

การนำทางด้วยป้าย QR Code ของรถขนส่งอัตโนมัติ ภายในคลังสินค้า

QR CODE NAVIGATION FOR THE AUTOMATIC TRANSPORT VEHICLE INSIDE WAREHOUSES

ปริญญ์ บุณย์เจริญ¹

ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบรถขนส่งอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์สำหรับรับส่งสินค้าภายในคลังสินค้า โดยนำชุดประกอบรถยนต์ขนาดเล็กมาพัฒนาต่อเป็นรถรับส่งสินค้าแบบอัตโนมัติ และสร้างการนำทางด้วยป้าย QR Code เพื่อสนับสนุนการเดินทางให้เป็นไปอย่างถูกต้องและปลอดภัย อีกทั้งมีการกำหนดสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น สัญญาณการหยุด สัญญาณการเลี้ยว และป้ายบอกทาง โดยมีการกำหนดการใช้งานทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง เช่น มอเตอร์ขนาดเล็ก เซ็นเซอร์อินฟราเรด เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกส์ บอร์ด Raspberry Pi และ กล้องเว็บแคม รวมไปถึง ระบบฐานข้อมูล กระบวนการตรวจจับ และการควบคุมทิศทางการใช้เส้นทาง

ผลการวิจัยพบว่า รถขนส่งอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์ สามารถเดินทางนำส่งสินค้าได้อย่างอัตโนมัติ โดยอาศัยทรัพยากรและสภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถเดินทางตามทิศทางได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ รถขนส่งอัตโนมัติ ระบบฝังตัว ราสเบอร์รี่พาย

ABSTRACT

This research aims to develop a prototype of an automatic transport vehicle or robot for transport within a warehouse. They took a small car assembly to develop into an automatic cargo shuttle and created a navigation system with QR Code labels to support traveling correctly and safely. Relevant environments such as stop signals, turn signals, and road signs. Using related resources such as a small motor, infrared sensor, ultrasonic sensor, Raspberry Pi board, and webcam. As well as a database system, detection process, and control of the direction of the route.

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

² ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

The result showed that automatic transport vehicles or robots are able to automatically travel and Transport by relying on the resources and the environment that is determined efficiently. Therefore, they are able to travel in the direction correctly and safely.

Keywords: Robot, Automatic Transport Vehicle, Embedded System, Raspberry Pi

1. บทนำ

คลังสินค้า เป็นพื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้าจำนวนมาก ซึ่งต้องอาศัยแรงงานคนเป็นจำนวนมากในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ภายในพื้นที่ ซึ่งอาจมีเครื่องจักรเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวก เช่น รถโฟล์คลิฟท์ แต่ยังคงอาศัยความชำนาญของแรงงานในการใช้งานเครื่องจักรเหล่านั้นเพิ่มเติม จึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายให้กับความชำนาญของแรงงานและเครื่องจักรเพิ่มขึ้น (Awasthi *et al.*, 2019) ทั้งนี้กิจกรรมภายในคลังสินค้าส่วนใหญ่ มักเป็นกิจกรรมแบบซ้ำเดิมทุกวัน เช่น การรับเข้าสินค้า และการจ่ายสินค้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาต้นแบบรถขนส่งอัตโนมัติหรือโรบอทสำหรับรับส่งสินค้าภายในคลังสินค้า และสร้างการนำทางแบบอัตโนมัติให้กับโรบอท ด้วยป้าย QR Code เพื่อจำลองการใช้งานทดแทนแรงงานคน โดยนำชุดประกอบรถยนต์ขนาดเล็กมาพัฒนาและประยุกต์เป็นโรบอทสำหรับรับส่งสินค้าและสร้างสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องเพื่อให้นำทางไปยังพื้นที่ต่างๆ ภายในคลังสินค้าได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

แนวทางในการนำทางให้กับโรบอทด้วยป้าย QR Code จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีดังนี้

- การกำหนดรูปแบบของการจัดวางหรือการหมุนเปลี่ยนทิศทางของป้าย QR Code ที่แตกต่างกัน และกำหนดความหมายให้แต่ละรูปแบบ เพื่อบอกทิศทางในการเดินทาง (Sneha *et al.*, 2019)
- การจัดเก็บหรือบรรจุข้อมูลทิศทางลงในป้าย QR Code โดยข้อมูลจะประกอบด้วยรหัสจำนวน 4 ตำแหน่ง และกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 เป็นข้อมูลที่บอกทิศทางในการเดินทาง เช่น กำหนดรหัสเป็น LA01 เมื่อตรวจสอบข้อมูลในตำแหน่งที่ 1 จะพบว่า เป็นตัว L ซึ่งหมายถึง การเลี้ยวซ้าย (Left) ดังนั้นทิศทางในการเดินทางต่อไป จะต้องทำการเลี้ยวซ้าย (Suriyon *et al.*, 2011)
- การบรรจุข้อมูลพิกัด X Y ของสถานที่ลงในป้าย QR Code โดยระหว่างการเดินทางจะมีการจัดเก็บข้อมูลพิกัดของสถานที่ปลายทางและสถานที่ที่ผ่านม่าสุดไว้อย่างต่อเนื่อง เมื่อถึงจุดที่ต้องอ่านป้าย QR Code ในตำแหน่งปัจจุบัน ณ ขณะนั้น จะมีการนำข้อมูล ซึ่งเป็นพิกัดของตำแหน่งปัจจุบันและข้อมูลที่จัดเก็บไว้ก่อนหน้านี้ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดของสถานที่ในตำแหน่งปลายทางและตำแหน่งที่ผ่านม่าสุด นำมาใช้ในการคำนวณหาระยะทางและทิศทางในการเดินทางต่อไป (Chawaphan *et al.*, 2021)

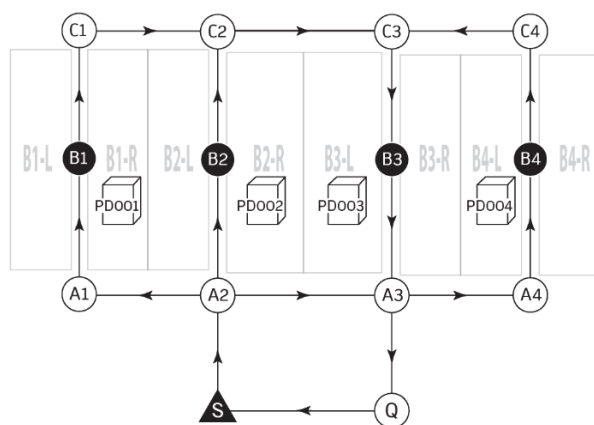
2. การดำเนินการวิจัย

2.1 การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์

โครงสร้างของต้นแบบที่นำมาพัฒนาเป็นรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นชุดประกอบรถยนต์ขนาดเล็ก ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์พื้นฐาน ได้แก่ โครงของตัวรถหรือคัชชี ล้อรถ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก จากนั้น จะมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์สำคัญ ประกอบด้วย บอร์ด Raspberry Pi รุ่น Zero อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เซ็นเซอร์อินฟราเรด เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกส์ กล้องเว็บแคม แบตเตอรี่ และ โมดูลสำหรับขับกำลังไฟฟ้า โดยบอร์ด Raspberry Pi เป็นเสมือนศูนย์กลางการควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมด และต้องติดตั้งระบบปฏิบัติการและแฟลชเกจที่สำคัญลงในบอร์ด Raspberry Pi ร่วมด้วย

2.2 การวิเคราะห์และออกแบบเส้นทาง ภายในคลังสินค้า

เส้นทางสำหรับเดินทางต้องสามารถเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ ภายในคลังสินค้าให้มากที่สุด เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด โดยมีการกำหนดสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้า จุดสำหรับรับหรือส่งสินค้า จุดสำหรับตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันในขณะนั้น และการจำกัดทิศทางของแต่ละเส้นทาง โดยแต่ละจุด จะมีการติดป้าย QR Code ซึ่งมีข้อมูลของสถานที่นั้นจัดเก็บไว้



ภาพที่ 1 พังของเส้นทางสำหรับเดินทางของโรบอท ภายในคลังสินค้า

2.3 การกำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ข้อมูลสินค้า คือ ข้อมูลของรายการสินค้าทั้งหมด 4 รายการ โดยกำหนดเป็นรหัสสินค้า PD001, PD002, PD003 และ PD004 ซึ่งมีบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมและน้ำหนัก 250 มล. เท่ากัน

2.3.2 ข้อมูลสถานี คือ ข้อมูลของจุดต่างๆ บนเส้นทางภายในคลังสินค้า ตามภาพที่ 1 ซึ่งได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 2.2 ก่อนหน้านี้ ซึ่งจะเป็จุดสำหรับหยุดการเดินทางเพื่อรับส่งสินค้าหรือตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันในขณะนั้น

2.3.3 ข้อมูลการเดินทาง คือ รายละเอียดของเส้นทางในการนำส่งสินค้าแต่ละรายการ โดยจัดทำเป็นตารางข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เพื่อสนับสนุนการเดินทางของโรบอทให้ดำเนินไปได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเดินทางเพื่อนำส่งสินค้าแต่ละรายการ

ลำดับ	รหัสสินค้า	พื้นที่จัดเก็บสินค้า	สถานีปลายทาง	สถานีทางผ่าน(ขาไป)	สถานีทางผ่าน(ขากลับ)
1	PD001	B1-R	B1	S, A2, A1, B1	C1, C2, C3, B3, A3, Q, S
2	PD002	B2-R	B2	S, A2, B2	C2, C3, B3, A3, Q, S
3	PD003	B3-L	B3	S, A2, B2, C2, C3, B3	A3, Q, S
4	PD004	B4-L	B4	S, A2, A3, A4, B4	C4, C3, B3, A3, Q, S

ตารางที่ 2 ข้อมูลทิศทางของการเดินทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปที่ตำแหน่งปลายทาง

ลำดับ	สถานีปลายทาง	สถานีปัจจุบัน	สถานีก่อนหน้า	ทิศทาง
1	B1	S	Q	Right
2	B1	A2	S	Left
3	B1	B1	A1	Stop
4	S	B1	A2	Go
...	...	...	...	...

2.4 การวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล MySQL ถูกนำมาใช้งานและติดตั้งลงในบอร์ด Raspberry Pi เพื่อจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง โดยหุ่นจะนำมาใช้ในการตรวจสอบทิศทางในการเดินทางและบันทึกประวัติการทำงาน

2.5 การกำหนดเกณฑ์และเงื่อนไขในการทำงาน

2.5.1 ป้าย QR Code แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. ป้ายของสินค้า และ 2. ป้ายของสถานี โดยทั้ง 2 ประเภท จะบรรจุข้อมูลเป็นรหัสของสินค้าและสถานี โดยมีขนาดที่แตกต่างกัน ส่วนของป้ายสินค้า จะติดที่บริเวณด้านบนของบรรจุภัณฑ์ และส่วนป้ายของสถานี จะติดที่บนพื้นของเส้นทาง



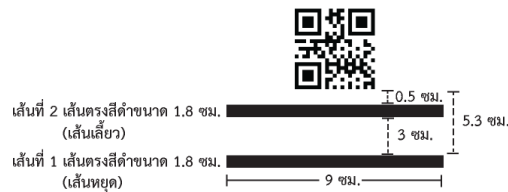
ภาพที่ 2 ขนาดและการใช้งานป้าย QR Code บนบรรจุภัณฑ์ (ซ้าย) และบนพื้นถนน (ขวา)

2.5.2 เส้นทางหรือถนน คือ แนวเส้นตรงสำหรับใช้ในควบคุมการเดินทางของหุ่น โดยใช้เทปขาว PVC สีดำ ติดบนพื้นเป็นแนวเส้นตรงตลอดเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางภายในคลังสินค้า

2.5.3 เส้นหยุด คือ สัญญาณควบคุมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อหยุดการเดินทางของหุ่น เพื่ออ่านป้าย QR Code ของสถานี โดยลักษณะของเส้นหยุดจะเป็นเส้นตรง ทึบ สีดำ ขนาดความกว้าง 1.8 ซม. และความยาว 9 ซม. ติดอยู่บนเส้นถนนในแนวตัดขวางกับเส้นถนน โดยจะติดที่บริเวณก่อนถึงป้าย QR Code ของสถานี

โดยมีระยะห่างจากขอบซ้าย QR Code เท่ากับ 5.3 ซม. ซึ่งเป็นระยะที่กล้องเว็บแคมด้านหน้าของหุ่นสามารถจัดเก็บรายละเอียดของป้าย QR Code ได้อย่างครบถ้วน

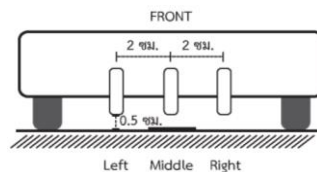
2.5.4 เส้นเดี่ยว คือ สัญญาณควบคุมที่กำหนดขึ้นมาเพื่อควบคุมการเลี้ยว โดยลักษณะของเส้นเดี่ยวจะเหมือนกับเส้นหยุด แต่จะอยู่ใกล้กับป้าย QR Code ของสถานีมากกว่า



ภาพที่ 3 ตำแหน่งและลักษณะของเส้นหยุดและเส้นเดี่ยว

2.5.5 การตรวจจับ คือ การเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเพื่อควบคุมและดำเนินการตามที่กำหนดแบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ เส้นทาง เส้นหยุด/เส้นเดี่ยว ป้ายสถานี ป้ายสินค้าและสิ่งกีดขวาง

1) การตรวจจับเส้นทาง คือ การใช้งานเซ็นเซอร์อินฟราเรด ที่ติดตั้งบริเวณด้านหน้าของหุ่น จำนวน 3 ตัว เพื่อทำการตรวจจับเส้นทึบหรือเส้นทาง และมีการกำหนดเงื่อนไขในการตรวจสอบอัตลักษณ์ของข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์อย่างต่อเนื่อง โดยหากมีการตรวจพบเส้นทึบที่เซ็นเซอร์ตัวกลางแสดงว่าอยู่บนเส้นทางที่ถูกต้อง



ภาพที่ 4 ตำแหน่งของเซ็นเซอร์อินฟราเรด ที่ติดตั้งบริเวณด้านหน้า

2) การตรวจจับเส้นหยุดและเส้นเดี่ยว คือ การใช้งานเซ็นเซอร์อินฟราเรด ทำการตรวจจับเส้นทึบ เหมือนการตรวจจับเส้นทาง แต่มีข้อแตกต่างตรงที่ต้องตรวจพบเส้นทึบจากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัวพร้อมกัน โดยการตรวจจับของทั้ง 2 เส้นนี้ จะมีรูปแบบเหมือนกัน แตกต่างตรงที่การตรวจจับเส้นเดี่ยว จะเกิดขึ้นในภายหลัง หลังจากที่ออกจากเส้นหยุดแล้ว

3) การตรวจจับป้ายสถานี คือ การตรวจจับป้าย QR Code ที่ติดบนพื้นถนน เพื่อใช้ตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันและค้นหาทิศทางในการเดินทางต่อไป โดยนำตำแหน่งของปัจจุบัน ตำแหน่งของปลายทาง และตำแหน่งของสถานีที่ผ่านมาลำสุด ไปตรวจสอบทิศทางที่ฐานข้อมูล และจะได้รับข้อมูลตอบกลับมา ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นหลังจากตรวจพบเส้นหยุด โดยในกระบวนการตรวจจับ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การถ่ายภาพ การถอดรหัสข้อมูล และการตรวจสอบข้อมูลจากฐานข้อมูล



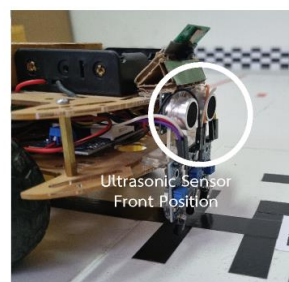
ภาพที่ 5 ตำแหน่งของกล้องเว็บแคมที่บริเวณด้านหน้าเพื่อตรวจจับป้ายสถานี

4) การตรวจจับป้ายสินค้า คือ การตรวจจับป้าย QR Code ที่ติดบนบรรจุภัณฑ์ของสินค้า เพื่อตรวจสอบข้อมูลของสินค้า สถานีปลายทาง และทิศทาง จากฐานข้อมูล โดยภายในป้ายจะมีข้อมูลเป็นรหัสสินค้าบรรจุไว้ การตรวจจับป้ายสินค้าจะเกิดขึ้นเมื่อโรบอทหยุดเดินทางอยู่ที่สถานีเริ่มต้น



ภาพที่ 6 ตำแหน่งของกล้องเว็บแคมที่บริเวณด้านหลังเพื่อตรวจจับป้ายสินค้า

5) การตรวจจับสิ่งกีดขวาง คือ การใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกส์ ทำการตรวจวัดระยะห่างจากเซ็นเซอร์ถึงวัตถุ หรือสภาพแวดล้อมที่มาบดบัง โดยจะมีการส่งข้อมูลมาให้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถนำมากำหนดเป็นเงื่อนไขในการเดินทาง หรือ หยุดเดินทาง ต่อไป



ภาพที่ 7 ตำแหน่งของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกส์ เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวาง

2.5.6 การเดินทางหรือการเคลื่อนที่ คือ การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ควบคุมวงล้อในการขับเคลื่อนการเดินทาง ซึ่งสามารถขับเคลื่อนได้ 2 ทิศทาง คือ เดินหน้าและถอยหลัง โดยใช้อุปกรณ์สำหรับควบคุมการขับเคลื่อน (L298N Motor Driver Module) เพื่อเปลี่ยนทิศทาง โดยการสลับขั้วไฟฟ้าของมอเตอร์

2.5.7 พื้นที่สำหรับเริ่มต้นทำงาน คือ พื้นที่สำหรับเริ่มต้นทำงานใหม่ของโรบอท ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของเส้นทางช่วงตั้งแต่สถานี Q จนถึง สถานี S เพื่อรีเซ็ตข้อมูลที่ค้างในระบบและเริ่มต้นเดินทางใหม่

2.6 การเขียนโปรแกรมและการติดตั้งระบบ

ภาษาไพธอน ถูกนำมาใช้เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของระบบและติดตั้งลงในบอร์ด Raspberry Pi ซึ่งมีการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspberry Pi OS และ แพลกเก็จที่สำคัญ ได้แก่ Pymysq, Pyzbar, PIL และ GPIO ส่วนคอมพิวเตอร์ของผู้วิจัย ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 และติดตั้งซอฟต์แวร์ ได้แก่ Visual Studio Code, Putty และ Fire Zilla เพื่อใช้ในการเขียนคำสั่งของระบบและเชื่อมต่อกับบอร์ด Raspberry Pi

2.7 การตรวจสอบความถูกต้องและประเมินประสิทธิภาพ

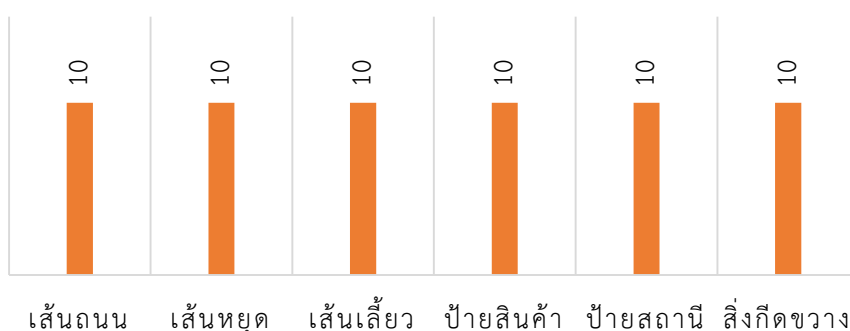
ขั้นตอนสุดท้าย เป็นการพิสูจน์ประสิทธิภาพของระบบ โดยทำการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย การตรวจจับ การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และการเดินทาง

3. ผลการดำเนินการวิจัย

ผลการทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของโรบอท สามารถแสดงรายละเอียดดังนี้

3.1 การตรวจจับและการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

การตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการตรวจจับและการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง แบ่งออกเป็น 6 หัวข้อย่อย คือ การตรวจจับเส้นถนน การตรวจจับเส้นหยุด การตรวจจับเส้นเลี้ยว การตรวจจับป้ายสินค้า การตรวจจับป้ายสถานี และการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง



ภาพที่ 8 ผลการทดสอบการตรวจจับและการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

จากการทดสอบการตรวจจับเส้นถนน ในเส้นทางที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ครั้ง พบว่าโรบอทสามารถตรวจจับเส้นถนนและเดินทางได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง โดยเมื่อมีการเบี่ยงออกทางซ้ายหรือขวา สามารถที่จะเบี่ยงกลับมาอยู่บนเส้นถนนได้อย่างถูกต้อง ส่วนการตรวจจับเส้นหยุด เมื่อโรบอท

เดินทางมาถึงเส้นหยุดในสถานีที่แตกต่างกัน จำนวน 10 สถานี พบว่าสามารถหยุดการเดินทางที่เส้นหยุดนั้นได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 สถานี ส่วนการตรวจจับเส้นเลี้ยว เมื่อวางโรบอทที่เส้นหยุดของสถานีต่างๆ จำนวน 10 สถานี เพื่อให้โรบอทเดินทางไปตรวจจับเส้นเลี้ยวและทำการเลี้ยวจนสมบูรณ์ พบว่า ทั้ง 10 ครั้ง โรบอทสามารถเริ่มต้นดำเนินการเลี้ยวเมื่อถึงเส้นเลี้ยวได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง

การตรวจจับป้ายสินค้า ทดสอบโดยนำสินค้าวางบนโรบอทครั้งละ 1 รายการ จนครบ 10 ครั้ง พบว่าสามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลของสินค้าได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้มีการใช้ระยะเวลาในการตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลของสินค้าแต่ละรายการแตกต่างกันเล็กน้อย อันเนื่องมาจากการจัดวางสินค้าในตำแหน่งที่ไม่เสมอกัน จึงทำให้ความคมชัดของรูปภาพที่ได้จากการถ่ายภาพจากกล้องเว็บแคม มีความแตกต่างกัน

การตรวจจับป้ายสถานี ดำเนินการโดยวางโรบอทที่สถานีต่างๆ จำนวน 10 สถานี เพื่อทดสอบการตรวจจับข้อมูลจากป้ายสถานี พบว่าสามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลของสถานีได้อย่างถูกต้อง

การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ดำเนินการทดสอบโดยนำวัตถุไปวางขัดขวางในขณะกำลังเดินทาง ในระยะที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ครั้ง พบว่าโรบอทสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวาง โดยจะหยุดเดินทางตามที่กำหนดได้อย่างถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง โดยจะหยุดรอ จนกว่าสิ่งกีดขวางนั้นจะหายไป แล้วจึงเดินทางต่อไป

3.2 การเดินทาง

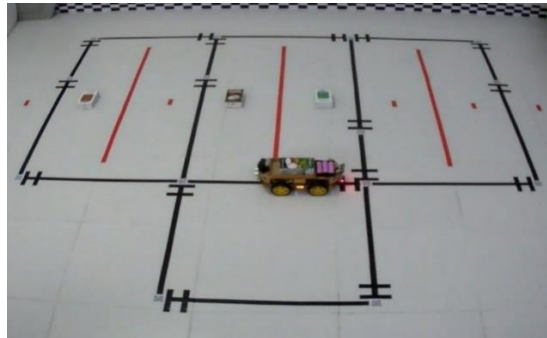
การตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของโรบอทในการเดินทางนำส่งสินค้าไปตามทิศทางที่กำหนด ตั้งแต่สถานีต้นทางไปถึงสถานีปลายทาง ทั้งขาไปและขากลับ โดยใช้ทิศทางในการเดินทางที่สัมพันธ์กับสินค้าที่กำลังนำส่งในขณะนั้น

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการเดินทางนำส่งสินค้าของโรบอท

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	รายการสินค้า			
		PD001	PD002	PD003	PD004
1	การเดินทางนำส่ง	100%	100%	100%	100%
2	การเดินทางกลับ	100%	100%	100%	100%
3	ทิศทางการใช้เส้นทาง	100%	100%	100%	100%

ผลการทดสอบการนำส่งสินค้าทั้ง 4 รายการ พบว่า เมื่อวางสินค้าบนกระเบาะของโรบอท โรบอทสามารถตรวจจับข้อมูลสินค้าได้โดยอัตโนมัติ และเดินทางนำส่งไปยังสถานีที่เป็นพื้นที่ในการจัดเก็บ

ของรายการสินค้าและสามารถเดินทางกลับมายังสถานีเริ่มต้นได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้มีการใช้ทิศทางในการเดินทางตามที่กำหนดในฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 9 การทดสอบการทำงานในการเดินทางนำส่งสินค้าทั้งหมดของโรบอท

4. สรุปผลการวิจัย

เกณฑ์และเงื่อนไขในการตรวจจับสภาพแวดล้อมตามที่กำหนดขึ้นให้กับโรบอท สามารถนำมาใช้ตรวจจับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เส้นถนน เส้นหยุด เส้นเลี้ยว ป้าย QR Code ของสินค้า ป้าย QR Code ของสถานี และสิ่งกีดขวาง ทำให้โรบอทสามารถเดินทางนำส่งสินค้าได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ทั้งนี้ได้รับการประสานข้อมูลที่ต้องการจากระบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นเสมือนเข็มทิศในการบอกทิศทางที่ถูกต้องให้กับการเดินทาง ทำให้การดำเนินการต่างๆ สามารถดำเนินไปได้โดยอัตโนมัติ

บรรณานุกรม

- Akash Awasthi, A. Madhu Vamsi, and P. Deeplakshmi. (2019). Deep Learning-based mobile robot for warehouse keeping. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9 (154).
- A. Sneha, V. Sai Lakshmi Teja, Tusar Kanti Mishra and Kuppili N. Satya Chitra. (2019). QR Code based Indoor Navigation System for Attender Robot. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 6 (21).
- Tansuriyavong Suriyon, Higa Keisuke and Boonmee Choompol. (2011). Development of Guide Robot by Using QR Code Recognition. *The Second TSME International Conference on Mechanical Engineering*.
- Thanarat Chawaphan, Duangkamol Angboonta and Myo Min Aung. (2021). A study of QR code for Identifying Location and Navigation in Mobile Robot. *International Journal of Latest Engineering Research and Applications*, 6 (1), pp. 10-17.