



การออกแบบและพัฒนารถขนส่งวัสดุอัตโนมัติราคาถูก

สำหรับขนส่งวัสดุระหว่างกระบวนการผลิต

DESIGN AND DEVELOPMENT OF LOW-COST AUTOMATED GUIDED VEHICLE FOR TRANSPORTING PRODUCT BETWEEN THE PRODUCTION PROCESS

นพรุจ เขียวนาค*, สมมาตร พรหมพุดม

Nopparut Khaewnak*, Sommart Prompt

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ประเทศไทย 20110

School of Engineering and Innovation, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, BangPhra Campus,

Sriracha, Chon Buri, Thailand, 20110

*Corresponding author e-mail: nopparut_kh@mutto.ac.th

วันที่เข้าระบบ 8 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไขบทความ 25 เมษายน 2565

วันที่ตอบรับบทความ 26 เมษายน 2565

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่พบว่า เป็นลักษณะแยกกระบวนการออกเป็นแบบย่อยๆ จะมีการขนส่งวัสดุอุปกรณ์จากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งต่อไป โดยในบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนารถขนส่งอัตโนมัติราคาถูกสำหรับการใช้งานขนส่งวัสดุในกระบวนการผลิตของแต่ละกระบวนการ ขนาดภาระโหลดไม่เกิน 10 กิโลกรัม และได้ออกแบบจากชุดต้นกำลังที่เป็นของสเต็ปป์มอเตอร์ โดยใช้อาร์ดิวโนพร้อมกับเซ็นเซอร์ควบคุมการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงานวิ่งตามเส้นและสามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยบอร์ด NodeMCU พบว่าสเต็ปป์มอเตอร์ที่เลือกใช้มีแรงเพียงพอกับการรับแรงของตัวรถในการเคลื่อนที่โดยใช้แอปพลิเคชันในการสั่งให้รถวิ่งจากจุดออกรถไปลากจูงกระบะทุกด้วยความเร็ว 1.344 กิโลเมตร/ชั่วโมง รถสามารถวิ่งส่งวัสดุในบริเวณที่กำหนดได้ตรงจุด เมื่อมีผู้เรียกใช้ผ่านแอปพลิเคชัน ระหว่างทางหากมีคนหรือสิ่งกีดขวางแนวทางการเดินของรถ รถจะหยุดหากนำสิ่งที่ขวางทางออกรถจะสามารถวิ่งต่อไปได้

คำสำคัญ: รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ, อาร์ดิวโน, เซ็นเซอร์, สเต็ปป์มอเตอร์, แอปพลิเคชัน

Abstract

Most of the manufacturing processes in Thailand are characterized as separate processes. Supplies are transported from the starting location to the next location. This paper presents the design and development of a low-cost Automated Guided Vehicle (AGV) for supply transporting during each production process. The size of load does not exceed 10 kilograms and the AGV is designed from the concept of a power unit of a stepping motor. It uses an Arduino with sensors to control its operation along the running track in the factory. Moreover, it can be controlled via an application with NodeMCU board. The results reveal that the chosen stepping motor has enough power to handle the load of the vehicle and to move by sending a command from the application to the vehicle to run from the departure location to tow a pickup car at a speed of 1.344 km/hr. The AGV can transport supplies to the designated location when someone commands via the application. In-between destination, if someone or something is in the way and blocks the route, the vehicle will be stopped, and when there is nobody and nothing obstructing its route, the vehicle can continue running.

Keywords: Automated guided vehicle, Arduino, Sensor, Stepping motor, Application

1. บทนำ

โดยปกติแล้ว การเคลื่อนย้ายวัสดุและจัดเก็บจะเป็งานที่ไม่คุ้มค่าเวลาทางธุรกิจเลย ทั้งนี้ เนื่องจากการเคลื่อนย้ายวัสดุและจัดเก็บไม่ก่อให้เกิดคุณค่าของงาน และกลับเป็ต้นทุนทางธุรกิจ จึงมีความพยายามเรื่อยมาที่จะพัฒนาระบบเคลื่อนย้ายวัสดุและจัดเก็บแบบอัตโนมัติเพื่อลดต้นทุนดังกล่าว ความเป็นไปได้ที่จะนำเอาวิธีการเคลื่อนย้ายวัสดุแบบอัตโนมัติมาใช้ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับเส้นทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุว่ามีการแปรเปลี่ยนไปบ่อยครั้งเพียงใด หากว่าการแปรเปลี่ยนไปบ่อยครั้งมาก การใช้ระบบเคลื่อนย้ายแบบอัตโนมัติทำได้ยาก โดยมากจะใช้มนุษย์เข้าควบคุมเครื่องจักรหรือยานพาหนะแทน เมื่อเส้นทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุนั้นค่อนข้างคงที่แน่นอนแล้ว ระบบอัตโนมัติสามารถเข้ามาแทนที่ได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้มีพาหนะขนส่งแบบนำทางอัตโนมัติที่สามารถใช้ได้กับเส้นทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่แปรเปลี่ยนไปได้พาหนะดังกล่าวนี้เรียกว่า พาหนะขนส่งแบบนำทางอัตโนมัติ หรือ Automated guided vehicle (AGV) (สรรเพชญ, 2554) และอุตสาหกรรมในอุตสาหกรรมไทยได้เริ่มใช้ระบบสินเข้ามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมมากขึ้น ในระบบสินในการผลิตการจำแนกความสูญเสียเปล่าตามแนวทางของ Taiichi Ohno (รัตติยา และชุมพล, 2555) ที่กล่าวถึงความสูญเสียเปล่าที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าต่อลูกค้าได้ดังนี้

1. ความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)
2. ความสูญเสียจากการรอคอย (Waiting)
3. ความสูญเสียจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate processing)
4. ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม
5. ความสูญเสียจากสินค้าคงคลังที่มากเกินไป (Excess inventory)
6. ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation)
7. ความสูญเสียจากข้อบกพร่อง (Defect)

แนวโน้มของระบบการผลิตของอุตสาหกรรมในปัจจุบันจะปรับเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของโลกที่เปลี่ยนแปลงหรือตามเทคโนโลยีที่ทันสมัยจึงส่งผลให้อุตสาหกรรมต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบการผลิตเพื่อผลิตสินค้าให้ทันกับความต้องการของลูกค้าที่มีมากขึ้นและคำนึงถึงต้นทุนในการดำเนินงานที่สูงขึ้นในปัจจุบัน เช่น ต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนขนส่ง ต้นทุนด้านทรัพยากร เป็นต้น ทำให้อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ต้องหาเทคนิคหรือวิธีการเข้ามาช่วยลดต้นทุนเหล่านี้ (อลงกรณ์ และขวัญนิธิ, 2560) การจัดเซลล์การผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ (Cellular manufacturing system; CMS) เป็นอีกวิธีการหนึ่งของการวางแผนการผลิตที่จะช่วยให้ระบบการผลิตเกิดความยืดหยุ่นมากขึ้น สามารถปรับเปลี่ยนสายการผลิตเพื่อรองรับกับการผลิตสินค้า ตามกลุ่มชิ้นงานเดียวกันให้ใช้เครื่องจักรกลุ่มเดียวกัน กลุ่มเครื่องจักรเรียก “เซลล์” (Cell) (รติพล, 2559) การจัดลำดับกลุ่มเทคนิคเฉพาะที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลของการผลิต มีประสิทธิภาพและง่ายด้วยการใช้อัลกอริทึมสำหรับการจัดกลุ่มเครื่องจักรแบบเซลล์อัลกอริทึมขึ้นอยู่กับการจัดเรียงแถวและคอลัมน์ของเมทริกซ์เครื่องจักรและชิ้นงาน สำหรับการสูญเสียเวลาและคนจากการผลิตระหว่างการผลิตชิ้นส่วนในเพื่อนำไปประกอบโดยใช้รถขนส่งอัตโนมัติ อดีตการขนย้ายวัสดุอุปกรณ์ระหว่างเครื่องจักรนั้นเป็นการขนย้ายแบบระบบราง สายพานลำเลียง จะอยู่ในระยะที่สั้น อยู่ระหว่างเครื่องจักรเท่านั้น หรือใช้สำหรับกระบวนการที่ไม่ได้ถูกการปรับเปลี่ยนเท่านั้น การใช้รถขนส่งอัตโนมัตินั้นใช้ในระยะเวลาทางที่ไกล และเป็นเส้นทางที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ รถขนส่งอัตโนมัติเหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่รถสามารถวิ่งเป็นวงกลมและสามารถกลับมาที่เดิม เรียกจากตำแหน่งที่ต้องการได้ มีลักษณะคล้ายอุปกรณ์ประเภทรถ Fork lift ความแตกต่างอยู่ที่รถ AGV จะถูกควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์และถูกกำหนดเส้นทางในการขนส่งที่ชัดเจน โดยไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการควบคุม การเลือกใช้อุปกรณ์ประเภทรถ AGV ต้องติดตั้งเส้นทางวิ่งของรถ AGV มีการฝังสายไฟไว้ใต้พื้น โรงงานตามเส้นทางวิ่งของรถ AGV การควบคุมรถ AGV สามารถควบคุมได้ทีละหลาย ๆ คันโดยใช้คำสั่งในการควบคุมเพียงชุดเดียว และให้รถ AGV แต่ละคันสามารถสื่อสารถึงกันได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของรถ AGV หรือเพื่อป้องกันการกีดขวางการจราจรหากมีรถ AGV อีกคันจอดขวางอยู่ในจุดรับส่งวัสดุ (สิลาวดี, 2560) โดยประเภทของการใช้งานรถ AGV สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทได้แก่ ประเภทระบบลำเลียง

แบบโซ่ใช้สำหรับขนย้ายพาเลท ประเภทระบบลำเลียงแบบลูกกลิ้งใช้สำหรับขนย้ายพาเลท ประเภท
โพล์ใช้สำหรับยก/วาง ระหว่างพื้นและอุปกรณ์ลำเลียง ประเภทขนย้ายม้วนวัสดุใช้สำหรับขนย้าย
ม้วนวัสดุไป/มา ระหว่างเครื่องจักร ประเภทบรรทุกใช้สำหรับลากจูงโดยจะวางอยู่ข้างใต้รถเข็น/รถ
ลาก ประเภทลากจูงใช้เป็นพาหนะลากจูงรถเข็น (คล้ายรถไฟ) สามารถใช้เป็นแบบอัตโนมัติหรือ
พนักงานบังคับก็ได้ แล้วแต่วัตถุประสงค์ ประเภท Mini-load เหมาะสำหรับการจัดส่งชิ้นส่วนอุปกรณ์
ไปยังโรงประกอบ (สึลาวดี, 2560) รูปภาพประกอบด้านล่างตามลำดับ



ภาพที่ 1 ประเภทระบบลำเลียงแบบโซ่
(สึลาวดี, 2560)



ภาพที่ 2 ประเภทระบบลำเลียงแบบลูกกลิ้ง
(สึลาวดี, 2560)



ภาพที่ 3 ประเภทโฟล์ค
(ลีลาวดี, 2560)



ภาพที่ 4 ประเภทขนย้ายม้วนวัสดุ
(ลีลาวดี, 2560)



ภาพที่ 5 ประเภท Mini-load
(ลีลาวดี, 2560)

จากประเภทต่างๆ ของรถ AGV ตามภาพที่ 1-5 จะเห็นได้ว่ามีส่วนที่เหมือนกันคือ ชุดต้นกำลังที่ใช้เป็นมอเตอร์เป็นตัวทำให้รถ AGV เคลื่อนที่ การเขียนโปรแกรมให้รถทำงานจากสถานีที่ 1 ไปยัง

สถานีต่อไปโดยส่วนใหญ่จะให้เส้นทางในการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเพื่อความสะดวกในการจัดการ และการเชื่อมต่อสายไฟ วงจร การควบคุม ในงานนี้นำเสนอการจำลองการทำงานของการขนส่งวัสดุ ระหว่างกระบวนการผลิต และการคำนวณ การออกแบบชุดต้นกำลังของรถ AGV โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์เป็นสเต็ปมอเตอร์ (Stepping motor) ในการขับเคลื่อนรถ AGV ซึ่งเป็นต้นแบบ ในการจำลองที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ศึกษาการคำนวณจากการศึกษาการขนส่งวัสดุในโรงงาน (นิพนธ์ และมานะ, 2554) ได้นำเสนอผลการทดสอบรถขนส่งวัสดุในโรงงานสามารถลากจูงรับและส่งวัสดุน้ำหนัก 10 กิโลกรัม วิ่งรับและส่งของทั้งหมด 4 สถานี มีการศึกษาพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยระบบขับเคลื่อนแบบล้อแมคคานิค (สรายุทธ และณิชนันท์, 2560) เสนอการทำการทดสอบการทำงานของพาหนะเคลื่อนที่ 6 แบบ ผลการทดสอบการวิ่งทางตรงกำหนดค่าเกิดค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในขณะวิ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมพาหนะเมื่อถึงทางเลี้ยว ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ศึกษาการพัฒนาการควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวี (พงศ์เทพ, 2550) ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวีแบบลากจูง ตัวควบคุมถูกออกแบบโดยใช้ตัวควบคุมแบบ Proportional integral derivative control (PID) ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่ใช้แก้ไขปัญหาในสถานะคงตัวของระบบเพื่อควบคุมตำแหน่ง ในการทำงานเริ่มต้นด้วยการป้อนข้อมูลจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งข้อมูลไปที่ Programmable logic control (PLC) เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร และใช้งานผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยควบคุมรถ AGV ด้วยกล้องไร้สาย (อภิชาติ, 2551) ศึกษาการลดต้นทุนเพื่อเพิ่มการแข่งขันในภาคธุรกิจ โดยสามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี ถือว่าเหมาะสมและเป็นประโยชน์ การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (จักรพันธุ์, 2555) ศึกษาผลกระทบในการใช้รถ AGV โดยการจำลองปัญหาโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์เพื่อวัดประสิทธิภาพในการใช้งาน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการจำลองการทำงานในกระบวนการผลิตที่คำนวณขนาดของมอเตอร์จากสเต็ปมอเตอร์ยังไม่มี จึงได้นำเสนอวิธีที่ใช้วิเคราะห์โดยอ้างอิงจากการศึกษาการขนส่งวัสดุในโรงงาน (นิพนธ์ และมานะ, 2554) ที่ใช้มอเตอร์กระแสไฟฟ้ามาเป็นต้นกำลัง

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อการออกแบบและพัฒนารถขนส่งอัตโนมัติราคาถูกลงสำหรับการใช้งานขนส่งวัสดุในกระบวนการผลิต

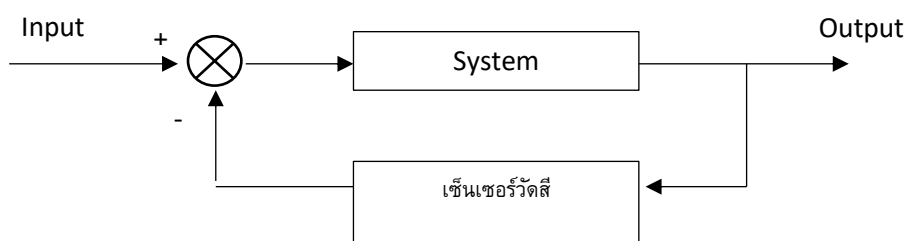
3. วิธีดำเนินงานวิจัย

จากการสืบค้นข้อมูลที่ได้การวางแผนการผลิตจากกระบวนการผลิตซึ่งยังเป็นการใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ได้มีความต่อเนื่องในกระบวนการผลิตยังแยกชิ้นส่วนต่างๆ ผลิตร่อนจะนำส่งไปใน

กระบวนการผลิต และในภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยนั้น ชิ้นส่วนการผลิตที่ผลิตออกมานั้นยังมีน้ำหนักไม่มากเช่นในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จึงได้มีแนวคิดในการพัฒนารถ AGV เข้ามาช่วยทำให้กระบวนการมีความต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น เริ่มต้นจากการคำนวณและออกแบบตัวรถ AGV ที่สามารถรับน้ำหนักได้ 10 กิโลกรัมโดยไม่รวมน้ำหนักจากตัวรถ และนำข้อมูลที่ได้อามาเลือกขนาดของสแตปป์มอเตอร์ และออกแบบลักษณะการใช้งานโดยกำหนดให้สามารถทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้ เลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมและการเชื่อมต่อ เมื่อได้อุปกรณ์ครบถ้วนแล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน เขียนโปรแกรมลักษณะการทำงาน จากนั้นทำการทดสอบการทำงานในการสั่งงานผ่านมือถือเพื่อให้หยุดตามตำแหน่งที่กำหนด ทดสอบการหยุดของรถ AGV เมื่อเจอสิ่งกีดขวาง ทดสอบการรับน้ำหนักเคลื่อนที่ในระยะทาง 10 เมตรโดยเพิ่มน้ำหนักของรถจากมวลที่ชั่งครั้งละ 1 กิโลกรัม เก็บข้อมูลจากการทำงานจริง และทำการทดสอบความเร็วเฉลี่ยในการวิ่งโดยไม่มีน้ำหนักในระยะทาง 10 เมตรโดยใช้นาฬิกาจับเวลา และคำนวณเป็นความเร็วเฉลี่ยที่รถสามารถวิ่งได้

การออกแบบการทำงานของรถ

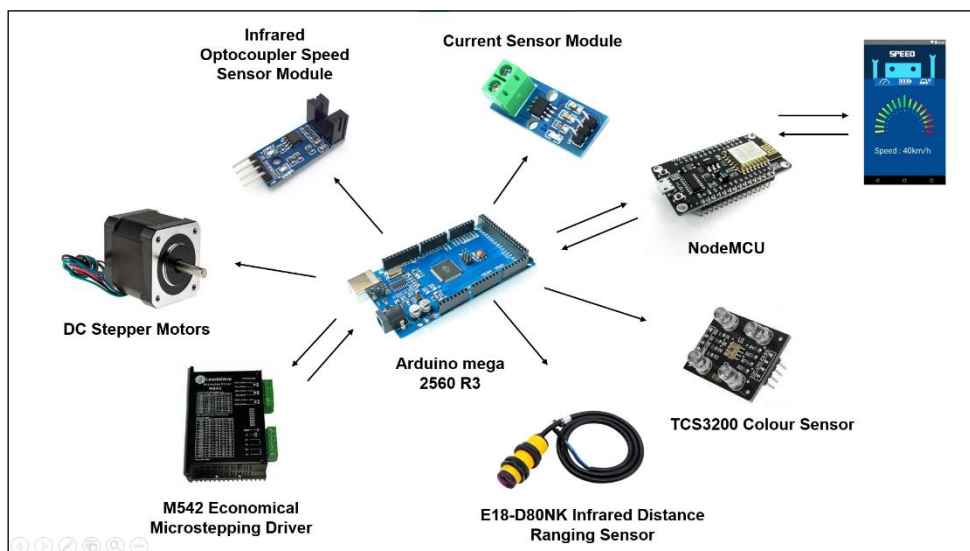
การควบคุมการทำงานของรถที่วิ่งตามเส้นใช้หลักการควบคุมแบบป้อนกลับ feedback control ดังภาพที่ 6 การควบคุมแบบปิด การทำงานของรถนั้นได้ออกแบบโดยให้รถวิ่งตามสี โดยใช้เส้นสีดำบนพื้นแบบวงรีเป็นเส้นสีแดง ใช้ตัวตรวจวัดสีติดที่ตัวรถตามระยะที่สามารถตรวจจับได้ ติดตัวตรวจวัดสีเรียงตัวกัน 3 ตัว เมื่อตัวตรวจวัดสีตรวจจับได้ตรงกลางจะใช้ความเร็วสูงสุดที่ได้ตั้งค่าไว้ เมื่อตรวจจับได้ด้านซ้ายหรือขวาจะให้ความเร็วของมอเตอร์ด้านตรงข้ามจับตัวตรวจวัดสีที่วัดได้ลดความเร็วลงให้สามารถเข้าโค้งหรือเลี้ยวได้ และได้ตีเส้นสีเขียวและสีน้ำเงินเป็นจุดจอดของสถานี



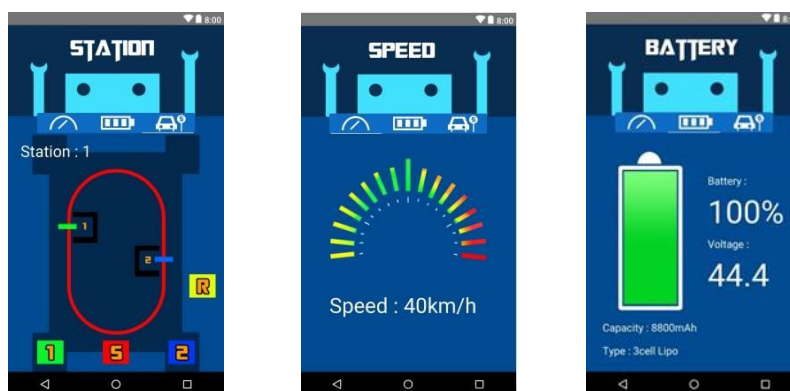
ภาพที่ 6 การควบคุมแบบปิด

การเชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU เชื่อมต่อผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ (Application blynk) ดังแสดงในภาพที่ 7 ในการสั่งการทำงานทั้งแบบบังคับการทำงานด้วยมือ แบบการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชัน ให้วิ่งไปจอดตามสถานีที่กำหนด และแสดงผลการใช้งานของแบตเตอรี่ แสดงตำแหน่ง

ของตัวรถว่าอยู่ที่สถานีที่ 1 หรือ 2 แสดงความเร็วของรถในขณะการทำงาน โดยได้ใช้ผ่านแอปพลิเคชัน สั่งการและแสดงผลดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของรถ AGV



ภาพที่ 8 แอปพลิเคชันที่ใช้ในการทำงาน (พลิชฐ์ และคณะ, 2561)

การคำนวณหาขนาดต้นกำลัง

การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ข้อกำหนดที่เลือกโดยใช้สเปคปั๊มมอเตอร์ที่สามารถรับน้ำหนักของตัวรถรวมกับการบรรทุก 11.3 กิโลกรัม โดยเริ่มจากกฎข้อที่สองของนิวตัน $\sum F = ma$ เมื่อรถเคลื่อนที่เกิดแรงเสียดทานจากล้อกับพื้นโดยค่าแรงเสียดทานตามตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (นิพนธ์ และมานะ, 2554)

ลำดับ	แรงเสียดทาน	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
1	แรงเสียดทานบนพื้นทั่วไป	0.8
2	แรงเสียดทานของล้อ	0.015
3	แรงเสียดทานอากาศ	0.02
4	แรงเสียดทานของแบริ่ง	0.006

ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจากตารางสามารถรวมได้เท่ากับ 0.841 จากกฎข้อที่สองของนิวตันเมื่อมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นจะได้ว่า

$$F - F_{friction} = ma \quad (1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่รถสามารถทำได้
 $F_{friction}$ คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น
 m คือ มวลของรถ
 a คือ ความเร่งของรถ ในที่นี้ให้ความเร็วคงที่

จากน้ำหนักของรถ 11.3 กิโลกรัม โดยจะได้แรงในแนวแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 11.3×9.81 เท่ากับ 110.853 N และสมการของแรงเสียดทานมีสูตร

$$F_{friction} = \mu N \quad (2)$$

เมื่อ μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียด
 N คือ แรงในแนวแรงโน้มถ่วง

จากสมการที่ 2 ค่าแรงเสียดทานจะมีค่าเท่ากับ 0.841×110.853 เท่ากับ 93.227 N ซึ่งมีล้อที่รับแรงทั้งหมด 4 ล้อ ดังนั้นจะมีแรงกระทำที่ล้อเท่ากับ 23.30675 N

ในบทความนี้ได้เลือกใช้สปีดปั๊มมอเตอร์ ซึ่งเมื่อดูข้อมูลจากคุณสมบัติของมอเตอร์แล้วพบว่าเกิดทอร์กมากที่สุดเท่า 0.4 Nm (ที่ความเร็วสูง) จากสมการทอร์กที่ว่า

$$T = Fxr \quad (3)$$

และได้ทำการย้ายข้างสมการหาค่าแรงที่มอเตอร์โดยขนาดรัศมีของล้อมีขนาด 12.5 cm แรงจะมีค่าเท่ากับ 0.4/0.0625 มีค่าเท่ากับ 0.64 N แรงที่ใช้ในการลากรถต้องมากกว่า 23.30675 N ซึ่งแรงของมอเตอร์หนึ่งตัวเท่ากับ 0.64 N หากใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสองตัวจะมีค่าเท่ากับ 1.28 N ซึ่งไม่เพียงพอกับแรงที่สามารถลากได้ที่ความเร็วสูง แต่สแต็ปมอแตร์นั้นมีตัวควบคุมสามารถปรับตั้งค่าได้ ได้ปรับตั้งค่าความเร็วรอบต่ำทำให้สแต็ปมอแตร์สามารถรับแรงทอร์กได้ถึง 2.2 N.m จากสมการ(5) สแต็ปมอแตร์ 1 ตัวสามารถรับแรงได้ 35.2 N.m ในงานวิจัยนี้ใช้สแต็ปมอแตร์ 2 ตัวดังนั้นเมื่อปรับตั้งค่าเช่นนี้สแต็ปมอแตร์สามารถรับแรงได้มากกว่าแรงที่กระทำของแต่ละล้อในการใช้งานได้ และที่เลือกใช้ความเร็วต่ำนั้นเนื่องจากภาคอุตสาหกรรมต้องการความเร็วไม่สูงมาก เพื่อความปลอดภัยในโรงงาน

วัสดุและอุปกรณ์

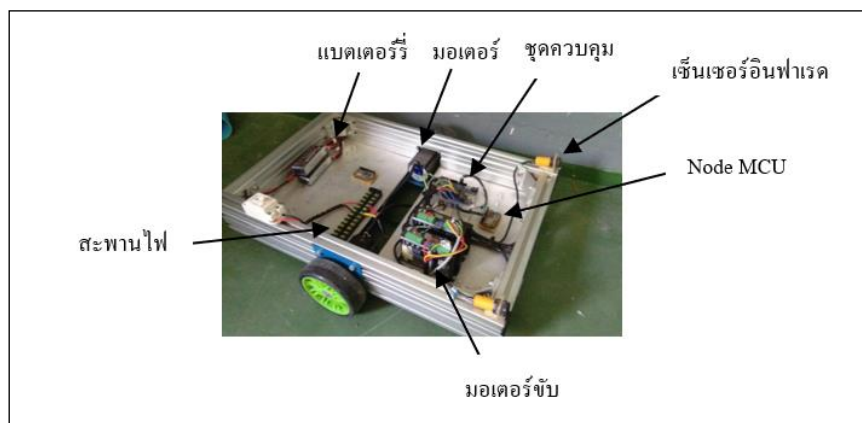
จากข้อมูลข้างต้นจะสามารถเลือกมอเตอร์ได้ และจากข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในอุตสาหกรรม จึงเลือกอุปกรณ์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายการอุปกรณ์

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	คำอธิบาย
1	Arduino MEGA 2560 R3	บอร์ดที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของตัวรถ
2	NodeMCU	บอร์ดที่ใช้เขียนโปรแกรมสื่อสาร application บนมือถือ
3	TCS3200 Colour Sensor	ตัวตรวจจับสี
4	M542 Economical Microstepping Driver	ตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์
5	E18-D80NK Infrared Distance Ranging Sensor	ใช้ตรวจจับระยะทางด้วยหลักการของการสะท้อนแสง
6	Infrared Optocoupler Speed Sensor Module	ใช้ตรวจจับความเร็วรถ
7	Current Sensor Module	ใช้ตรวจจับกระแสไฟฟ้า
8	DC Stepper Motors	ต้นกำลังในการขับเคลื่อนสแต็ปมอแตร์

การเชื่อมโยงของอุปกรณ์ของรถ AGV ด้วยบอร์ดอาร์ดูโน้ รับค่าด้วยตัวเซ็นเซอร์ต่างๆมาประมวลผลผ่านตัวบอร์ดโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของรถ AGV บอร์ดจะส่งคำสั่งให้มอเตอร์หมุนและหยุดการทำงาน ตามสถานีที่ได้รับจากแอปพลิเคชันบนมือถือส่งผ่านมายัง NodeMCU ไปที่บอร์ดอาร์ดูโน้ โดยได้กำหนดเส้นทางเป็นวงรี โดยมีอุปกรณ์เสริมโดยสามารถแสดง

ค่าความเร็วรถ และกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่จากแบตเตอรี่ได้ สามารถติดตั้งอุปกรณ์ที่ใส่เข้าไปในระบบ จากภาพที่ 9



ภาพที่ 9 รถขนส่งวัสดุในโรงงาน (พลิชฐ์ และคณะ, 2561)

4. ผลการวิจัย

เมื่อได้วัสดุอุปกรณ์ตามที่ต้องการแล้ว ได้ทำการประกอบ ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ และเขียนโปรแกรมตามเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นแล้วมาทำการทดสอบ ดังนี้

4.1. ผลการทดสอบจากการคำนวณที่ความเร็วรอบสูง โดยวิ่งตัวเปล่าเมื่อทำการทดสอบให้วิ่ง 10 เมตร พบว่ารถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

4.2. ผลการทดสอบจากการคำนวณที่ความเร็วรอบต่ำ และปรับตั้งค่าที่ความเร็วต่ำได้ตามตารางที่ 3 ซึ่งพบว่ารถไม่สามารถวิ่งได้เมื่อบรรทุกเกิน 12 กิโลกรัม

4.3. ผลการทดสอบความเร็วเฉลี่ยในการวิ่งโดยไม่มีน้ำหนักกระยะทาง 10 โดยใช้นาฬิกาจับเวลา และคำนวณเป็นความเร็วเฉลี่ยที่รถสามารถวิ่งได้ตามตารางที่ 4 พบว่าความเร็วเฉลี่ยของรถเท่ากับ 1.344 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

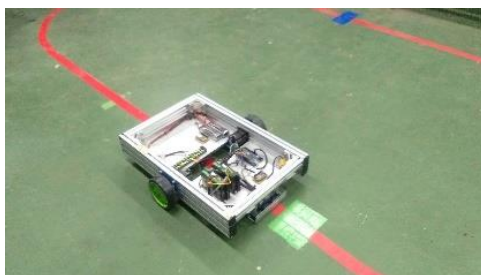
4.4. การทำงานของรถ ในการทดสอบนั้นได้ทำการตีเส้นเป็นวงรีเพื่อการทดสอบอย่างง่าย เมื่อพบเส้นสีเขียวดำรถก็จะทราบว่าเป็นตำแหน่งที่ 1 ดังภาพที่ 10 และเมื่อพบเส้นสีน้ำเงินดำรถก็จะทราบว่าเป็นตำแหน่งที่ 2 ดังภาพที่ 11

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่ปรับตั้งค่าความเร็วต่ำ

ลำดับ	น้ำหนักบรรทุกทุก(กิโลกรัม)	ผลการทดลอง	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	0	☒	
2	1	☒	
3	2	☒	
4	3	☒	
5	4	☒	
6	5	☒	
7	6	☒	
8	7	☒	
9	8	☒	
10	9	☒	
11	10	☒	
12	11	☒	
13	12		☒

ตารางที่ 4 ความเร็วเฉลี่ยที่รถสามารถวิ่งได้

ครั้งที่	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	ความเร็ว(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
1	10	26.78	1.344
2	10	26.78	1.344
3	10	26.78	1.344
4	10	26.66	1.350
5	10	26.76	1.345
6	10	26.78	1.344
7	10	26.75	1.346
8	10	26.78	1.344
9	10	26.81	1.343
10	10	26.78	1.344
11	10	26.80	1.343
12	10	26.78	1.344
13	10	26.80	1.343
14	10	26.90	1.338
15	10	26.78	1.344
เฉลี่ย (วินาที)		26.78	1.344



ภาพที่ 10 ตำแหน่งการทำงานที่ 1
(พลีษฐ์ และคณะ, 2561)



ภาพที่ 11 ตำแหน่งการทำงานที่ 2
(พลีษฐ์ และคณะ, 2561)

เมื่อทำการทดสอบพบว่าสามารถใช้งานได้ตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้โครงสร้างจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ดังภาพที่ 12 และทำการทดสอบการหยุดการทำงานของตัวรถดังภาพที่ 13 ซึ่งสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 12 ตัวรถที่ใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์เป็นโครงสร้าง
(พลีษฐ์ และคณะ, 2561)



ภาพที่ 13 เมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่บนทางวิ่ง รถจะหยุดทันที
(พลีษฐ์ และคณะ, 2561)

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการศึกษาข้อมูลที่อ้างอิงเบื้องต้นกระบวนการผลิตจะถูกพัฒนาไปในแนวทางของกระบวนการผลิตแบบลีน เมื่อเทียบกับอดีตที่เป็นการจัดกลุ่มของเครื่องจักรการผลิตแบบลีนนั้นสามารถควบคุมการผลิตและวิเคราะห์ปัญหาของแต่ละกระบวนการได้ง่ายกว่า ซึ่งจะทำให้ในการผลิตนั้นยังไม่ต่อเนื่องสมบูรณ์ จึงทำการนำเอารถ AGV เข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตให้มีความแน่นอนและความคุมเวลาการผลิตได้ง่ายขึ้น จากที่ทำการออกแบบ เลือกอุปกรณ์และทำการทดสอบผลที่เกิดขึ้นพบว่า เมื่อเติมน้ำหนักครั้งละ 1 กิโลกรัม วิ่งที่ระยะทาง 10 เมตร รถ AGV เมื่อเติมน้ำหนักไป 12 กิโลกรัมรถไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นการรับน้ำหนักบรรทุกของรถ AGV ได้ไม่เกิน 11 กิโลกรัมไม่รวมน้ำหนักของตัวรถ เมื่อทำการทดสอบการวิ่งในระยะทาง 10 เมตร ทำการจับเวลา และหาความเร็วเฉลี่ยได้ 1.344 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถทำงานตามการสั่งงานได้ถูกต้อง ในการสั่งงานไปยังจุดต่างๆ ทำกำหนดอยู่บนแอปพลิเคชัน สามารถหยุดรถเมื่อมีสิ่งกีดขวางเข้ามาได้ทันที และสามารถทำงานต่อเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางได้ ปัจจุบันยังเป็นชุดที่ใช้ในการจำลองการทำงาน และได้ดำเนินการพัฒนารถ AGV ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยใช้ PLC เข้ามาในการควบคุม โดยเปลี่ยนจากแทปสีเป็นแทปแม่เหล็กซึ่งไม่ได้ถูกปัจจัยภายนอกเข้ามารบกวนในขณะที่ใช้งานเช่นแสงจากภายนอก รบกวน และรถ AGV ต้นแบบนี้สามารถใช้งานได้ง่าย พนักงานสามารถเข้าใจได้ง่ายและพัฒนาต่อยอดกับอุตสาหกรรมได้ เป็นไปตามนโยบายอุตสาหกรรม 4.0 ที่เกิดขึ้นมานั้นทางภาคอุตสาหกรรมได้มีการตอบรับเป็นอย่างดี เพื่อลดปัญหาค่าแรงที่มีอัตราสูงขึ้น และพัฒนาแรงงานที่ไม่มีฝีมือให้มีความสามารถมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- จักรพันธ์ สุริยกุล ณ อยุธยา. (2555). **การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ เรืองวิริยะนันท์, และมานะ ทะนะอัน. (2554). **การขนส่งวัสดุในโรงงาน**. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 6(2), 44-51.
- พงศ์เทพ ดวงมาศ. (2550). **การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- พลีษฐ์ ทองเต็ม, ธงชัย สมแสง, วุฒิชัย อุดม, นพรุจ เขียวนาค, และ ทศพันธ์ สุวรรณทัต. (2561). **รถขนส่งสื่อสารทุกสรรพสิ่ง**. การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 10, 486 - 489
- รติพล จันทรแพง. (2559). **การจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- รัตติยา ราชณะสุข, และชุมพล ยวงใย. (2555). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์**. ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. 685-692.
- ลีลาวดี. (2560). **ระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ**. ค้นจาก http://leelawadee076.blogspot.com/2017/06/blog-post_15.html
- สรพรเพชญ พันธ์ดี. (2554). **แนวโน้มของระบบการผลิตในอนาคต**. วารสารนักบริหาร. 31(4), 197-201.
- สรายุทธ นาขมิ้น, และณิชนันท์ ขาวมงคล. (2560). **พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยระบบขับเคลื่อนแบบล้อแมคคานิค**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- อภิชาติ พันธุ์ชัย. (2551). **การควบคุมรถเอจีวีด้วยกล้องไร้สาย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- อลงกรณ์ เมืองไหว และขวัญนิธิ คำเมือง. (2560). **การจัดเซลล์การผลิตแบบเซลล์ลาร์โดยการกำหนดพนักงานในการทำงานด้วยวิธีเมตาฮีริสติกส์**. Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences, 18(1), 72-82.