้วยหุ่นยนต์เป็นวิธีการที่ใช้ในอุตสาหกรรม (Malaikaew & Jaojaruek, 2020;

Yang *et al.*, 2022; Chiba *et al.*, 2016) รวมไปถึงการนำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาบูรณาการทำงานร่วมกับแขนกลหุ่นยนต์และระบบควบคุมการทำงาน (Controller) เป็นการลดเวลาการทำงาน ลดความคลาดเคลื่อนและความเมื่อยล้าจากการทำงานซ้ำๆ

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

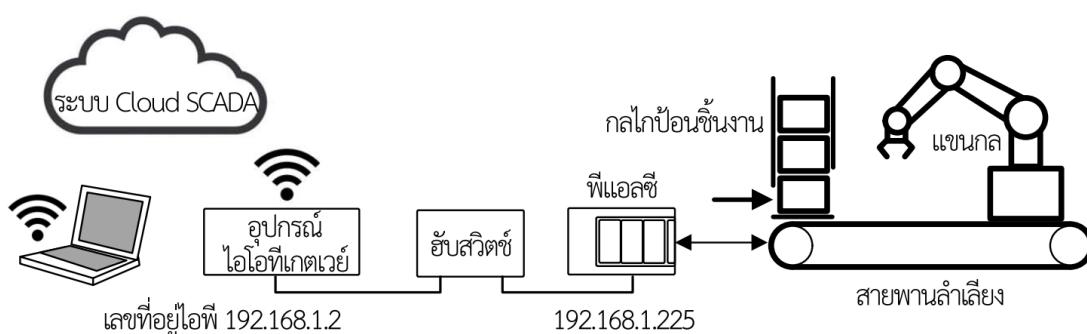
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ บูรณาการระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงาน ด้วยระบบกลไกการป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ ร่วมกับแขนกลหุ่นยนต์ ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรืออุปกรณ์ไอโอทีเกตเวย์ (IIoT) และเครื่องควบคุมเชิงตรรกะ (PLC)

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งการควบคุมออกเป็น ควบคุมแขนกลหุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้หยิบจับและวางวัตถุตามตำแหน่งที่กำหนด (Pick and place) โดยวัตถุมีรูปร่างกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร และการควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียง (Conveyer belt) เพื่อลำเลียงวัตถุมายังตำแหน่งที่ให้แขนกลหุ่นยนต์หยิบจับ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ Arm robot ABB IRB120 สั่งงานโดยใช้ PLC ยี่ห้อ Mitsubishi FX5U-64M ส่งคำสั่งไปยัง cloud โดย Wecon รุ่น V-Box H-WF

### 3.1 กระบวนการทำงานของระบบ

ระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติ ประกอบด้วย พีแอลซีที่ทำหน้าที่ประสานการทำงานของกลไกป้อนชิ้นงาน สายพานลำเลียงและแขนกล โดยมีอุปกรณ์ไอโอทีเกตเวย์ทำหน้าที่ประสานงานกับผู้ใช้ระบบผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ชิ้นงานจะถูกป้อนไปยังสายพานลำเลียงด้วยกลไกป้อนชิ้นงานและแขนกลจัดเรียงชิ้นงานในตำแหน่งที่กำหนด การสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์ไอโอทีเกตเวย์ทางพอร์ตอีเทอร์เน็ต (Ethernet) โดยกำหนดค่าไอพีของอุปกรณ์ให้อยู่ในวงแลน (Lan) เดียวกัน และใช้ฮับสวิตช์เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังสื่อสารข้อมูลของระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติ

### 3.2 แขนกล

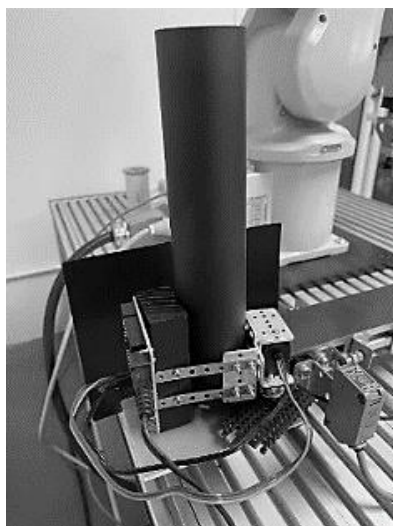
แขนกลแบบ 6 แกน พร้อมอุปกรณ์จับชิ้นงานเป็นแบบสุญญากาศถูกนำมาใช้บูรณาการระบบเพื่อจัดเรียงชิ้นงาน โปรแกรมการทำงานแขนกลด้วยการสอน (Teach) ผ่านแผงควบคุมการทำงาน (Flex pendant) ระบบสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของแขนกลมีแรงดันไฟฟ้า 0 โวลต์ และ 24 โวลต์ แทนสถานะบูลีนเท็จและจริงตามลำดับสำหรับเชื่อมโยงสัญญาณควบคุมกับพีแอลซี

แขนกลแกนที่ 1 ถึงแกนที่ 3 มีความเร็ว (Velocity) 250 องศาต่อวินาที แกนที่ 4 และแกนที่ 5 มีความเร็ว 320 องศาต่อวินาที และแกนที่ 6 มีความเร็ว 420 องศาต่อวินาที

### 3.3 กลไกป้อนชิ้นงานและสายพานลำเลียง

กลไกป้อนชิ้นงานมีลักษณะเป็นแมกกาซีนสำหรับใส่ชิ้นงานรูปทรงกระบอกขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ความสูง 25 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2 ประกอบขึ้นจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน ยูโน อาร์ 3 (Arduino Uno R3) เป็นสมองกลฝังตัวรับคำสั่งสถานะบูลีนจากพีแอลซี เพื่อควบคุมกลไกการป้อนชิ้นงานด้วยแรงทางกลจากมอเตอร์อาร์ซีเซอร์โว (RC servo) โดยมีเงื่อนไขการทำงานของใบกวาดชิ้นงาน คือ ดันชิ้นงานออกจากแมกกาซีน และกลับตำแหน่งเริ่มต้น เมื่อได้รับสถานะบูลีนเป็นจริงและเท็จ ตามลำดับ

สายพานลำเลียงมีความกว้าง 60 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร และความสูง 30 มิลลิเมตร ระบายบนของสายพานลำเลียงอยู่สูงจากพื้นโต๊ะ 75 มิลลิเมตร ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ระยะในการเคลื่อนที่ 2 เมตรต่อนาที



ภาพที่ 2 กลไกป้อนชิ้นงาน

### 3.4 โปรแกรมพีแอลซี

การลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมหลัก โดยใช้อินพุตจำนวน 8 จุด คือ X0, X1, X5, X6, X7, X10, X11 และ X20 เอาต์พุตจำนวน 4 จุด คือ Y10, Y14, Y15 และ Y20 รีจิสเตอร์ข้อมูล (D10) จำนวน 1 ตัว รีเลย์พิเศษภายใน (SM400) จำนวน 1 ตัว และรีเลย์ภายใน จำนวน 3 ตัว คือ M1, M2 และ M3 ดังตารางที่ 1 โปรแกรมการทำงานของระบบแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ

โหมดแมนนวล (Manual) เป็นการเปิดและปิดการทำงานของกลไกป้อนชิ้นงาน และสายพานลำเลียงโดยไม่ใช้เซนเซอร์ ออกแบบไว้สำหรับทดสอบกลไกการทำงานของระบบเบื้องต้น

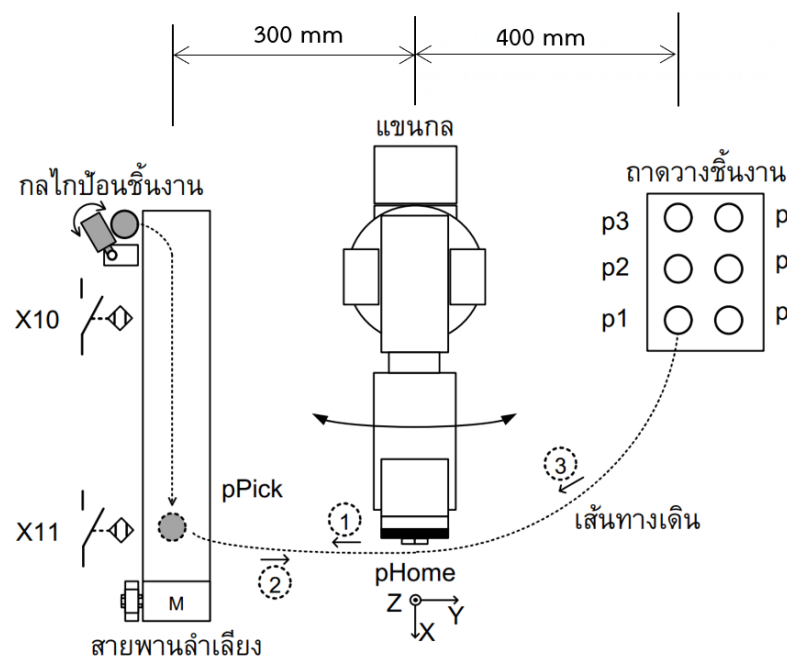
โหมดอัตโนมัติ (Auto) เริ่มทำงานเมื่อกดสวิตช์ X1 จะทำให้เอาต์พุตรีเลย์ Y10 ต่อบังคับสายพานลำเลียงให้ทำงาน และเอาต์พุตรีเลย์ Y20 ต่อบังคับไฟฟ้าให้ใบกวาดชิ้นงานของกลไกป้อนชิ้นงานดันชิ้นงานออก และเมื่อชิ้นงานผ่านสวิตช์แสง X10 แล้วใบกวาดชิ้นงานของกลไกป้อนชิ้นงานกลับตำแหน่งเริ่มต้น ถ้าชิ้นงานถูกลำเลียงวิ่งผ่านสวิตช์แสง X11 ตรวจจับได้แล้วสายพานลำเลียงจะหยุด เอาต์พุตรีเลย์ Y14 จะส่งสัญญาณเพื่อเริ่มการทำงานหุ่นยนต์ และเอาต์พุตรีเลย์ Y15 ส่งสัญญาณเคลียร์ค่ารีจิสเตอร์ (reg1) ในตัวควบคุมแขนกลที่ใช้รับจำนวนชิ้นงาน หุ่นยนต์จะจัดเรียงชิ้นงานจำนวน 6 ชิ้น ขณะที่วางแต่ละชิ้นเรียบร้อยแล้ว หุ่นยนต์จะส่งสัญญาณไปยังอินพุตรีเลย์ X20 เพื่อสั่งกลไกป้อนชิ้นงานขึ้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 6 เมื่อต้องการลำเลียงชิ้นงานชุดต่อไปให้กดสวิตช์ X1 เพื่อเริ่มการทำงานใหม่ และกดสวิตช์ X0 เพื่อหยุดการทำงานได้แต่จะต้องรีเซ็ตระบบใหม่ เช่น นำชิ้นงานออกจากถาดวาง และสายพานลำเลียงทุกครั้ง

### 3.5 โปรแกรมแขนกล

แขนกลถูกโปรแกรมทำงานแบบหยิบและวาง (Pick and place) โดยจัดเรียงชิ้นงานบนถาดที่เตรียมไว้ แขนกลจะอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น (Home position) เมื่อได้รับสัญญาณที่เกิดจากสวิตช์แสง (X11) ตรวจจับชิ้นงานได้ อุปกรณ์จับชิ้นงานเป็นแบบสุญญากาศที่ปลายแขนกล ซึ่งจะเคลื่อนที่ตามเส้นทาง (1) เพื่อไปดูดจับชิ้นงานแล้วเคลื่อนกลับตามเส้นทาง (2) แล้วนำไปวางบนถาดแต่ละตำแหน่ง (p1 ถึง p6) แล้วเคลื่อนกลับตามเส้นทางเดิม (3) เพื่อมารอ ณ ตำแหน่งเริ่มต้น ดังภาพที่ 3 พิกัดตำแหน่งปลายอุปกรณ์จับชิ้นงานแบบสุญญากาศแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 อุปกรณ์พีแอลซีและรีจิสเตอร์สำหรับระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติ

| อุปกรณ์ | ฟังก์ชันการทำงาน                                   |
|---------|----------------------------------------------------|
| X0      | อินพุต: หยุดการทำงานอัตโนมัติ (Auto)               |
| X1      | อินพุต: เริ่มการทำงานอัตโนมัติ (Auto)              |
| X5      | อินพุต: ป้อนชิ้นงานโหมดแมนนวล (Manual)             |
| X6      | อินพุต: สับเปลี่ยนสายพานลำเลียงโหมดแมนนวล (Manual) |
| X7      | อินพุต: สวิตช์เลือกโหมดอัตโนมัติ/แมนนวล            |
| X10     | อินพุต: สวิตช์แสงตรวจจับชิ้นงานเข้า                |
| X11     | อินพุต: สวิตช์แสงตรวจนับจับชิ้นงานออก              |
| X20     | อินพุต: แชนกัลสั่งป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ (Auto)      |
| Y10     | เอาต์พุต: ควบคุมสายพานลำเลียง                      |
| Y14     | เอาต์พุต: สั่งแชนกัลจัดเรียงชิ้นงาน                |
| Y15     | เอาต์พุต: เคลียร์ค่ารีจิสเตอร์ reg1                |
|         | ที่ใช้นับจำนวนชิ้นงาน (ในโปรแกรมแชนกัล)            |
| Y20     | เอาต์พุต: ควบคุมการป้อนชิ้นงาน                     |
| D10     | เก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงาน                             |
| SM400   | แสดงสถานะการทำงานบน Cloud SCADA                    |
| M1      | เก็บสถานะบูตของโหมดอัตโนมัติ/แมนนวล                |
| M2      | เริ่มการทำงานและป้อนชิ้นงานครั้งแรก                |
| M3      | แสดงสถานะการทำงานของแชนกัล                         |
|         | บน Cloud SCADA                                     |



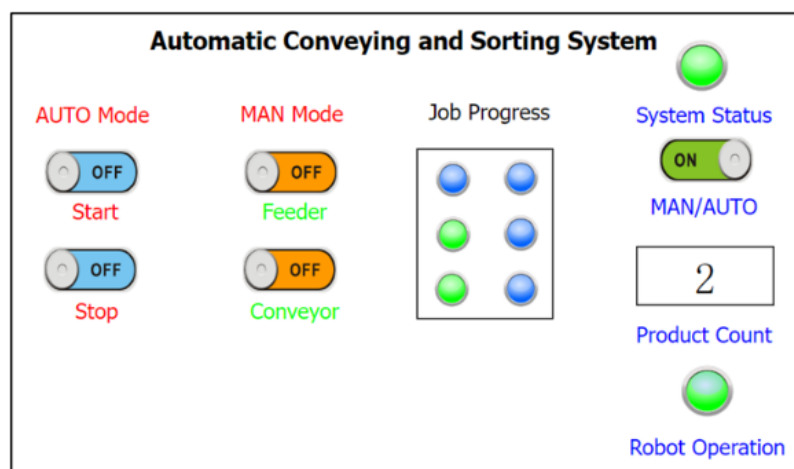
ภาพที่ 3 เส้นทางลำเลียงชิ้นงาน

ตารางที่ 2 พิกัดตำแหน่งปลายของอุปกรณ์จับชิ้นงานแบบสุญญากาศ

| ตำแหน่ง     | พิกัด [X,Y,Z]             |
|-------------|---------------------------|
| pHome       | [248.00, 0, 215.00]       |
| pPick(up)   | [214.82, -328.52, 215.00] |
| pPick(down) | [214.82, -328.52, 184.00] |
| p1(up)      | [25.00, 389.00, 215.00]   |
| p1(pick)    | [25.00, 389.00, 131.00]   |
| p2(up)      | [-25.00, 389.00, 215.00]  |
| p2(pick)    | [-25.00, 389.00, 131.00]  |
| p3(up)      | [-75.00, 389.00, 215.00]  |
| p3(pick)    | [-75.00, 389.00, 131.00]  |
| p4(up)      | [25.00, 439.00, 215.00]   |
| p4(pick)    | [25.00, 439.00, 131.00]   |
| p5(up)      | [-25.00, 439.00, 215.00]  |
| p5(pick)    | [-25.00, 439.00, 131.00]  |
| p6(up)      | [-75.00, 439.00, 215.00]  |
| p6(pick)    | [-75.00, 439.00, 131.00]  |

## 3.6 ส่วนประสานงานผู้ใช้ระบบ Cloud SCADA

ส่วนประสานงานผู้ใช้ระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติบน Cloud SCADA แบ่งออกเป็น 4 คอลัมน์ตามลำดับ คือ ปุ่มสวิตช์ควบคุมโหมดอัตโนมัติ (Auto mode) ปุ่มสวิตช์ควบคุมโหมดแมนนวล (Manual mode) ส่วนแสดงสถานะของงานที่จัดเรียง (Job progress) และ ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบ รายละเอียดการจัดวางส่วนประสานงานผู้ใช้แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ส่วนประสานงานผู้ใช้ระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติบน Cloud SCADA



การเชื่อมโยงเพื่อประสานงานและข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับส่วนประสานงานผู้ใช้งาน Cloud SCADA แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุปกรณ์พีแอลซีและรีจิสเตอร์กับส่วนประสานงานผู้ใช้งาน Cloud SCADA

| อุปกรณ์พีแอลซี | ส่วนประสานงานผู้ใช้งาน Cloud SCADA           |
|----------------|----------------------------------------------|
| X0             | Stop: หยุดการทำงาน (Auto)                    |
| X1             | Start: เริ่มการทำงาน (Auto)                  |
| X5             | Feeder: ป้อนชิ้นงาน (Manual)                 |
| X6             | Conveyor: สั่งการทำงานสายพานลำเลียง (Manual) |
| X7             | MAN/AUTO: สวิตช์เลือกโหมด Manual หรือ Auto   |
| D10            | Product Count: เก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงาน        |
| SM400          | System Status: แสดงสถานะของระบบ              |
| M3             | Robot Operation: แสดงสถานะของแขนกล           |
| HAX1-HAX6      | Job Progress: แสดงสถานะชิ้นงานที่จัดเรียง    |

การแสดงผลสถานะของงานที่จัดเรียง (Job progress) บน Cloud SCADA ใช้รีจิสเตอร์ภายในอุปกรณ์ไอโอทีเกตเวย์ HAX1 ถึง HAX6 โดยมีการเพิ่ม กลุ่ม และ Tag จำนวน 6 Tag โดยเขียนชุดคำสั่ง Lua script เพื่อตรวจสอบจำนวนชิ้นงานในรีจิสเตอร์ข้อมูล D10 ในพีแอลซีที่มีค่า 1 ถึง 6 และกำหนดให้รีจิสเตอร์ภายในอุปกรณ์ไอโอทีเกตเวย์ HAX1 ถึง HAX6 มีสถานะบูลีนเป็นจริง ซึ่งจะเปลี่ยนสีของปุ่มบน Cloud SCADA จากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวสำหรับแสดงสถานะของงานที่จัดเรียงเรียบร้อยแล้ว

### 3.7 วิธีการทดสอบระบบ

การทดสอบระบบแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ การทำงานของระบบตามเงื่อนไขหรือลำดับงาน และการทดสอบหาความผิดพลาดของตำแหน่งรอจัดเรียงชิ้นงาน (pPick) บนสายพานลำเลียงชิ้นงาน ชิ้นงานทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร สูง 25 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 2 สี คือ สีเหลือง และสีบรอนซ์ ซึ่งมีค่าสี RGB (240, 179, 0) และ (193, 191, 178) ตามลำดับ ทดสอบวางชิ้นงานจำนวน 6 ชิ้น โดยเทียบกับพิกัดตำแหน่งของแขนกลในแนวแกน x จำนวน 3 แกว และแนวแกน y จำนวน 2 แกว กำหนดช่องว่างระหว่างชิ้นงาน 10 มิลลิเมตร และทดสอบหาคycle time ของกระบวนการจัดเรียง (Cycle time) และค่าความคลาดเคลื่อนจากการวางชิ้นงานด้วยความเร็วการทำงานของแขนกลร้อยละ 25 และร้อยละ 50 จากข้อจำกัดด้านการติดตั้งและการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์

#### 4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น สามารถส่งงานแบบแมนนวลและอัตโนมัติด้วยสวิตช์ปุ่มกดและสั่งงานบนระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งของ V-net access ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการ IOS ผลการทดสอบพบว่าระบบลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ กล่าวคือกลไกป้อนชิ้นงานสามารถปล่อยชิ้นงานครั้งละชิ้นเพื่อลำเลียงบนสายพานลำเลียง เมื่อถึงตำแหน่ง pPick แล้วแขนกลจับและจัดเรียงชิ้นงานในตำแหน่ง p1 ถึง p6 แล้วจึงหยุดรอที่ตำแหน่ง pHome ตำแหน่งการจัดเรียงดังภาพที่ 3

การบูรณาการระบบอัตโนมัติด้วยอุปกรณ์หลากหลายแพลตฟอร์ม ประกอบด้วยส่วนอุปกรณ์ (Hardware) และส่วนโปรแกรม (Software) สามารถประสานการทำงานผ่านสถานะบูลีนได้เป็นอย่างดี แม้ว่าพีแอลซี กลไกป้อนชิ้นงานที่อาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยุโน่ แขนกล และอุปกรณ์ไอโอทีเกตเวย์จะมีระบบปฏิบัติการ โปรแกรมและชุดคำสั่งที่มีความสัมพันธ์ (Syntax) ที่แตกต่างกัน

การทดสอบระยะความผิดพลาดของตำแหน่งรจัดเรียงชิ้นงาน (pPick) บนสายพานลำเลียงชิ้นงานพบว่าสวิตช์แสงตรวจนับชิ้นงานขาออกสามารถตรวจจับชิ้นงานทั้งสองสีได้ เมื่อเปรียบเทียบความไวของการตรวจจับพบว่าสวิตช์แสงตรวจจับชิ้นงานสีเหลืองได้ก่อนชิ้นงานสีบรอนซ์เป็นระยะทางต่างกันเฉลี่ย 5.9 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์หยุดชิ้นงาน เพื่อคงตำแหน่งรจัดเรียงชิ้นงานทั้งสองสีไว้ โดยใช้ตำแหน่งหยุดของชิ้นงานสีเหลืองเป็นหลัก คือ พิกัด [214.82, -328.52] เมื่อเทียบกับตำแหน่ง  $[X=0, Y=0]$  ของแขนกล ทำให้แขนกลสามารถเรียงชิ้นงานทั้ง 6 ชิ้นในพิกัดตำแหน่งที่ออกแบบโปรแกรมแขนกลไว้ ในส่วนของตำแหน่งการวางชิ้นงานได้ทำการจัดเรียงชิ้นงานที่ความเร็วของแขนกลที่ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 จากจำนวนการทดสอบ 5 ครั้งพบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่มากที่สุดจากการเปรียบเทียบความเร็วของแขนกลในการวางตำแหน่งชิ้นงานตามแนวแกน x อยู่ที่ 0.1 มิลลิเมตร ในการวางเรียงชิ้นงาน p6 และตามแนวแกน y อยู่ที่ 0.1 มิลลิเมตร ในการวางเรียงชิ้นงาน p5 ดังตารางที่ 4 โดยสาเหตุของความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากตำแหน่งการหยุดของชิ้นงานก่อนที่แขนกลหุ่นยนต์จะทำการหยิบจับ

รอบเวลาของกระบวนการจัดเรียงชิ้นงานทั้ง 6 ชิ้น เริ่มตั้งแต่กดปุ่มสั่งเริ่มการทำงาน ลำเลียงและจัดเรียงชิ้นงานครบทั้ง 6 ชิ้น จนกระทั่งแขนกลเคลื่อนเข้ามาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น กำหนดให้ความเร็วการทำงานของแขนกลเป็นร้อยละ 25 และร้อยละ 50 จากจำนวนการทดสอบ 5 ครั้งได้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 116 วินาที และ 98 วินาที ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดรอบเวลาของกระบวนการได้ 18 วินาที ดังตารางที่ 5

ในอนาคตคณะผู้วิจัยมีความสนใจศึกษา วิเคราะห์และดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบตามหลักการของระบบการผลิตอัตโนมัติแบบลีน (Lean automation) หรือ ศึกษาการตรวจจับ

รูปทรงชิ้นงานสำหรับกระบวนการคัดแยกหรือจัดเรียงชิ้นงานให้ได้ตามเงื่อนไขหรือความต้องการที่มีต่อระบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบการตรวจสอบด้วยกล้อง (Vision system)

**ตารางที่ 4** ตำแหน่งการวางชิ้นงานเฉลี่ยเมื่อปรับความเร็วของแขนกลที่ร้อยละ 25 และ ร้อยละ 50

| ความเร็ว<br>แขนกล | ตำแหน่งเฉลี่ยในการวางชิ้นงานตามแนวแกน x และแกน y |               |               |           |              |              |
|-------------------|--------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|--------------|--------------|
|                   | p1 (x, y)                                        | p2 (x, y)     | p3 (x, y)     | p4 (x, y) | p5 (x, y)    | p6 (x, y)    |
| 25 %              | (0, 0)                                           | (-0.25, 49.4) | (-0.2, 99.2)  | (49.4, 0) | (49.6, 49.7) | (49.6, 99.1) |
| 50 %              | (0, 0)                                           | (-0.25, 49.4) | (-0.15, 99.2) | (49.4, 0) | (49.6, 49.6) | (49.5, 99.1) |

**ตารางที่ 5** รอบเวลาของกระบวนการจัดเรียง

| ครั้งที่            | เวลาของกระบวนการจัดเรียง (วินาที) |                        |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------|
|                     | ความเร็วแขนกลร้อยละ 25            | ความเร็วแขนกลร้อยละ 50 |
| 1                   | 116.04                            | 98.01                  |
| 2                   | 116.08                            | 97.91                  |
| 3                   | 116.18                            | 98.08                  |
| 4                   | 116.11                            | 98.04                  |
| 5                   | 116.15                            | 97.06                  |
| เวลาเฉลี่ย (วินาที) | 116.11                            | 98.02                  |

## 5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

## 6. เอกสารอ้างอิง

Ahmed, S.F., Alam, Md.S.B., Hoque, M., Lameesa, A., Afrin, S., Farah, T., Kabir, M., Shafiullah, G.M., & Mueen, S.M. (2023). Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. **Computers and Electrical Engineering**, 110, 108847.

- Almurib, H.A., Al-Qrimli, H.F., & Kumar, N. (2012, January). **A review of application industrial robotic design**. In 2011 Ninth International Conference on ICT and Knowledge Engineering, Bangkok, Thailand.
- Atashzar, S.F., Carriere, J., & Tavakoli, M. (2021). How can intelligent robots and smart mechatronic modules facilitate remote assessment, assistance, and rehabilitation for isolated adults with neuro-musculoskeletal conditions?. **Frontiers in Robotics and AI**, 8, 610529.
- Carino, J.A., Delgado-Prieto, M., Zurita, D., Millan, M., Redondo, J.A. O., & Romero-Troncoso, R. (2016). Enhanced industrial machinery condition monitoring methodology based on novelty detection and multi-modal analysis. **IEEE access**, 4, 7594-7604.
- Chiba, R., Arai, T., Ueyama, T., Ogata, T., & Ota, J. (2016). **Working Environment Design for Effective Palletizing with a 6-DOF Manipulator**. International Journal of Advance Robotic Systems. Doi: 10.5772/62345
- Hanggara, P.O., Syailin, M., Paradisa, P.F., Arifin, M.Z., Sarena, S.T., Syaiin, M., & Soeprijanto, A. (2017, October). **Prototype control and monitoring system safety device from leakage ammonia at marine loading arm with comparison of Neural Network (NN) and Extreme Learning Machine (ELM) method**. In 2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), Yogyakarta, Indonesia.
- Kim, S.H., Shin, Y.J., Kim, K.S., & Kim, S. (2014). Design and control of robot manipulator with a distributed actuation mechanism. **Mechatronics**, 24(8), 1223-1230.
- Kumar, A., Mishra, A., Makula, P., Karan, K., & Mittal, V. K. (2015, May). **Smart robotic assistant**. In 2015 IEEE Region 10 Symposium, Ahmedabad, India.
- Low, Z.H., Ishak, M.H.I., & Idris, N.H. (2019). Robotic Arm Control using Internet of Things (IoT). **ELEKTRIKA-Journal of Electrical Engineering**, 18(3-2), 51-55.
- Malaikaew, A., & Jaojaruek, K. (2020). Palletizing Robot Application in the Corrugated Box Industry. **Applied Science and Engineering Progress**, 13(4), 346-353.
- Shukla, A., & Karki, H. (2016). Application of robotics in onshore oil and gas industry - A review Part I. **Robotics and Autonomous Systems**, 75, 490-507.

- Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V., & Aswathy, R. H. (2014, November). **A state-of-the-art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment.** In 2014 International conference on science engineering and management research (ICSEMR), Chennai, India.
- Yang, Y., Zhang, L., Qiang, L., Wang, J., Zhang, Y., & Yang, X. (2022, August). **Research on Palletizing Robot System of Multi-axis Synchronous Control Technology.** MATEC Web of Conferences 363, Wuhan, China.  
Doi: <https://doi.org/10.1051/matecconf/202236301006>.
- Yaseen, M., Swathi, D., & Kumar, T. A. (2017, October). **IoT based condition monitoring of generators and predictive maintenance.** In 2017 2nd international conference on communication and electronics systems (ICCES), Coimbatore, India.