

ระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี Automatic package delivery system controlled by PLC

ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล^{1*} และ บุญศร โนนศรี²

¹ สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

² การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุดรธานี 41000

*Corresponding Author: tanawat.ca@rmuti.ac.th, 097-3062942

Received 26 February 2024; Received in revised form 30 May 2024; Accepted 25 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างต้นแบบระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์โดยนำบาร์โค้ดหรือรหัสแท่งมาประยุกต์ในการใช้งานร่วมกับระบบควบคุม ตัวเครื่องมีชั้นวางพัสดุนาขนาด 300 x 900 x 900 มิลลิเมตร และมีช่องเก็บพัสดุทั้งหมดจำนวน 12 ช่อง ระบบขับเคลื่อนจะใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์จำนวน 5 ตัว ในการขับเคลื่อนสายพานในแต่ละแกนสำหรับขนส่งพัสดุที่จะจัดเก็บไว้บนชั้นวางแต่ละชั้น มอเตอร์ไฟฟ้าเกียร์ใช้ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงของระบบลำเลียง ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ เป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า สายพานสามารถรองรับน้ำหนักพัสดุได้ไม่เกิน 400 กรัม เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายไปรับและส่งพัสดุจะอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนด การทดลองเวลา จากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บแต่ละช่อง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 0.25 นาที การทดลองจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุเพื่อนำพัสดุออกแต่ละช่อง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 0.20 นาที และเวลาเฉลี่ยกระบวนการในระบบ พบว่าในแต่ละช่อง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 0.28 นาที ตามลำดับ งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาใช้งานจริงและเป็นชุดสาธิตในการเรียนการสอนได้ เครื่องต้นแบบนี้มีต้นทุนการผลิตต่อเครื่อง 38,500 บาท และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อเครื่อง

คำสำคัญ : ตัวควบคุมลอจิกที่ตั้งโปรแกรมได้ บาร์โค้ด สเต็ปเปอร์มอเตอร์ สายพานลำเลียง ระบบอัตโนมัติ

Abstract

This research aims to design and create a prototype of an automatic parcel delivery and collection system controlled by a programmable logic controller (PLC), utilizing barcodes for integration with the control system. The machine features a parcel shelf measuring 300 x 900 x 900 millimeters with a total of 12 storage slots. The drive system uses five stepper motors to operate the belts on each axis for transporting parcels to be stored on each shelf level. A gear electric motor drives the conveyor belts. The power supply consists of a 220-volt AC and a 24-volt DC source to power the electric motors. The belt can support parcel weights of up to 400 grams. The average time to move, pick up, and deliver parcels falls within the specified timeframe. The experimental time from the starting point to each storage slot has a standard deviation of no more than 0.25 minutes. The experimental time from the starting point to each slot for parcel retrieval has a standard deviation of no more than 0.20 minutes. The average



process time in the system shows that each slot has a standard deviation of no more than 0.28 minutes, respectively. This research can serve as a prototype for practical development and as a demonstration set for teaching and learning. The production cost of each prototype machine is 38,500 baht, and it consumes 0.4 kilowatts of electricity per hour per machine.

Keywords: Programmable logic controller, barcode, stepper motor, conveyor belt, automation system

บทนำ

ปัจจุบัน ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน สาขาการผลิตอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นคิดเป็น 16.8 % ของโครงสร้างเศรษฐกิจในไตรมาสที่ 2 ของปี 2564 [1] จากแนวโน้ม การขยายตัวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ส่งผลให้หลายองค์กรต้องผลักดันการพัฒนาศักยภาพอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะการบริหารจัดการระบบในโรงงาน ครอบคลุมระดับด้วยการนำ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย ปัจจุบันการบริหารจัดการคลังสินค้ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อกิจกรรมการบริหาร และการจัดการคลังสินค้าส่งผลโดยตรงต่อต้นทุน โลจิสติกส์และประสิทธิภาพในการตอบสนองความต้องการลูกค้าทั้งในมิติของต้นทุน มิติเวลา และมิติความน่าเชื่อถือในการดำเนินธุรกิจ [2] คลังสินค้าจึงเป็นจุดเชื่อมต่อทางกลยุทธ์ระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค การจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในตลาด [3] เพื่อเพิ่มศักยภาพในทางแข่งขันกับคู่แข่ง ทางธุรกิจ ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารจัดการคลังสินค้าไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมการจัดการบริหารคลังสินค้าหรือแม้แต่วิธีระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพของ กระบวนการและกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า [4] ภายในองค์กรและการให้บริการ ระบบที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าซึ่งจะอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บ สินค้าให้แก่คลังสินค้านั้นๆ และประการสำคัญคือช่วยลดต้นทุน และมีความปลอดภัยในตัวสินค้า [5] การแยกประเภทสินค้าการจัดทำป้ายของประเภทสินค้า

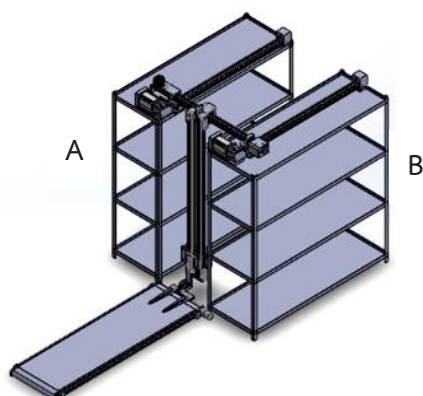
และขีดเส้นแบ่งพื้นที่ในการจัดวางสินค้าและทฤษฎี บริหารความปลอดภัย 5ส. เพื่อใช้ในการจัดระเบียบ ห้องคลังสินค้า [6] ข้อมูลสินค้าจะถูกบันทึกในฐาน ข้อมูลคอมพิวเตอร์และแสดงข้อมูลสินค้าผ่านแผนผัง ควบคุมเสมือนจริง [7] ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถ ในการจัดเก็บและเรียกใช้ของอุปกรณ์จะพิจารณาจาก ลักษณะโครงสร้างของพื้นที่ใช้จัดเก็บ ความเร็วในการ เคลื่อนของอุปกรณ์ ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ [8] จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับระบบ อัตโนมัติในการจัดเก็บสินค้า รวมทั้งเอกสารและตำรา ที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการจัดเก็บพัสดุเป็นหนึ่งในระบบ การจัดเก็บสินค้าที่หน่วยงานต่างๆ เช่น ไปรษณีย์ บริษัท โรงงาน สถานประกอบการ ที่มีความจำเป็นที่ ต้องใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วย เพื่อให้การจัดเก็บเกิดประสิทธิภาพ แม่นยำ ประหยัดเวลา ลด ความผิดพลาด ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยี สมัยใหม่เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงาน จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัย มีแนวคิดในการทำชุดสาธิตระบบระบบ รับส่งพัสดุอัตโนมัติ ซึ่งมีราคาไม่สูง เป็นการบูรณาการ อุปกรณ์ พีแอลซี และไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน ร่วมกัน เพื่อออกแบบแผนควบคุมระบบจัดเก็บและค้นคืนอัตโนมัติ ใช้ในการเรียนการสอน ให้นักศึกษาได้มองเห็นการทำงานจริงของระบบอัตโนมัติ เพื่อให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิผลมากที่สุด โดยมี วัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างต้นแบบ (prototype) ของระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติที่ควบคุม ด้วยพีแอลซี โดยนำบาร์โค้ดหรือรหัสแท่งมาประยุกต์ ในการใช้งานร่วมกับระบบ และไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำเป็นชุดคำสั่งควบคุมระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ โดยประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ คือ ชั้นวางสินค้า ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 12 ช่อง ชุดกล่องควบคุมและชุด

แขนกลหรือชุดขนส่ง โดยเพื่อให้ทราบถึงหลักการทำงานของชุดระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ โดยการจับชิ้นงานหรือพัสดุจากจุดหลักหรือจุดรับพัสดุ เพื่อวางที่ชั้นวางพัสดุแบบอัตโนมัติ และขณะเดียวกันก็ทำงานโดยการจับชิ้นงานหรือพัสดุจากชั้นวางพัสดุเพื่อวางที่จุดรับพัสดุ โดยการทำงานทั้งสองอย่างนี้ด้วยการสแกนบาร์โค้ดโดยใช้พีแอลซีควบคุมระบบรวมไปถึงอุปกรณ์หลัก คือ มอเตอร์ เพื่อวางในช่องพัสดุหรือสินค้าที่ผู้ใช้งานต้องการ

วิธีดำเนินงาน

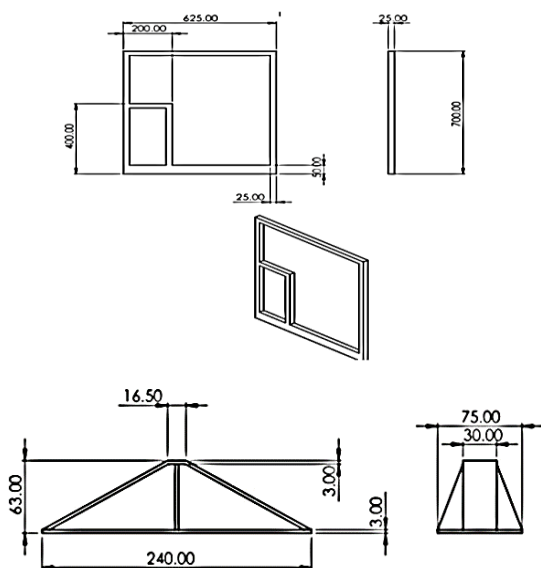
1. การออกแบบโครงสร้าง

โครงการ ซึ่งประกอบไปด้วย ชั้นวางพัสดุที่เป็นสองฝั่ง มีชุดรับส่ง และ Conveyor ออกแบบโครงสร้าง โดยมีขนาด 625 x 400 x 25 มิลลิเมตร ใช้เหล็กฉากความหนา 25 x 25 มิลลิเมตร



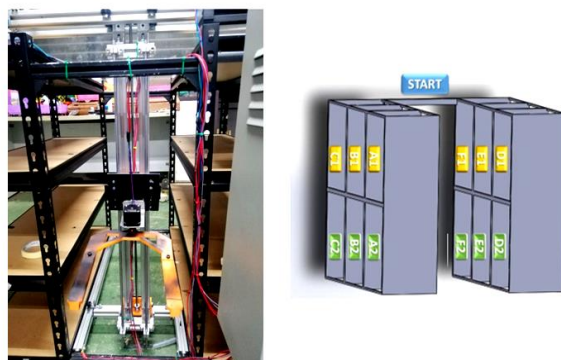
รูปที่ 1 ภาพโครงสร้างระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ

รูปที่ 1 เป็นโครงสร้างประกอบไปด้วยชั้นวางพัสดุที่เป็นสองฝั่ง คือ ฝั่ง A และ ฝั่ง B มีชุดรับส่ง และ Conveyor ในระบบการรับส่งพัสดุ โดย Gripper ในจะใช้เป็นการรองรับพาเลทและรองรับสิ่งของเพื่อใช้ในการขนย้ายสินค้า พัสดุ ไปในตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 2 การออกแบบเครื่องรับส่งพัสดุ

รูปที่ 2 การออกแบบขาตั้งสายพานหน้า โดยมีขนาด 50 x 100 x 582.75 มิลลิเมตร โดยใช้ เหล็ก รูปตัวซีขนาด 579.75 x 49 x 98 มิลลิเมตร และ เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 49 x 98 มิลลิเมตร ในการออกแบบ

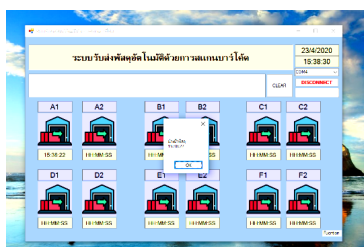


รูปที่ 3 สร้างโครงสร้างระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ

รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งของช่องพัสดุ เพื่ออ้างอิงในการทดสอบเพื่อเทียบกับเวลาในการจัดเก็บพัสดุ

2. การสแกนบาร์โค้ด

การใช้รหัสแท่งในการสแกนบาร์โค้ด ในงานวิจัยนี้เลือกใช้รหัสแท่งในการอ่านรหัสข้อมูล ซึ่งทำงานได้รวดเร็วและช่วยลดความผิดพลาดในการคีย์ข้อมูลได้มากโดยไม่ต้องกดปุ่มที่แป้นพิมพ์ และบาร์โค้ดยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในโปรแกรมอ่านค่าบาร์โค้ดในคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งงานให้ระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติทำงาน ทำการจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศ แสดงผลตรวจสอบ และประมวลผลในด้านอื่นๆ คิวอาร์โค้ด (QR Code) สามารถรองรับการจัดเก็บลักษณะไฟล์ได้หลากหลาย เช่น เจเพ็ก (JPEG) พอร์เทเบิล (Portable Document Format) อินโฟกราฟิก (Infographic) หรือจัดทำเป็นโปสเตอร์ จัดเก็บไว้ใน QR Code เพื่อให้ผู้ใช้สามารถรับข้อมูลได้รวดเร็วและนำข้อมูลบันทึกลงสมาร์ตโฟน (Smart Phone) [9] สำหรับชนิดรหัสแท่งที่เลือกใช้คือชนิด EAN 1 เป็นรหัสแท่งแบบ EAN ที่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กที่ได้รับการยอมรับ



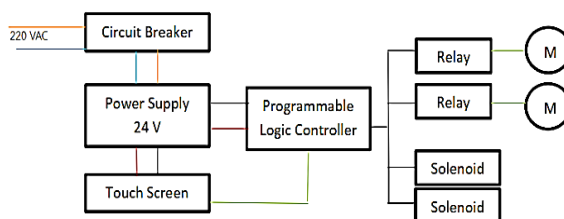
รูปที่ 4 แสดงรหัสแท่งในการสแกนบาร์โค้ด

รูปที่ 4 แบบรหัสแท่งที่ได้จะแสดงตัวเลขสุดท้ายของรหัสแท่งแต่ละชุดไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากในรหัสแท่งแต่ละชุดนั้นจะมีการตรวจสอบความถูกต้องจากเลขหลักสุดท้ายโดยสามารถคำนวณได้จากหลักการตรวจสอบของหน่วยงาน ISBN (International Standard Book Number) นำมาใช้ในการอธิบายวิธีการคำนวณการตรวจสอบเลข 13

หลักเรียกการตรวจสอบนี้ว่า ISBN-13 check digit โดยใช้เลขคณิตศาสตร์ modular arithmetic

3. การออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบวงจรไฟฟ้าของระบบใช้ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ ต่อผ่านสะพานไฟ (Circuit Breaker) เข้าไปที่สวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ เพื่อนำไปใช้ในหน้าจอทัชสกรีนและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) หน้าจอทัชสกรีนจะส่งไปที่โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) จะสั่งงานไปยังรีเลย์ (Relay) เพื่อเปิดใช้งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงและโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สามารถสั่งงานโซลินอยด์วาล์วเพื่อทำให้กระบอกลมเลื่อนเข้าหรือออก



รูปที่ 5 แผนภาพการเดินสายไฟ (Diagram Wiring)

ในการออกแบบโครงสร้างระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ ควบคุมด้วยพีแอลซี ผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะของระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบลักษณะตัวเครื่อง ซึ่งใช้โปรแกรม Solid Work ในการออกแบบเครื่องและส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงงาน เช่น อุปกรณ์ตัวยึดมอเตอร์ อุปกรณ์ที่เป็นตัวยึดระหว่างชุดรับส่งกับตัวขึ้น อุปกรณ์ตัวยึดดรัมม้วนนิยมโปรไฟล์ และอุปกรณ์มือยกในส่วนของตัวรับส่งและออกแบบจอทัชสกรีนเขียนโปรแกรมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) หน้าจอทัชสกรีนส่งไปที่โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) จะสั่งงานไปยังรีเลย์ (Relay) เพื่อเปิดใช้งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง การเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นแผงควบคุมในส่วนของแขนกลจะแบ่งตามแนวแกนซึ่งมีทั้งหมด 3 แกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z [10]

4. การเขียนโปรแกรมการควบคุมระบบขนส่งพัสดุอัตโนมัติ

โปรแกรมควบคุมในระบบ เป็นการภาษาซีในโปรแกรม Arduino และใช้เป็น Arduino Nano เพื่อขับ Stepper Motor ข้อดีของมอเตอร์ประเภทนี้คือสามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างแม่นยำด้วยองศาหรือระยะทาง [11] การเขียนโปรแกรม Arduino และใช้เป็น Arduino Nano เพื่อขับ Stepper Motor ซึ่งข้อดีของมอเตอร์ประเภทนี้คือสามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างแม่นยำด้วยองศาหรือระยะทาง โดยการใช้งาน Stepper Motor นั้น ไม่สามารถใช้งานหรือทำงานได้เอง ต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการขับเคลื่อนมอเตอร์นั้นคือ Stepper Motor Drive และตัว Controller ซึ่งโปรแกรมการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 6

```
#include "DriveStepMotor.h"

#define PUL_Signal_x 3
#define Dri_Signal_x 2
#define PUL_Signal_y 5
#define Dri_Signal_y 4
#define PUL_Signal_z 6
#define Dri_Signal_z 7
#define PUL_Signal_s 9
#define Dri_Signal_s A0
#define ENA_Signal 8
#define Cov 13
#define Cov_Dir 10
```

การประกาศค่าตัวแปร
ของแต่ละแนวแกน

รูปที่ 6 แสดงโค้ดคำสั่งประกาศค่าตัวแปร

จากรูปที่ 6 แสดงการประกาศค่าตัวแปรของแต่ละแนวแกน โค้ดคำสั่งการควบคุม Drive motor แต่ละแนวแกน โดยมีแนวแกนซ้าย ขวาและแนวตั้ง พร้อมกับมีค่าสัญญาณต่างๆ เพื่อการปรับทดลองมอเตอร์ให้เป็นตามขอบเขต ข้อมูลที่แสดงประกอบด้วยข้อมูลรหัสแท่งหรือบาร์โค้ด วันเดือนปี และเวลาในการจัดเก็บหรือนำออก โดยเก็บเป็นไฟล์ข้อมูลต่อวัน หรือถ้าหากมีการบันทึกข้อมูลในวันถัดไป ข้อมูลจะถูกเก็บแบ่งไฟล์ของวันนั้นๆ ทำให้สะดวกในการค้นหาข้อมูลย้อนหลัง ภาษาซีมีความใกล้ชิดกับฮาร์ดแวร์มากกว่าภาษาระดับสูงอื่น ๆ โดยสามารถติดต่อกับรีจิสเตอร์และหน่วยความจำโดยตรง เช่นเดียวกับภาษาแอสเซมบลี [12]

```
digitalWrite(Cov_Dir, LOW);
bx++; Serial.println(bx); delay(100);
if (bx==1){ digitalWrite(Cov,HIGH);delay(20);}
if (bx==30){ digitalWrite(Cov,LOW);delay(20); stat = 0xFF;}
if ((bx>=40)&&stat){
  Enable.ENABLE('H'); //(xชั้น 400)
}
//1
Direct_x.Direction('H');
for (int i = 0; i < 3000; i++) //1000 ระยะในการหมุน
{
  Pull_x.FUL(700);
}delay(5000);
//2
Direct_x.Direction('L');//(zถอย 1000)
for (int i = 0; i <3000; i++) //1000 ระยะในการหมุน
{
  Pull_x.FUL(700);
}delay(5000);
stat = 0x00;
}
```

รูปที่ 7 แสดงโค้ดที่รับค่าตามฟังก์ชันที่กำหนด

จากรูปที่ 7 เป็นโค้ดที่รับค่าตามฟังก์ชันที่กำหนดการทำงานของโปรแกรม จะรอรับค่าจาก Serial Monitor ถ้าป้อนค่า 1 โปรแกรมจะไปเรียกฟังก์ชัน Clockwise เพื่อให้ Stepping motor หมุนตามเข็มนาฬิกา ถ้าป้อนค่า 2 โปรแกรมจะทำการไปเรียกฟังก์ชัน Counter-clockwise เพื่อให้ Stepping motor หมุนทวนเข็มนาฬิกา ถ้าป้อนค่า 0 จะทำให้ Stepping motor หยุดหมุน

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบ

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบแกนการรับส่ง ทำการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบความแม่นยำของคอนเวเยอร์

เป็นการทดลองหาความผิดพลาดของคอนเวเยอร์ก่อนนำไปใช้ในการเก็บพัสดุโดยวางวัสดุประเภทเหล็กติดต่อกันจำนวน 20 ชิ้น เพื่อทดสอบความแม่นยำของตำแหน่งว่ามีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 8 การทดสอบความแม่นยำของคอนเวเยอร์

จากการทดสอบเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมุมมองจาก 0 องศา ไปยัง 45 องศา โดยทำการทดลองไปทั้งหมด 20 ครั้ง เพื่อหาค่าเวลาในการเปลี่ยนองศาและความยาวโดยมีการทดลองทั้งหมด 4 จุด ซึ่งเวลาของแต่ละจุดค่อนข้างเร็วพอสมควรโดยที่กล่องที่ 1 มีความเร็ว 0 วินาที เพราะเป็นค่าเริ่มต้นและไม่ได้มีการเคลื่อนที่ของตัวเครื่องและกระบอกกลม กล่องที่ 2 มีความเร็วเฉลี่ยคือ 3.54 วินาที กล่องที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยคือ 3.6 วินาที และกล่องที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยคือ 4.1 วินาที

จากการทดสอบพบว่า ค่าความผิดพลาดมีค่าน้อย เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยคงที่ น้ำหนักมีค่าพอดี และสายพานลำเลียงทำด้วยยาง จึงทำให้วัสดุไม่ตกจากสายพานลำเลียง ทำให้ค่าความแม่นยำของการลำเลียงไม่มีข้อผิดพลาดและเวลาเฉลี่ย 8.66 วินาที

การทดสอบการทำงาน

การทดลองทำงานการเคลื่อนที่ของตัวรับส่งเข้าและนำพัสดุออกจากช่องจัดเก็บพัสดุให้เป็นไปตามขอบเขตได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานโดยนำพัสดุเข้าและออกจากช่องจัดเก็บพัสดุ

ลำดับ	Coordinate	คำสั่งจัดเก็บ	ลำดับ	Coordinate	คำสั่งจัดเก็บ
1	A1	✓	7	D1	✓
2	A2	✓	8	D2	✓
3	B1	✓	9	E1	✓
4	B2	✓	10	E2	✓
5	C1	✓	11	F1	✓
6	C2	✓	12	F2	✓

จากการทดลองระบบ ทำงานได้ตามเงื่อนไขทั้งหมด 12 ช่อง จากช่อง A1 จนถึงช่อง F2

การทดสอบเวลาการทำงานในกระบวนการเคลื่อนที่ของชุดรับส่งอัตโนมัติ

ทำการทดสอบเวลาในการทำงานของเครื่องโดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง แสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บันทึกเวลาการทดลองตัวรับพัสดุจากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุ

จำนวนครั้ง	เวลาของตัวรับพัสดุจากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุ (นาฬิกา)											
ครั้ง	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
1	3.42	3.59	2.50	3.06	2.10	2.21	3.42	4.03	2.47	3.10	2.12	2.22
2	3.41	4.02	2.45	3.08	2.05	2.19	3.35	4.00	2.51	3.12	2.11	2.23
3	3.39	4.02	2.45	3.14	2.09	2.25	3.43	3.97	2.52	3.13	2.10	2.27
4	3.37	4.00	2.48	3.13	2.05	2.26	3.36	3.98	2.52	3.17	2.10	2.23
5	3.41	3.54	2.45	3.09	2.11	2.19	3.44	4.02	2.48	3.10	2.07	2.30
เฉลี่ย	3.40	3.59	2.47	3.10	2.08	2.22	3.40	4.00	2.50	3.12	2.10	2.25
SD	0.02	0.25	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03

ลำดับตำแหน่งที่ 1 (A1) คือ ลำดับที่มีตำแหน่งใกล้กับตำแหน่งจุดเริ่มต้นมากกว่าตำแหน่ง 2 (B1) และ 3 (C1) ตามลำดับ โดยผลการทดสอบมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไม่เกิน 0.25 นาฬิกา

ตารางที่ 3 บันทึกเวลาการทดลองจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุเพื่อนำพัสดุดอก

จำนวนครั้ง	เวลาของตัวรับพัสดุจากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุเพื่อนำพัสดุดอก (นาฬิกา)											
ครั้ง	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
1	3.01	3.36	2.30	2.47	1.45	2.05	3.01	3.33	2.29	2.56	1.55	2.03
2	3.02	3.30	2.34	2.53	1.48	2.01	3.03	3.26	2.29	2.54	2.00	2.10
3	3.01	3.22	2.35	2.51	1.51	2.02	3.02	3.31	2.32	2.54	1.58	2.08
4	2.99	3.21	2.36	2.48	1.51	2.02	3.03	3.25	2.30	2.50	1.56	2.12
5	2.97	3.23	2.30	2.51	1.55	2.10	3.01	3.31	2.30	2.51	1.56	2.07
เฉลี่ย	3.00	3.30	2.33	2.50	1.50	2.05	3.02	3.29	2.30	2.53	1.57	2.08
SD	0.02	0.06	0.03	0.02	0.04	0.04	0.01	0.03	0.01	0.02	0.20	0.03

ตารางที่ 3 เป็นการบันทึกเวลาจากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุ 12 ช่อง ทำการทดสอบช่องละ 5 ครั้ง ผลการทดสอบมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไม่เกิน 0.02 นาฬิกา

ตารางที่ 4 สรุปเวลาเฉลี่ยกระบวนการในระบบ

คำสั่ง	ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย
จัดเก็บสินค้า	อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น หยิบพัสดุจากสถานีสแกนพัสดุไปวางยังสถานีถ่ายโอนพัสดุและกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น	2.46 นาฬิกา
ค้นคืนสินค้า	อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น หยิบพัสดุจากไปวางยังสถานีสแกนพัสดุและกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น	2.85 นาฬิกา
SD		0.28

จากตารางที่ 4 คำนวณเวลาเฉลี่ยจัดเก็บสินค้าได้ 2.46 นาฬิกา ค้นคืนสินค้าได้ 2.85 นาฬิกา มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไม่เกิน 0.28 นาฬิกา

ตารางที่ 5 แสดงเวลาที่ทดสอบเฉพาะเวลาจัดเก็บ และค้นคืน

จำนวนทดสอบ(ครั้ง)	เวลาเฉลี่ย (นาท)	
	จัดเก็บ	ค้นคืน
5	0.244	0.246
SD	0.0014	

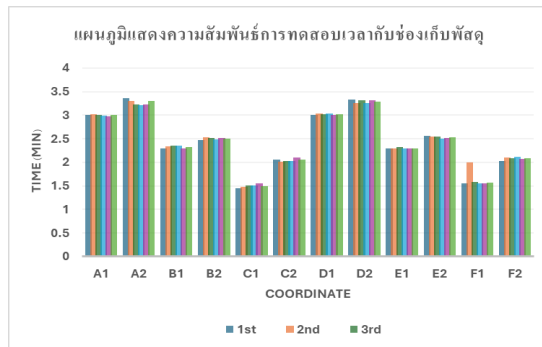
การทดสอบจากตารางที่ 5 จะได้เวลาการทำงานในกระบวนการเคลื่อนที่ของตัวรับส่งพัสดุในการจัดเก็บพัสดุที่เวลาเฉลี่ย 0.244 นาที่ และนำออกอยู่ที่เวลาเฉลี่ย 0.246 นาที่ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไม่เกิน 0.0014 นาที่

จากการทดลองเวลาการทำงานในกระบวนการเคลื่อนที่ของตัวรับส่งอัตโนมัติสามารถรับส่งตามคำสั่งในขอบเขตของเวลาที่กำหนดได้ โดยเวลาเฉลี่ยในการจัดเก็บมากที่สุดอยู่ที่ 4 นาที่ และน้อยที่สุดอยู่ที่ 2.08 นาที่ เนื่องจากเป็นตำแหน่งใกล้และไกลจากจุดเริ่มต้นมากที่สุด

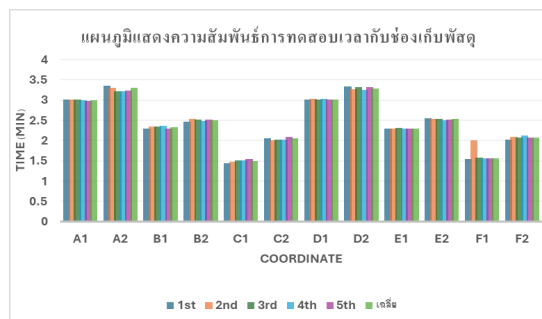
ผลการบันทึกข้อมูล สแกนพัสดุในฐานะข้อมูล

ในระบบมีการติดตามพัสดุด้วยสารสนเทศ เพื่อการตรวจสอบพัสดुरับเข้า และนำออกจ่ายจากชั้นจัดเก็บ ทำให้สะดวกรวดเร็วไม่เกิดการสับสนหรือผิดพลาดในการตรวจสอบข้อมูลปัจจุบันหรือย้อนหลัง โดยทำการบันทึกด้วยโปรแกรมสั่งงานจาก Visual Studio ลงข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Office Excel ทุกครั้งที่มีการสแกน ซึ่งในข้อมูลที่แสดงประกอบด้วยข้อมูลรหัสแท่งหรือบาร์โค้ด วันเดือนปี และเวลาในการจัดเก็บหรือนำออก โดยเก็บเป็นไฟล์ข้อมูลต่อวัน หรือถ้าหากมีการบันทึกข้อมูลในวันถัดไป ข้อมูลจะถูกเก็บแบ่งไฟล์ของวันนั้นๆ ทำให้สะดวกในการค้นหาข้อมูลย้อนหลัง

จากรูปที่ 9 และ 10 ค่าเวลาเฉลี่ย จัดเก็บสินค้าได้ 2.46 นาที่ ค้นคืนสินค้าได้ 2.85 นาที่ โดยทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง จะได้เวลาการทำงานในกระบวนการเคลื่อนที่ของตัวรับส่งพัสดุในการจัดเก็บพัสดุที่เวลาเฉลี่ย 14.64 วินาที และนำออกอยู่ที่เวลาเฉลี่ย 14.76 วินาที



รูปที่ 9 แสดงแผนภูมิแท่งบันทึกเวลาการทดลองตัวรับพัสดุจากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุ



รูปที่ 10 แสดงกราฟบันทึกเวลาการทดลองจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุเพื่อนำพัสดุดอก

ตารางที่ 6 แสดงฐานข้อมูลที่จัดเก็บในคอมพิวเตอร์

NUM	COORDINATE	STATUS	TIME	DATE
1	E1	Import	10:01:43	6/3/2022
2	E2	Import	10:04:49	6/3/2022
3	D1	Import	10:07:03	6/3/2022
4	C1	Import	10:11:13	6/3/2022
5	D2	Import	10:15:18	6/3/2022
6	B1	Import	10:19:26	6/3/2022
7	F2	Import	10:22:32	6/3/2022
8	F1	Import	10:27:37	6/3/2022
9	C2	Import	10:30:42	6/3/2022
10	B2	Import	10:32:47	6/3/2022
11	A2	Import	10:36:51	6/3/2022
12	F1	Retrieve	10:41:10	6/3/2022
13	C2	Retrieve	10:45:17	6/3/2022
14	D1	Retrieve	10:49:20	6/3/2022
15	A1	Retrieve	10:55:24	6/3/2022
16	D2	Retrieve	10:58:28	6/3/2022
17	B1	Retrieve	11:00:34	6/3/2022
18	B2	Retrieve	11:04:38	6/3/2022
19	A2	Retrieve	11:07:43	6/3/2022
20	C1	Retrieve	11:14:48	6/3/2022

ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลที่ได้จัดเก็บเป็นไฟล์ (Excel) ในคอมพิวเตอร์ ฐานข้อมูลที่ได้จัดเก็บจะเป็นตำแหน่งที่เก็บพัสดุ วันที่ และเวลา ในการจัดเก็บ เพื่อความสะดวกในการสืบค้นข้อมูล

ต้นทุนการผลิตต่อเครื่อง

การคำนวณต้นทุนเป็นส่วนหนึ่งในการวางแผนและควบคุมการจัดทำงานประมาณในการซื้ออุปกรณ์เพื่อใช้ในการพิจารณาหาทางลดต้นทุนของอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมา

- ต้นทุนของเครื่องต้นแบบ ประกอบด้วย

- 1) สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 5 ตัว
- 2) มอเตอร์เกียร์ AC 1 ตัว
- 3) ชุดควบคุมสเต็ปมอเตอร์ 5 ตัว
- 4) ชุดสายพานลำเลียง 1 ชุด
- 5) บอร์ด PCB 1 ชุด
- 6) ตัวอุปกรณ์ควบคุมพร้อมอุปกรณ์และสายไฟ 1 ชุด
- 7) พาเลทและรางเลื่อน 1 ชุด
- 8) พีแอลซี 1 ตัว
- 9) อื่นๆ

ราคารวม 38,500 บาท/เครื่อง

- การใช้ไฟฟ้าของเครื่องรับส่งพัสดุอัตโนมัติ

การใช้ไฟฟ้าของระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าสำหรับสร้างเครื่องระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติประกอบด้วย

- 1) สเต็ปเปอร์มอเตอร์ ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งจะใช้ไฟฟ้าอยู่ทั้งหมดที่ 350 วัตต์ หรือ 0.35 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
- 2) มอเตอร์เกียร์ AC ใช้ไฟฟ้าอยู่ทั้งหมดที่ 50 วัตต์ หรือ 0.05 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ดังนั้น การใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของเครื่องเท่ากับ 400 วัตต์ หรือ 0.4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อเครื่อง

สรุป

จากการดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี ระบบทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ ใช้การควบคุมด้วยจอทัชสกรีนได้โดยผ่านโปรแกรมเมเบิล

ลอจิกคอนโทรลเลอร์ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำมาสรุปผลได้ดังนี้

การหาประสิทธิภาพของระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ ควบคุมด้วยพีแอลซีทำการทดสอบ 3 ลักษณะ โดยสรุปการทดสอบโครงการได้ดังนี้

- การทำงานในกระบวนการเคลื่อนที่ของตัวรับส่งอัตโนมัติ โดยมีการเลื่อนแกนทางซ้าย การเลื่อนแกนทางขวา การเลื่อนของแกนในแนวตั้ง และแกนชุดรับส่ง ที่ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปมอเตอร์ มีการเลื่อนในแต่ละระยะนาบได้ตามคำสั่งโปรแกรมสามารถทำงานได้ 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากโปรแกรมมีการประมวลเป็นไปอย่างรวดเร็ว

- จากการนำระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ ควบคุมด้วยพีแอลซีได้ทำการทดสอบเวลาการทำงานในกระบวนการเคลื่อนที่ของชุดรับส่งอัตโนมัติ โดยแบ่งการทดสอบเวลาได้ 3 แบบ แบบแรก คือทดสอบเวลาการนำพัสดุเข้าในชั้น แบบที่สอง คือการทดสอบเวลาการนำออกหรือค้นคืนพัสดุดูออกจากชั้น และแบบที่สาม คือการทดสอบเวลาการทำงานของชุดรับส่งตั้งแต่จุดเริ่มต้น สามารถนำเข้านำออกตามเวลาขอบเขตที่กำหนด ไม่เกิดความสับสนหรือผิดพลาดโดยการทดลองเวลาตัวรับพัสดุทั้งหมด 12 ช่อง จากจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บ (ตารางที่ 2) พบว่าในแต่ละช่อง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 0.25 นาที การทดลองจุดเริ่มต้นไปยังช่องเก็บพัสดุเพื่อนำพัสดุออก (ตารางที่ 3) พบว่าในแต่ละช่อง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 0.20 นาที และเวลาเฉลี่ยกระบวนการในระบบ (ตารางที่ 4) พบว่าในแต่ละช่อง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 0.28 นาที ตามลำดับ

- จากการนำระบบรับส่งพัสดุอัตโนมัติ ควบคุมด้วยพีแอลซี ได้ทำการเก็บผลข้อมูลการสแกนพัสดุในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งสรุปได้ข้อมูลหลักดังนี้ ข้อมูลวันที่ และเวลา ข้อมูลบาร์โค้ดของกล่องพัสดุ ซึ่งถูกเก็บไว้เป็นไฟล์เพื่อใช้ในการดูข้อมูลย้อนหลัง หรือค้นหาข้อมูลย้อนหลังได้สะดวกรวดเร็ว

- ข้อจำกัดการทำงานของต้นแบบคือ จำนวนช่องในการเก็บพัสดุ มี 12 ช่องเท่านั้น เนื่องจากการพัฒนาเป็นต้นแบบ และน้ำหนักพัสดุที่ใช้ทดสอบ ไม่ควรเกิน 400 กรัม เนื่องจากถ้าน้ำหนักพัสดุน้ำหนัก

มากเกินจะทำให้การเลื่อนของสายพานและเวลาในการรับและส่งพัสดุจะใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น โดยเครื่องต้นแบบเป็นการตรวจสอบโดยการสแกนบาร์โค้ดเท่านั้น ไม่สามารถใช้กับบาร์โค้ด 2 มิติประเภท Stack ประเภท Matrix หรือเรียกว่า คิวอาร์โค้ด (QR Code) ได้ ทำให้ไม่สามารถเข้าไปถึงแหล่งข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลหรือตรวจสอบแหล่งข้อมูลโดยใช้ Smart Phone, iPad, iPhone, Tablet ได้

ข้อเสนอแนะ

- ในการพัฒนาครั้งต่อไป โครงสร้างระบบรับส่งพัสดุดิจิทัลที่ใช้ในการเลื่อนแต่ละแนวแกนควรเป็นลิเนียร์แบบเหลี่ยมแทนหลอดสกรูในแนวดิ่ง เพื่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนชุดรับส่งพัสดุให้มีความเสถียรมากขึ้น

- การออกแบบบอร์ดควบคุมในตัวควบคุมควรออกแบบให้ใช้บอร์ด Arduino Mega ได้ด้วย เนื่องจากบอร์ดดังกล่าวมีการจุความจำได้มากกว่าบอร์ด Arduino Nano

- ควรปรับเปลี่ยนมอเตอร์ตำแหน่ง Fork (มียอก) จากสเต็ปมอเตอร์ (Stepper motor) เป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) เพื่อระบุตำแหน่งได้แม่นยำมากกว่า

- ควรพัฒนาการสแกนข้อมูลเป็นแบบ Matrix หรือ เรียกว่า คิวอาร์โค้ด (QR Code) จะทำให้การเก็บข้อมูลได้มากและรวดเร็วขึ้น สามารถประยุกต์กับ Smart Phone, iPad, iPhone, Tablet เพื่อเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่เก็บไว้ได้สะดวก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษา จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2564. เศรษฐกิจไทยไตรมาสที่สองของปี 2564 และแนวโน้มปี 2564. เข้าถึงจาก

https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=11736

[2] ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2561. รายงานภาวะเศรษฐกิจไทย 2561.

[3] โอฟาร กิตติธีรพรชัย, นระเกณท์ พุ่มชูศรี 2013. ระบบการจัดการคลังสินค้า. เข้าถึงจาก <http://www.ej.eng.chula.ac.th/thai/index.php/ej/article/view/260/122>. (8 มีนาคม 2564).

[4] R. L. Harmon, Reinventing the Warehouse, Word-Class Distribution Logistics. New York, NY: The Free Press, 2001.

[5] ไพฑูรย์ พูลสุขโข. 2447. การจัดเก็บคลังสินค้าอัตโนมัติ. (ม.ป.ท.).

[6] นพพร ดีทุม. 2550. การศึกษากระบวนการในการจัดการคลังสินค้า. (ม.ป.ท.).

[7] ปริญวณ บัญสิงห์. 2559. การออกแบบและสร้างต้นแบบระบบจัดเก็บและค้นคืนอัตโนมัติ นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[8] ทิวากร แก้วศรี. 2556. ระบบจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ. เข้าถึงได้จาก : http://thiwakorn29.blogspot.com/2013/03/blog-post_8684.html (6 มกราคม 2564).

[9] จินห์นิภา แสงสุข 2565. เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับการประยุกต์ใช้ในชีวิตวิถีใหม่. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.ปีที่ 6 ฉบับที่ 2.

[10] นิกร ศรีสุนทร และ รัชพลปิ่นน้อย. 2553. การออกแบบจำลองคลังสินค้าแบบกึ่งอัตโนมัติ กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[11] ประภาส สุวรรณเพชร, เรียนรู้และลองเล่น Arduino. พิมพ์ครั้งที่ 1. ชัยภูมิ : วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ, 2559.

[12] กิตติชัย ชีวาสุขถาวร. 2550. ภาษาซี ที่ละก้าว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอม แอนด์คอลซัล.