

Received: November 6, 2023; Revised: December 21, 2023; Accepted: May 5, 2024

หุ่นยนต์เดินตามเส้นสำหรับระบบการจัดการหนังสือห้องสมุด Line following robot for library book management system

ปิยพัฒน์ พานเมือง^{1*} จารุวรรณ ธาระศัพท์¹ กิตติ ทูลธรรม¹ สุรกิจ อภิรักษากร¹มีโชค ตั้งตระกูล¹ ชุมพล เสนาพันธ์¹ จักรกฤษณ์ ศรีทอง¹ อังศิมา งามดี¹ปิยะพงษ์ ฤทธิธรรม¹ วรางคณา เหนือคูเมือง¹ และพิสิฐ โมกขาว¹

Piyapat Panmuang^{1*}, Jaruwan Tharasup¹, Kitti Toontham¹, Surakit Apiraksakorn¹,
Meechok Tangtrakul¹, Chumpol Senaphan¹, Jakkis Srithong¹, Aungsimma Ngamdee¹,
Piyapong Ritthithum¹, Warangkana Nueakhumuang¹ and Phisit Mokekaow¹

¹คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น¹Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus, Khonkaen Province^{*}Corresponding Author E-mail Address : piyapat.pa@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นอัตโนมัติสำหรับการเคลื่อนย้ายหนังสือ เพื่อลดภาระงานของบุคลากรในการเคลื่อนย้ายหนังสือในห้องสมุด หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในบริเวณพื้นผิวเรียบแนวราบ โดยมี 5 สถานีในการจอดเพื่อรับการจัดการหนังสือมีระยะทางรวม 200 เมตร ออกแบบหุ่นยนต์ขนาด 30 x 48 x 80 เซนติเมตร ขับเคลื่อน 4 ล้อ พบว่า จำนวนรอบที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คือจำนวน 4 รอบ โดยอ้างอิงจากรูปแบบการใช้งานห้องสมุด ซึ่งปริมาณน้ำหนักหนังสือ 70 กิโลกรัม แบตเตอรี่จากการชาร์จประจุเต็มคงเหลือ 8 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักหนังสือ 50 กิโลกรัม แบตเตอรี่คงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักหนังสือ 20 กิโลกรัม แบตเตอรี่คงเหลือ 15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น หุ่นยนต์สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ในระยะ 50 เซนติเมตร และหยุดตามจุดที่กำหนดเป็นระยะเวลา 2 นาที พร้อมทั้งส่งเสียงเตือน ซึ่งช่วยและทำให้งานการจัดเตรียมง่ายขึ้นหนังสือและยังช่วยลดงานประจำของเจ้าหน้าที่ห้องสมุดอีกด้วย

คำสำคัญ: หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้น การจัดการหนังสือ แบตเตอรี่คงเหลือ

Abstract

This study aims to create an automatic line-traveling robot to move books. To reduce the work of personnel moving books in the library. The robot can move on smooth, horizontal surfaces and has 5 parking stations to handle books. The total distance is 200 meters. The robot design measures 30 x 48 x 80 centimeters and drives on 4 wheels. It was found that the appropriate number of cycles for the robot's movement is 4 rounds. Based on library usage patterns, which the weight of the book 70 kg, the battery retains 8 % of its charge when fully powered. Carrying a load of 50 kg, the battery retains 10% of its charge when fully charged. Carrying a load of 20 kg, the battery retains 10% of its charge when fully charged. Moreover, the robot can detect obstacles within 50 centimeters and stop at the specified point for a period of 2 minutes and sound an alarm. It makes preparing books easier and also reduces the routine work of library staff.

Keywords: Line following robot, Book management system, The battery retains

บทนำ

หุ่นยนต์มีวิวัฒนาการและความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วต่อเนื่องมาตลอดหลายปีที่ผ่านมา โดยได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในชีวิตของมนุษย์ ทั้งในด้านการช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตสินค้า ช่วยดูแลในเรื่องคุณภาพชีวิต ไปจนถึงการสร้างความสะดวกสบายต่าง ๆ สำหรับการใช้งานหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Luo and Xu, 2020; Zhao et al., 2022) แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ไทย คือการขาดตลาดภายในประเทศ เพราะผู้ใช้งานมักไม่ได้ให้ความสำคัญกับหุ่นยนต์ที่พัฒนาในประเทศเท่าที่ควร จากการที่ผู้ผลิตรายใหญ่ ๆ ที่มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการบริการเป็นระบบอัตโนมัติต่าง ๆ ล้วนนำเข้าหุ่นยนต์จากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังขาดการส่งเสริมผู้ประกอบการหุ่นยนต์รุ่นใหม่ที่มีศักยภาพในการคิดค้นนวัตกรรมให้เติบโตจนกลายเป็นวิสาหกิจเริ่มต้นทางด้านเทคโนโลยี ที่เป็นฐานเศรษฐกิจใหม่ของประเทศในอนาคต ทำให้ไทยยังต้องอาศัยการนำเข้าหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติที่มีมูลค่าสูงจากต่างประเทศเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเตรียมความพร้อมใน ด้านต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการวิจัย พัฒนา ตลอดจนส่งเสริมอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อไป (บุญธรรม, 2556; Fernandes et al., 2021)

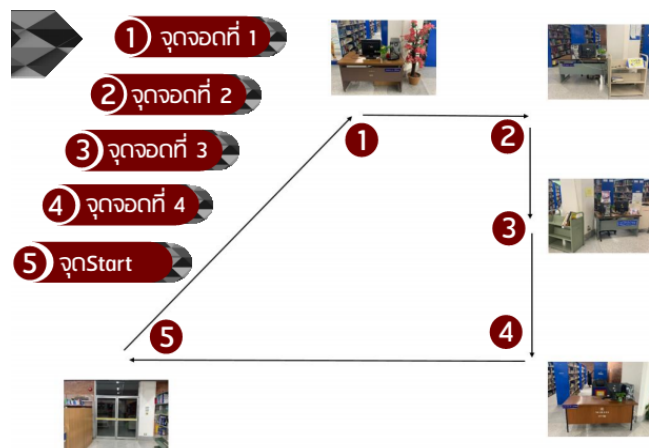
หุ่นยนต์แต่ละประเภทจะมีความสามารถที่เฉพาะแตกต่างไปตามภารกิจและตามมาด้วยต้นทุนในการผลิตที่สูงตามไปด้วย (Patic et al., 2017; Tippannavar et al., 2022) แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าภารกิจในการทำงานของหุ่นยนต์นั้นชัดเจนและสามารถควบคุมการผลิตและการออกแบบจากผู้ใช้งานได้ จะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตหุ่นยนต์นั้นลดลงและตรงวัตถุประสงค์ของผู้ใช้มากขึ้น เช่น หุ่นยนต์ขนส่งนำทางอัตโนมัติเป็นหุ่นยนต์คล้ายรถเข็นที่ใช้เซ็นเซอร์ส่วนต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยปัจจุบันตามโรงงานอุตสาหกรรมบางที่ยังใช้บุคลากรในการเข็นชิ้นส่วนในการทำงาน ซึ่งหุ่นยนต์ตัวนี้สามารถทดแทนบุคลากรเหล่านั้นได้ รวมถึงหุ่นยนต์เดินตามเส้นนั้นเป็นหุ่นยนต์ที่ออกแบบมาเพื่อเดินตาม “เส้น” หรือ เส้นทางที่ผู้ใช้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว (ยุพราช, 2553; Chaudhari et al., 2019; Saw and Mon, 2019) เส้นหรือเส้นทางอาจเป็นเครื่องหมายทางกายภาพบนพื้น ตัวติดตามเส้นจะลากเส้นสีดำบนพื้นผิวสีขาวหรือกลับกัน (อภิชาติ, 2551) ที่เซนเซอร์ให้ความคล่องตัวของหุ่นยนต์ซึ่งทำงานร่วมกับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์และอินพุตดิจิตอลคือใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ (ไพฑูรย์ และ

พิเชษฐ, 2547) มอเตอร์ทำงานตามแบบเอาต์พุตเซนเซอร์และไดรเวอร์หุ่นยนต์ประเภทนี้พบการใช้งานจากอุตสาหกรรมมุมมองในโรงงานถึงถึงอัตโนมัติเต็มรูปแบบ ในเรื่องนี้สภาพแวดล้อม หุ่นยนต์ตัวนี้ทำหน้าที่เป็นผู้ขนส่งวัสดุในการส่งมอบผลิตภัณฑ์จากจุดผลิตหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยทางรถไฟไม่สามารถใช้โซลูชันสายพานลำเลียงและโครงสร้างที่ตั้งสิ่งของได้ ส่วนใหญ่บรรทัดที่ติดตามหุ่นยนต์ได้รับการออกแบบโดยมีแนวคิดที่แตกต่างกันสำหรับเพื่อความบันเทิง การแข่งขันหุ่นยนต์ และวัตถุประสงค์อื่น ๆ ท่ามกลางการออกแบบเหล่านั้นมีน้อยมากที่ใช้สำหรับการใช้งานเฉพาะสำหรับระบบบริหารจัดการห้องสมุด ซึ่งในการให้บริการห้องสมุดทั้งในระดับประถม มัธยม และอุดมศึกษา ได้มีการใช้บุคลากรเพื่อออกไปรับหนังสือตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ โดยบุคลากรมีหน้าที่เดินไปเก็บหนังสือที่นิสิตได้ทำการอ่านแล้ว นำมาจัดเรียงตามหมวดหมู่ของชั้นหนังสือทำให้เกิดการเสียเวลาในการเดินทางจากจุดรับหนังสือไปยังจุดเก็บหนังสือการจัดเก็บหนังสือหลังการใช้บริการ เป็นการบริการพื้นฐานที่จำเป็นของห้องสมุดที่ต้องจัดให้แก่ผู้ใช้บริการ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการหลังการอ่าน ผู้ใช้บริการสามารถนำหนังสือหรือทรัพยากรสารสนเทศไปอ่านภายในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้ในห้องสมุดได้ (สรายุธ และณิชนันท์, 2560) ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้ผู้ใช้บริการได้มีเวลาในการศึกษาค้นคว้าในเรื่องที่ต้องการได้อย่างเต็มที่ เพื่อให้หนังสือหรือทรัพยากรสารสนเทศที่ห้องสมุดได้จัดเตรียมไว้บริการมีการหมุนเวียนไปสู่ผู้ใช้บริการอย่างทั่วถึง แต่ก็เกิดปัญหาในการเก็บเข้าที่เดิมเพราะเนื่องจากมีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากทำให้มีจำนวนหนังสือที่มีการนำออกไปใช้บริการตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่าง ๆ และจุดรับหนังสือ การนำหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นอัตโนมัติเพื่อเคลื่อนย้ายหนังสือเข้ามาใช้ในห้องสมุด จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อคิดออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นอัตโนมัติเพื่อเคลื่อนย้ายหนังสือ เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระการทำงานของบุคลากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรให้มีเวลาเพิ่มขึ้นในการจัดแก้ปัญหาหรือทำการกิจอื่น โดยเนื้อหาในบทความนี้ประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ บทนำ ระเบียบวิธีและการออกแบบ การทดลอง ผลการทดลอง และบทสรุปที่จะนำเสนอตามลำดับ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

หุ่นยนต์ถูกออกแบบให้เคลื่อนที่ตามเส้นดำที่ได้ออกแบบไว้ โดยมี 5 จุดสถานี ดังแสดงในรูปที่ 1 เส้นทางสำหรับการเดินทางของหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์ที่ถูกชาร์จประจุเต็มร้อยละ 100 จะเริ่มเดินทางจากจุดจอดที่ 1 ไปยังจุดจอดที่ 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อหุ่นยนต์ถึงจุดจอดแต่ละสถานีจะแสดงสัญญาณไฟเพื่อรอการจัดการจากเจ้าหน้าที่ประจำจุด หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่จะกดปุ่มเพื่อให้หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดจอดถัดไป โดยระหว่างเส้นทางเดินทางเมื่อหุ่นยนต์พบสิ่งกีดขวางหุ่นยนต์จะส่งสัญญาณแจ้งเตือน และเส้นทางเดินทางหุ่นยนต์มีลักษณะพื้นผิวเรียบเป็นระยะทางรวม 200 เมตร โดยทำการทดสอบบรรทุกน้ำหนักของหนังสือที่ 20 50 และ 70 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยทำการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละค่าน้ำหนักของหนังสือที่แตกต่างกันเพื่อเก็บค่าเฉลี่ยแบตเตอรี่คงเหลือ



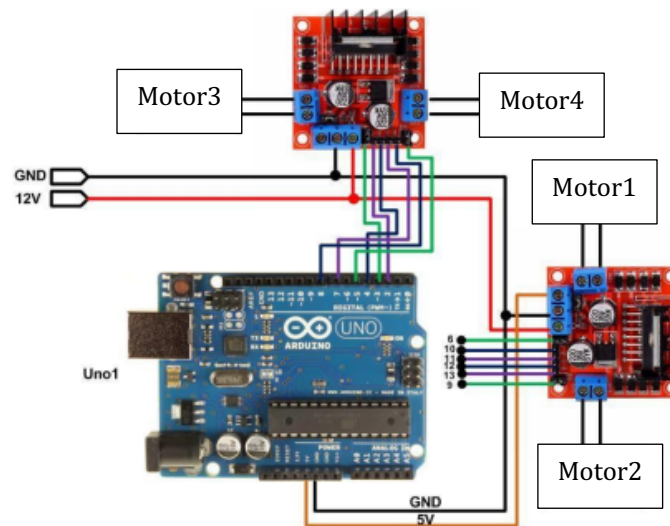
(ก) ผังประจำห้องสมุด

(ข) สถานที่หุ่นยนต์หยุด ก่อนเดินทางไปยังจุดถัดไป

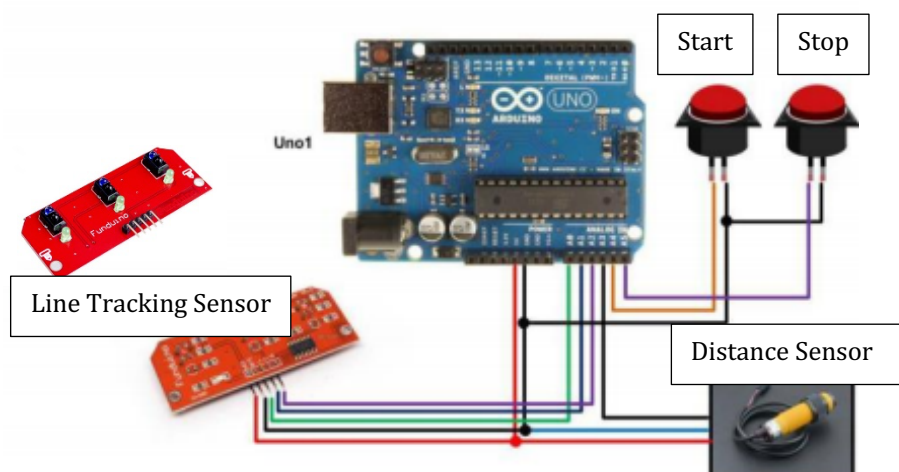
รูปที่ 1 เส้นทางสำหรับการเดินทางของหุ่นยนต์ รวมระยะทาง 200 เมตรต่อรอบ

ออกแบบการทดลอง

หุ่นยนต์ต้นแบบมีขนาดคือ กว้าง 30 ซม. ยาว 48 ซม. และสูง 80 ซม. ขับเคลื่อนด้วยล้อมอเตอร์กระแสตรงสี่ตัว (DC Motor รุ่น ZHENGKE ZGB102FGG DC 12 V 50 rpm) โดยมีไดรเวอร์มอเตอร์ (L298N Dual H-Bridge Motor Controller) และมีเซ็นเซอร์ในการตรวจจับแถบเส้นการเดินทาง (3-Way Infrared Line Tracking Module - TCRT5000 Sensor) เซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้านหน้าหุ่นยนต์ (E18-D80NK Infrared Reflectance Sensor Photoelectric Sensor) และมีแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Deep Cycle รุ่น TGB12V 12AH) เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Model: Arduino UNO R3)



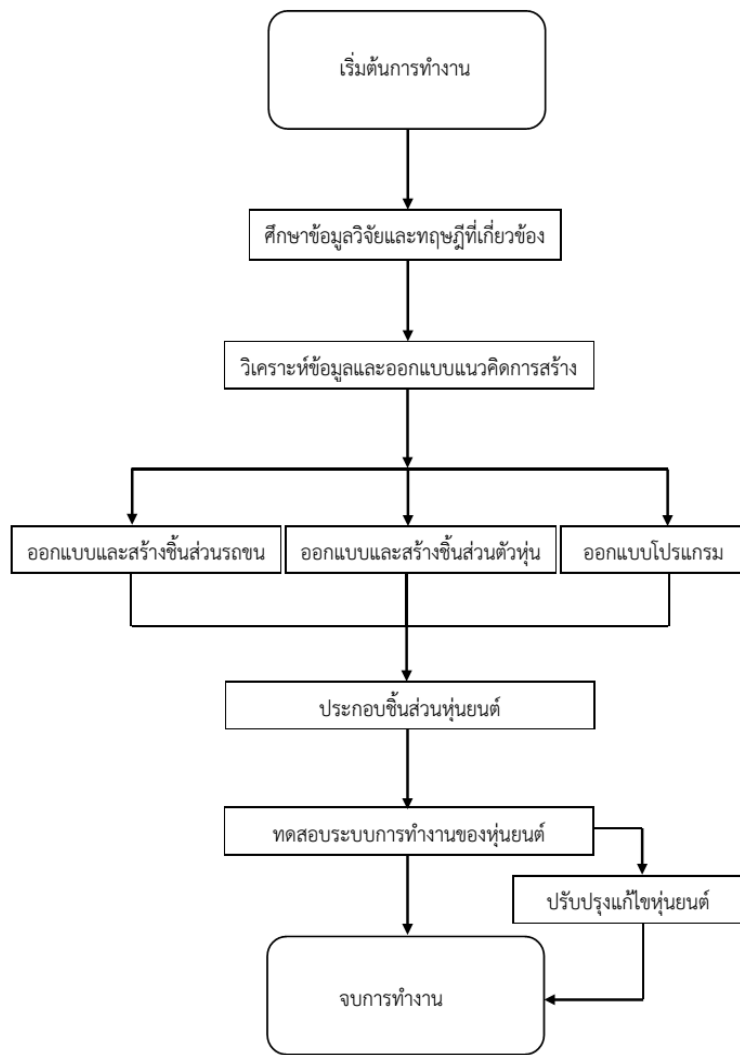
(ก) วงจรควบคุมการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์



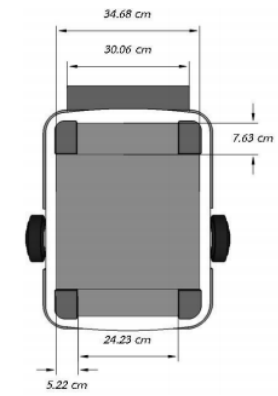
(ข) วงจรควบคุมการตรวจจับแถบเส้นและวัตถุสีดำ

รูปที่ 2 แสดงวงจรการควบคุมหุ่นยนต์

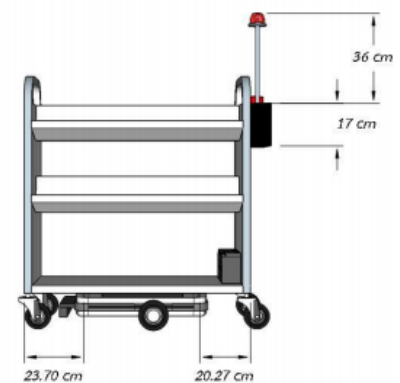
รูปที่ 2 แสดงวงจรการควบคุมหุ่นยนต์ โดยมีหลักการทำงานด้วยอุปกรณ์ Line Tracking Sensor ตรวจจับแถบสีดำบนพื้นหลังสีขาว เอาต์พุตเซนเซอร์จะถูกป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่ตัดสินใจและสั่งให้ไดรเวอร์มอเตอร์ L298N เหมาะสมขยับมอเตอร์ตามนั้น เซนเซอร์จะรับรู้แสงสะท้อนจากพื้นผิวและป้อนเอาต์พุตไปยังตัวเปรียบเทียบ ตัวเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบอินพุตแบบอนาล็อกจากเซนเซอร์ที่มีแรงดันอ้างอิงคงที่ การอ้างอิงแรงดันไฟฟ้าสามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนค่าของตัวแปรตัวต้านทาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกตั้งโปรแกรมให้ทำหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวขวา หรือเลี้ยวซ้ายตามอินพุตที่มาจากตัวเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกป้อนให้กับไดรเวอร์มอเตอร์ ส่วนรูปที่ 3 แสดงผังงานการทำงาน โดยผู้วิจัยได้ศึกษางานที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์และหาแนวทางมาพัฒนาและปรับให้เหมาะสมกับข้อมูลผู้ใช้งานของห้องสมุดกับภารกิจในการเคลื่อนย้ายและการจัดการหนังสือ และรูปที่ 4 แสดงโครงสร้างโดยรวมของหุ่นยนต์โดยตัวหุ่นยนต์จะถูกติดตั้งไว้ด้านล่างเพื่อขับเคลื่อนซึ่งเป็นตำแหน่งที่ช่วยรักษาสมดุลของหุ่นยนต์เมื่อมีโหลด และเพื่อไม่ขวางพื้นที่ในการจัดเก็บของชั้นหนังสือของหุ่น



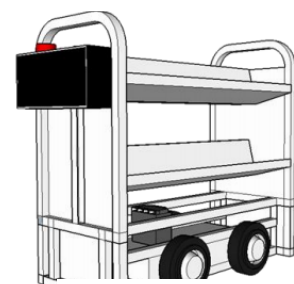
รูปที่ 3 แสดงผังการทำงานแนวคิดและการออกแบบ



(ก) ชุดกล่องขับเคลื่อนหุ่นยนต์



(ข) ชุดกล่องติดตั้งกับชั้นวางหนังสือ

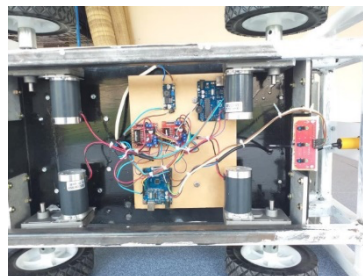


(ค) ต้นแบบหุ่นยนต์

รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองหุ่นยนต์



(ก) ชุดกล่องขับเคลื่อนหุ่นยนต์



(ข) วงจรและชุดขับเคลื่อนหุ่นยนต์

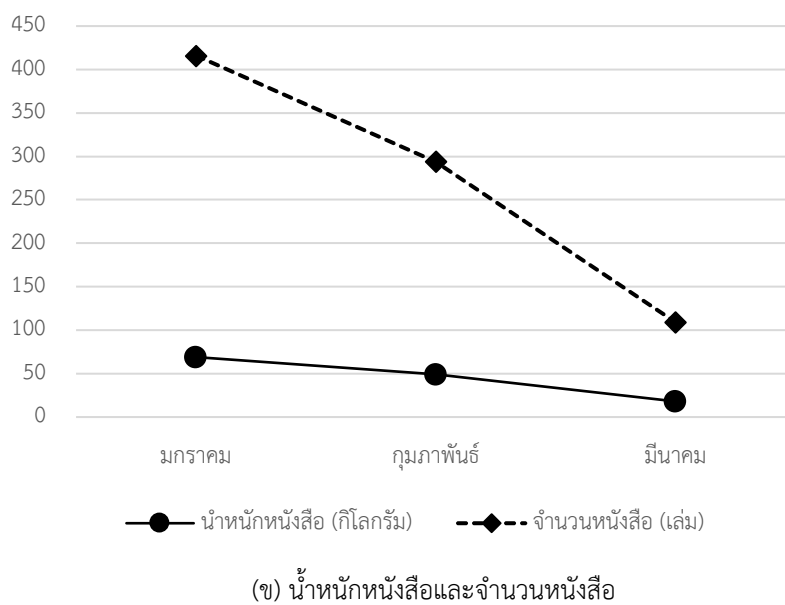
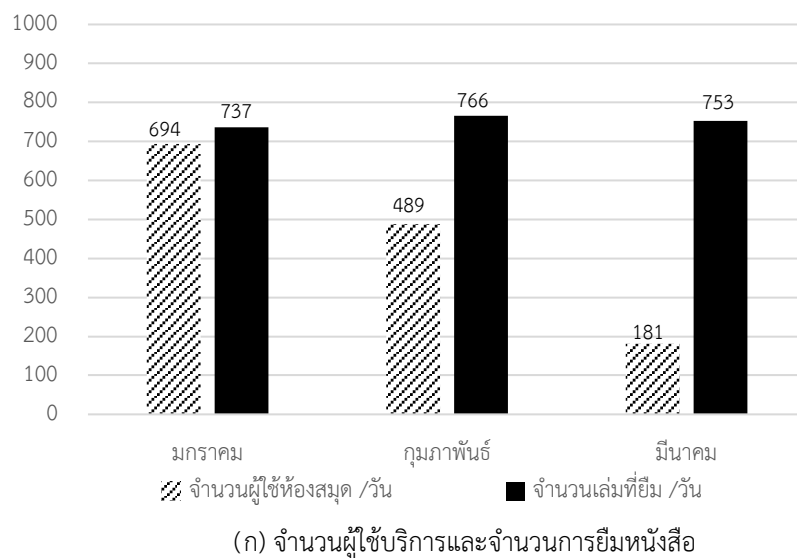


(ค) หุ่นยนต์ขนย้ายหนังสือ

รูปที่ 5 แสดงหุ่นยนต์ที่ใช้ในการทำงานจริง

ผลการวิจัย

จากการศึกษาและออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นอัตโนมัติเพื่อเคลื่อนย้ายหนังสือ โดยอ้างอิงจากการสำรวจและเก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการ จำนวนการยืมหนังสือ น้ำหนักหนังสือ และจำนวนหนังสือ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6 ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนผู้ใช้ห้องสมุด ตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 41,285 ครั้ง และจำนวนผู้ยืมหนังสือ ตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 68,375 เล่ม โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนคนต่อการยืมหนังสือต่อเล่ม เพื่อเป็นการหาจำนวนการวิ่งในแต่ละวัน พบว่า หลังจากการวิ่งหุ่นยนต์ 4 ครั้งต่อวันซึ่งเป็นจำนวนรอบที่เหมาะสม ปริมาณแบตเตอรี่จากการชาร์จประจุเต็มลดลงร้อยละ 85 90 และ 92 ที่น้ำหนักหนังสือ 20 50 และ 70 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และนำเสนอกราฟแนวโน้มการใช้พลังงานของแบตเตอรี่ในรูปที่ 7

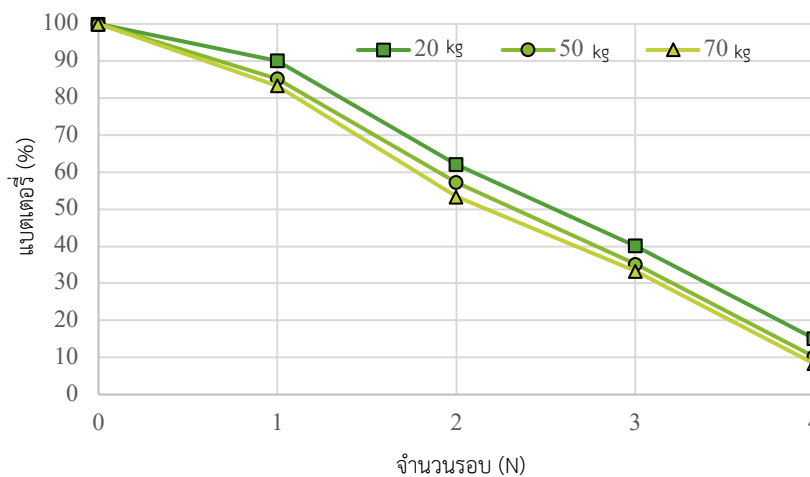


รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) จำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนการยืมหนังสือ (ข) น้ำหนักหนังสือและจำนวนหนังสือ

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสถานะร้อยละของแบตเตอรี่ที่ทดสอบด้วยน้ำหนักแตกต่างกัน

Round	Battery percentage (%)		
	20 (kg)	50 (kg)	70 (kg)
1	90	85	83
2	62	57	55
3	40	35	33
4	15	10	8

หมายเหตุ : แบตเตอรี่ถูกชาร์จ 100% ก่อนเริ่มทำงานทุกกรณี และหุ่นยนต์ใช้เวลา 24-25 นาทีต่อรอบ



รูปที่ 7 แสดงกราฟปริมาณแบตเตอรี่เทียบกับจำนวนรอบเดินทางของหุ่นยนต์ที่น้ำหนักการขนของหนังสือที่แตกต่างกัน

การอภิปรายผล

หุ่นยนต์นี้ถูกสร้างขึ้นตามเงื่อนไขของเจ้าหน้าที่ห้องสมุด ซึ่งต้องการแบ่งเบาภาระงานในการขนย้ายหนังสือไปแต่ละจุด โดยหุ่นยนต์สามารถขนหนังสือรวมน้ำหนักสูงสุด 70 กิโลกรัมต่อรอบ จำนวนรอบ 4 รอบต่อวัน และตัวหุ่นยนต์ถูกสร้างจากโครงชั้นเหล็กที่ห้องสมุดมีอยู่แล้ว ดังรูปที่ 5(ค) ผลการทดลองพบว่า หุ่นยนต์สามารถทำได้ตามเงื่อนไขตามเจ้าหน้าที่กำหนด อย่างไรก็ตาม การนำหุ่นยนต์นี้ไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นจำเป็นต้องพิจารณาเงื่อนไขของผู้ใช้งานเพิ่มเติมหรือสามารถพัฒนาต่อไปสำหรับงานในอนาคต เช่น หุ่นยนต์สามารถสื่อสารกับบรรณารักษ์ผ่านการสื่อสารข้อมูลไร้สาย หุ่นยนต์สามารถแยกหมวดของหนังสือเพื่อความสะดวกในการคัดแยกและจัดเก็บของเจ้าหน้าที่ หุ่นยนต์สามารถควบคุมแบบไร้สายเพื่อทำภารกิจอื่นสำหรับการอำนวยความสะดวกให้เจ้าหน้าที่ห้องสมุดได้ ซึ่งงานวิจัยในอนาคตหากมีการเปรียบเทียบเวลาการทำงานระหว่างบุคลากรและหุ่นยนต์ที่ชัดเจน ผลการทดลองจะเป็นแรงจูงใจการใช้หุ่นยนต์ช่วยงานด้านอื่น ๆ ในอนาคตอีกด้วย เป็นต้น

บทสรุป

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นอัตโนมัติได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการขนย้ายหนังสือตามเส้นทางและรอบการขนย้ายชัดเจน โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพของปริมาณน้ำหนัที่แตกต่างกันในการเคลื่อนย้ายหนังสือ และเคลื่อนที่ไปยังจุดในแต่ละสถานที่ที่กำหนดไว้ หุ่นยนต์สามารถตรวจสอบวัตถุที่กีดขวางเส้นทางการเดินทางโดยจะหยุดและส่งเสียงแจ้งเตือนให้ทราบ และได้ทดสอบในการใช้งานจริงของเจ้าหน้าที่ประจำห้องสมุด ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าหุ่นยนต์สามารถตอบโจทย์ความต้องการในการลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายหนังสือ

เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม ภัทราจารกุล (2556). หุ่นยนต์อุตสาหกรรม. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.
- ไพฑูรย์ พูลสุขโข และพิเชษฐ กันทะวัง. (2547). ระบบขนส่งลำเลียงแบบอัตโนมัติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาขานวัตกรรมและเทคโนโลยี ราชชมงคล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปทุมธานี.
- ยุพราช ขาวยง. (2553). การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้รถอัตโนมัติ (AGV) ในการลำเลียงชิ้นส่วนประกอบ ฮาร์ดดิสก์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สรายุทธ นาขมิ้น และณิชนันท์ ขาวมงคล. (2560). พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยระบบขับเคลื่อนแบบล้อแมคคานัม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยบูรพา
- อภิชาติ พันธุ์ชัย. (2551). การควบคุมรถเอจีวีด้วยกล้องไร้สาย ระบบนำร่องทางเดินของรถ AGV. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ.
- Chaudhari J., Desai A. and Gavarskar S. (2019). Line following robot using arduino for hospitals. 2nd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT). 330-332.
- Fernandes K., Fernandes R., Francis J., Muttu Y., Leitao F. and Bhatt N. (2021). Design and implementation of library management robotic system. IEEE Bombay Section Signature Conference (IBSSC). 1-5.
- Luo X. and Xu L. (2020). On research progress and trend of motion control in industrial robot applications. Chinese Automation Congress (CAC). 5944-5947.
- Patic P.C., Mainea M., Pascale L. and Mantescu G. (2017). Designing a mobile robot used for access to dangerous areas. International Conference on Control, Artificial Intelligence, Robotics and Optimization (ICCAIRO). 60-65.
- Saw K.K. and Mon L.Y. (2019). Design and construction of line following robot using arduino. International Journal of Trend in Scientific Research and Development. 3(4): 939–941.
- Tippannavar S.S., Puneeth K.M., Yashwanth S.D., Madhu Sudan M.P., Chandrashekar Murthy B.N. and Vinay Prasad M.S. (2022). SR2 - search and rescue robot for saving endangered civilians at hazardous areas. International Conference on Disruptive Technologies for Multi-Disciplinary Research and Applications (CENTCON). 21-26.

Zhao L., Li Y. and Xu Y. (2022). Analysis of research status and development trend of industrial robot based on knowledge map. International Conference on Automation, Robotics and Computer Engineering (ICARCE). 1-5.