รถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

จิณพรต ติมอนรัมย์[1] วิทยา ก่อแก้ว[2] วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์[3*]
[1,2,3*] สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

*ผู้นิพนธ์ประสานงานบทความ อีเมล: wisit.lc@bru.ac.th
รับเมื่อ 16 กันยายน 2562 **แก้ไขเมื่อ** 11 พฤศจิกายน 2562 **ตอบรับเมื่อ** 9 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพจากเครื่องมือที่สร้างขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วยชุดอุปกรณ์จอยสติ๊ก (Joystick) ในการควบคุมระบบขับเคลื่อนที่ทิศทางของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนที่หน้า-หลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และคำสั่งหยุดรถเข็น และระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการขับเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในการส่งค่าสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

จากผลการวิจัยทดสอบหาประสิทธิภาพความเร็วในการเคลื่อนที่แนวราบ พบว่าความเร็วในช่วงระยะทาง 50 เมตร ที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม ใช้เวลา 1.26 นาที และผลการทดลองความเร็วในการเคลื่อนที่รถเข็นสำหรับคนพิการขึ้นในแนวลาดเอียง 10 องศา พบว่าความเร็วในช่วงระยะทาง 50 เมตร ที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม ใช้เวลา 2.07 นาที และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานรถเข็นสำหรับคนพิการ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้งานเท่ากับ 4.28 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ รถเข็นสำหรับคนพิการ

Wheelchairs for Disabled Control by Microcontroller System

Jinnaphat Timonrum[1] Wittaya Gorkaew[2] Wisit Lumchanao[3*]
[1,2,3*] Department of Electronics Technology, Faculty of Industrial Technology,
Buriram Rajabhat University

*Corresponding author. E-mail: wisit.lc@bru.ac.th
Received: September 16, 2019; **Revised:** November 11, 2019; **Accepted:** December 9, 2019

Abstract

This research aimed to design and construction a wheelchair for disabled people with microcontroller system, and to test the efficiency from the tools created. The instrument used in the research consisted of joystick accessories set, in the control the driven system the direction of the motor is driven by the front-back, turn left, turn right and stop. And the microcontroller system is the controller that drives the motor in the signal transmission value of the pulse width modulation (PWM).

The study tested the effectiveness of horizontal movement speed, found that in the distance of 50 meters at the weight of 90 kg, take time was 1.26 minutes. And the test result of the wheelchair movement speed of wheelchair for disabled people rising on a 10-degree slope, found that the distance of 50 meters at a weight of 90 kg, take time was 2.07 minutes. And the satisfaction survey results of wheelchair users for the disabled data from 20 samples were analyzed, found that the average satisfaction of users is 4.28, which has a high level of average.

Keyword : Microcontroller System, Wheelchairs for Disabled.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีประชากรทั้งในประเทศและต่างประเทศยังมีผู้ที่พิการทางการเดินมีอยู่เป็นจำนวนมาก และในประเทศไทยก็มีผู้คนที่พิการทางการเดิน เช่น โรคอัมพาตทางด้านเท้า โรคโปลีโอ อุบัติเหตุทางด้านเท้า ผู้สูงอายุชราภาพ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีทางด้านรถเข็นคนพิการทางด้านการเดินถูกประดิษฐ์คิดค้น [1]-[3] ขึ้นมาเพื่อให้ประชากรได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการใช้รถเข็นคนพิการมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุก ๆ ปี จึงทำขึ้นมาเพื่อให้ผู้ที่สนใจเลือกซื้อเลือกหากันได้ เพราะในปัจจุบันนี้รถเข็นคนพิการมีจำนวนมากคนพิการก็เยอะขึ้นเรื่อย ๆ จำเป็นจะต้องมีการค้นคว้าเพิ่มเต็มขึ้นซึ่งการหารถเข็นคนพิการในสถานที่ให้บริการ เช่น โรงพยาบาล บริษัทขายรถเข็น เป็นต้น จากสถานที่ดังกล่าวมานั้นล้วนเป็นสถานที่เต็มไปด้วยรถเข็นคนพิการจำนวนมาก และปัจจุบันการหารถเข็นคนพิการในสถานที่ใช้บริการต่าง ๆ ก็ถือว่าเป็นปัญหาที่ผู้ใช้รถเข็นเป็นคนพิการส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบเช่นกันจากที่จะต้องมีค่าใช้จ่ายสูง แต่คนพิการยังขาดเครื่องอำนวยความสะดวกเลยค้นคว้าหาความรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนเหล่านั้นมาประดิษฐ์ทำเป็นชิ้นงานออกมาเพื่อให้ชิ้นงานเหล่านั้นใช้กับคนพิการได้อย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้มีแนวความคิดออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการและลดปัญหาคนพิการในพื้นที่ได้ ผู้วิจัยจึงได้คิดจะแก้ปัญหาในส่วนนี้โดยมีแนวคิดที่จะสร้างรถเข็นคนพิการขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันจากรถเข็นไฟฟ้าที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดนั้นมีราคาสูงมาก เนื่องจากมีระบบการทำงานของรถเข็นนั้นทำงานโดยอาศัยหลักการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำงานซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมทิศทางและการขับเคลื่อนเป็นไปได้อย่างราบเรียบ แต่มีข้อเสียอยู่ตรงที่ค่าซ่อมบำรุงรักษาสูงหรือในกรณีที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุดไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในวงจรควบคุมเสียหาย ซึ่งเรื่องที่ยากที่จะทำการซ่อมด้วยเองหรือช่างทั่วไปจะซ่อมแซมแก้ไขได้ และนี้เป็นจุดที่แตกต่างระหว่างรถเข็นไฟฟ้าต้นทุนต่ำ [4]-[5] และรถเข็นไฟฟ้าตามท้องตลาด รถเข็นไฟฟ้าต้นทุนต่ำ จะมีวงจรที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนสามารถศึกษาวงจรและแก้ไขเองได้ในกรณีที่รถเข็นชำรุด ค่าบำรุงรักษาที่ไม่สูงมากนัก แต่แน่นอนว่าประสิทธิภาพโดยรวมของรถเข็นสำหรับคนพิการตามท้องตลาดย่อมสูงกว่าไม่ว่าจะเป็นเรื่องระยะเวลาชาร์ตแบตเตอรี่ใช้งานต่อครั้ง มีชุดปรับระดับความเร็ว แต่มีราคาสูงผู้คนทั่วไปไม่สามารถซื้อใช้งานได้ แต่รถเข็นสำหรับคนพิการต้นทุนต่ำมีประสิทธิภาพโดยรวมที่พอใช้งานได้อีกทั้งยังมีราคาไม่สูงมากนัก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

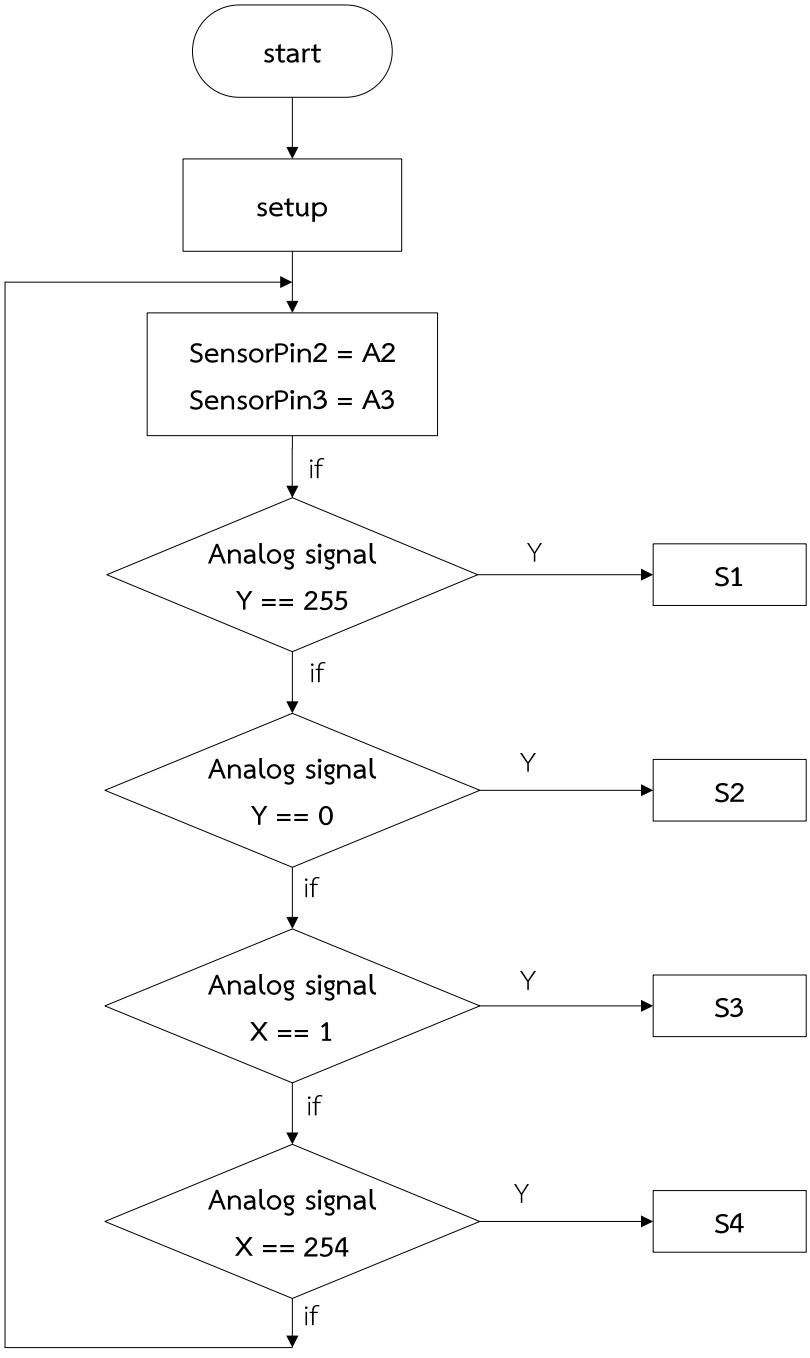
2.1 เพื่อออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพจากเครื่องมือที่สร้างขึ้น

3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ (Hardware) ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR โดยใช้อุปกรณ์อาดุยโน่ (Arduino) ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source เป็นอุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ที่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่ายอีกชนิดหนึ่งที่มีส่วนประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรส่งสัญญาณเอาท์พุต วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการทำงานที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ สัญญาณนาฬิกาหากมีความถี่สูงจะส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความเร็วในการประมวลผลสูงตาม [2] และการพัฒนาโปรแกรม

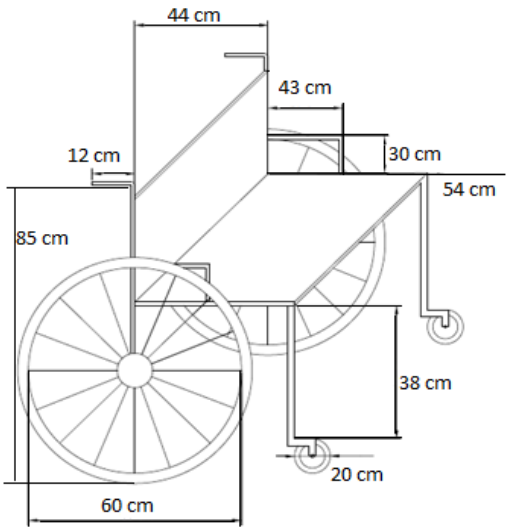
(Software) ในระบบควบคุมได้พัฒนาโปรแกรมโครงสร้าง (Structure) ของภาษาซีในการกำหนดฟังก์ชันการควบคุมระบบการทำงานต่าง ๆ ของตัวเครื่องมือที่สร้างขึ้น ด้วยวิธีการดำเนินงานในการเขียนผังงาน (Flowchart Diagram) สามารถพิจารณาโครงสร้างของโปรแกรมได้ดังภาพที่ 1



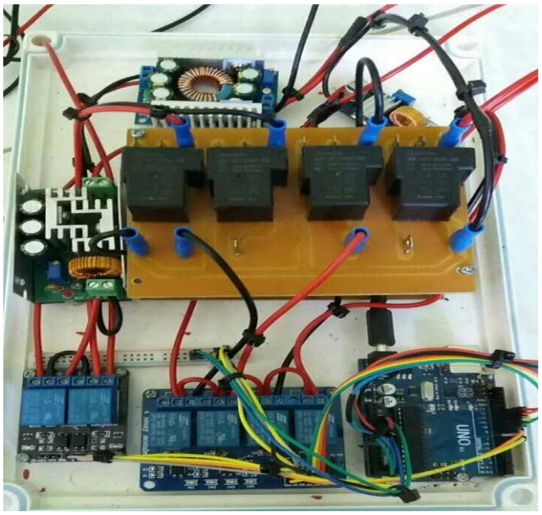
ภาพที่ 1 ขั้นตอนระบบควบคุมการทำงานด้านซอฟต์แวร์

3.2 วิธีดำเนินการออกแบบและสร้างรถเข็นคนพิการตัวรถมีขนาดความสูงเท่ากับ 85 เซนติเมตร มีขนาดความกว้าง 44 เซนติเมตร มีขนาดความยาว 54 เซนติเมตร ที่จับเข็นมีขนาดความยาว 12 เซนติเมตร ที่พักแขนมีขนาดความยาว 43 เซนติเมตร ความกว้าง 30 เซนติเมตร ที่พักเท้ามีขนาดความสูง 38 เซนติเมตร ล้อ

หลังมีขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ล้อหน้ามีขนาดความกว้าง 20 เซนติเมตร สามารถพิจารณาโครงสร้างรถเข็นคนพิการได้ดังภาพที่ 2 และสามารถพิจารณาชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การออกแบบโครงสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการ



ภาพที่ 3 ลักษณะชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมรถเข็นสำหรับคนพิการ

4. ผลการวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัยในการออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ มีดังต่อไปนี้

4.1 ผลการออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการมีขนาดความสูง 85 เซนติเมตร ขนาดความกว้าง 44 เซนติเมตร ขนาดความยาว 54 เซนติเมตร สามารถพิจารณาผลการออกแบบและสร้างดังภาพที่ 4 ลักษณะโครงสร้างรถเข็นด้านหน้า และภาพที่ 5 ลักษณะโครงสร้างรถเข็นด้านข้าง

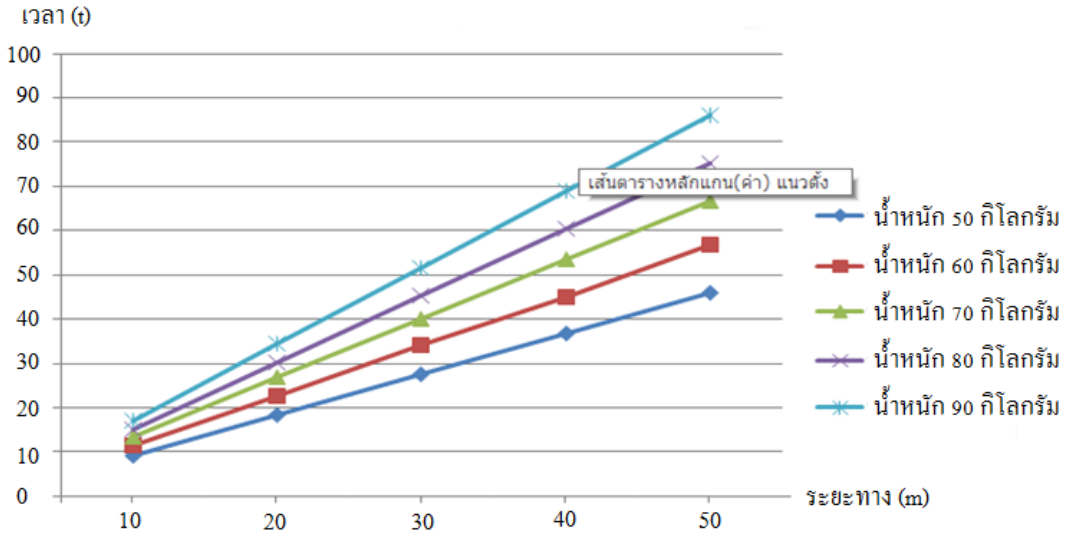
ภาพที่ 4 ผลการออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการ (ด้านหน้า)

ภาพที่ 5 ผลการออกแบบและสร้างรถเข็นสำหรับคนพิการ (ด้านข้าง)

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถเข็นสำหรับคนพิการในแนวราบ โดยทำการบันทึกผลข้อมูลการทดสอบในระยะทาง 10–50 เมตร และมีค่าน้ำหนักในการทดสอบตั้งแต่ 50–90 กิโลกรัม และทำการบันทึกผลการจับเวลาในแต่ละช่วงระยะทางการทดสอบสามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 1 และแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบความเร็วการเคลื่อนที่ในแนวราบดังภาพที่ 6

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความเร็วการเคลื่อนที่ในแนวราบ

ระยะทาง (m)	เวลา (t)				
	น้ำหนัก 50 กิโลกรัม	น้ำหนัก 60 กิโลกรัม	น้ำหนัก 70 กิโลกรัม	น้ำหนัก 80 กิโลกรัม	น้ำหนัก 90 กิโลกรัม
10	9.2	11.3	13.4	15.1	17.2
20	18.5	22.6	26.9	30.1	34.4
30	27.6	34.1	40.1	45.22	51.6
40	36.8	45.1	53.4	60.3	68.8
50	45.9	56.8	66.85	75.1	86.2

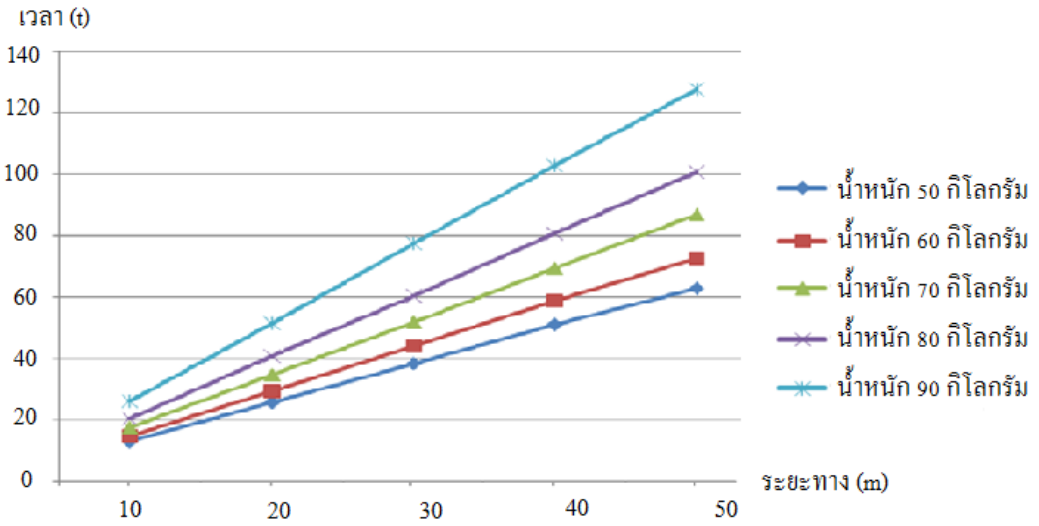


ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบความเร็วการเคลื่อนที่ในแนวราบ

4.3 ผลการทดสอบความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นในแนวลาดเอียง 10 องศา สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 2 และแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นในแนวลาดเอียงดังภาพที่ 7

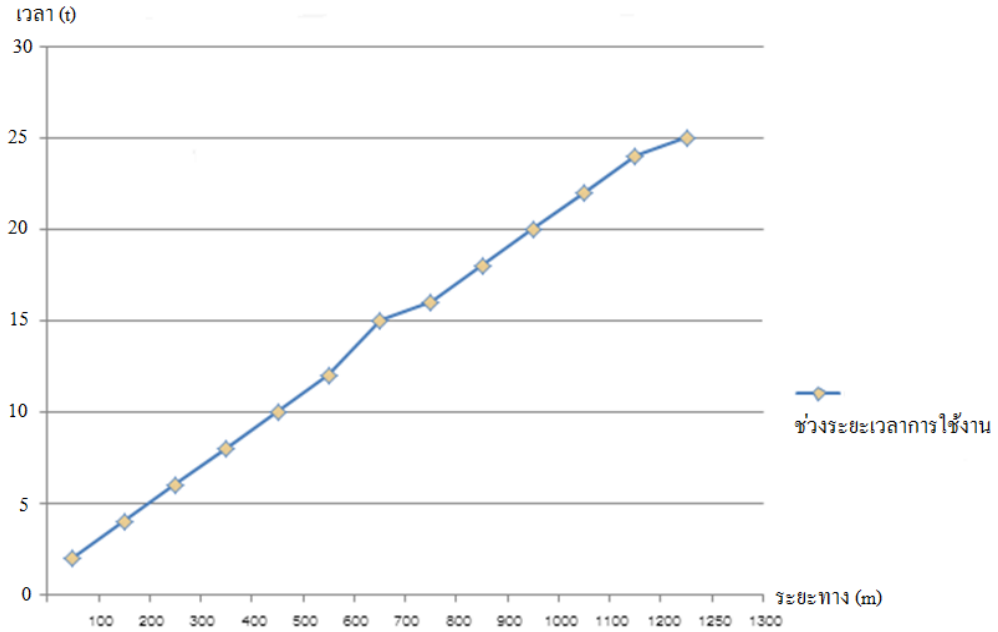
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นในแนวลาดเอียง 10 องศา

ระยะทาง(m)	เวลา (t)				
	น้ำหนัก50 กิโลกรัม	น้ำหนัก60 กิโลกรัม	น้ำหนัก70 กิโลกรัม	น้ำหนัก80 กิโลกรัม	น้ำหนัก90 กิโลกรัม
10	12.8	14.5	17.4	20.4	25.9
20	25.6	29.4	34.6	40.6	51.3
30	38.4	48.8	51.9	60.3	77.5
40	50.9	58.6	69.4	80.8	102.9
50	62.9	72.5	86.6	100.5	127.6



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบความเร็วการเคลื่อนที่ในแนวลาดเอียง 10 องศา

4.4 ผลทดสอบการเคลื่อนที่ของรถเข็นสำหรับคนพิการ ซึ่งจากผลการทดสอบรถเข็นสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม และผลการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่ารถเข็นคนพิการมีประสิทธิ์ภาพการใช้งานในการขับเคลื่อนได้ระยะทางไม่เกิน 1,250 เมตร ในกรณีทดสอบการใช้งานแบตเตอรี่แห้ง ขนาด 12V/1.3Amp จำนวน 2 ตัว และสามารถพิจารณาผลการทดสอบระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของรถเข็นสำหรับคนพิการได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการทดสอบระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของรถเข็นสำหรับคนพิการ

4.5 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานรถเข็นสำหรับคนพิการสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างได้จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 20 คน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ทดสอบรถเข็นสำหรับคนพิการ

รายละเอียดความพึงพอใจ	$\overline{X}$	S.D	ระดับความคิดเห็น
1. รูปทรงโครงสร้างของรถเข็นคนพิการ	4.05	.384	มาก
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้งานมีความแข็งแรง	4.20	.510	มาก
3. ลักษณะการออกแบบขนาดรูปร่างมีความสวยงาม มีความเหมาะสม	4.35	.477	มาก
4. รถเข็นคนพิการมีประสิทธิภาพการใช้งาน	4.10	.539	มาก
5. ความสะดวกในการใช้งาน	4.45	.589	มาก
6. การขับเคลื่อนรถเข็นคนพิการไปทางด้านหน้า	4.30	.640	มาก
7. การขับเคลื่อนรถเข็นคนพิการไปทางด้านหลัง	3.95	.497	ปานกลาง
8. การขับเคลื่อนรถเข็นคนพิการไปทางด้านซ้าย	4.30	.714	มาก
9. การขับเคลื่อนรถเข็นคนพิการไปทางด้านขวา	4.10	.539	มาก
10. ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็น มีความเหมาะสม	4.35	.572	มาก

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายละเอียดความพึงพอใจ	$\overline{X}$	S.D	ระดับความคิดเห็น
11. ระบบเบรกของรถเข็น มีความเหมาะสม	4.35	.654	มาก
12. เบาะพิงหลัง มีความเหมาะสม	4.35	.572	มาก
13. เบาะนั่งมีความเหมาะสม	4.35	.654	มาก
14. ที่วางแขนมีความเหมาะสม	4.30	.640	มาก
15. ที่วางเท้ามีความเหมาะสม	4.70	.458	มาก
ผลรวมของการสำรวจความพึงพอใจ	**4.28**	**.562**	**มาก**

4.6 ผลการทดสอบการขับเคลื่อนที่ในการหมุนรอบตัวรถเข็นสำหรับคนพิการ 360 องศา พบว่าในระดับเกียร์ต่ำใช้เวลาหมุนรอบตัวเท่ากับ 3 วินาที และระดับเกียร์สูงใช้เวลาหมุนรอบตัวเท่ากับ 2.5 วินาที

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนารถเข็นสำหรับคนพิการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วยชุดอุปกรณ์วงจรลดแรงดันไฟ ชุดอุปกรณ์ขับมอเตอร์ควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดอุปกรณ์จอยสติ๊ก (Joystick) สามารถบังคับการขับเคลื่อนที่ทิศทางของมอเตอร์ให้หมุนเดินหน้า การขับเคลื่อนถอยหลัง การขับเคลื่อนเลี้ยวซ้าย การขับเคลื่อนเลี้ยวขวาหรือการหยุดรถ และผลจากการทดสอบพบว่าสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม ซึ่งได้ใช้กลุ่มตัวอย่างมีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม โดยทำการทดสอบพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ จำนวน 2 ตัว รถเข็นสามารถขับเคลื่อนได้ระยะทางตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 1,250 เมตร จากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานสามารถสรุปได้ว่ารถเข็นสำหรับคนพิการสามารถช่วยให้คนพิการเดินทางได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของคมสัน มุ่ยสี และคณะ [1] ได้ศึกษาวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติกับรถนั่งคนพิการชนิดมือบังคับการเคลื่อนที่ให้เป็นรถนั่งไฟฟ้าผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านก้านควบคุมชนิดเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าโดยออกแบบสมาชิกอยู่ในรูปฟัซซี่ นำไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์สมาชิกเอาท์พุทใช้วิธีค่าจุดศูนย์กลางความถ่วงในการควบคุมทิศทางและความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดเกียร์ทดรอบ รถนั่งไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถเคลื่อนที่ได้ในทุกทิศทางที่ความเร็วสูงสุด 20 เมตรต่อนาทีใช้งานได้ 29 กิโลเมตร และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของเดชฤทธิ์ มณีธรรม [2] ได้ศึกษาวิจัยการขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้าที่จะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมและส่งสัญญาณไปขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์และในระบบจะส่งค่าสัญญาณป้อนกลับโดยสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณกว้างของพัลส์วิทโมดูลเลชั่น (PWM) สามารถสรุประบบอัจฉริยะของรถเข็นคนพิการซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งเสียงและควบคุมด้วยศีรษะโดยควบคุมได้ทั้งทิศทางและความเร็วของรถเข็นไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] คมสัน มุ่ยสี กฤษณะ จันทสิทธิ์ และศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล. “การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมสำหรับรถนั่งคนพิการชนิดมือบังคับการเคลื่อนที่.” วารสารวิจัยรำไพพรรณี. ปีที่ 12, ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2561, หน้า 190-199.

[2] เดชฤทธิ์ มณีธรรม. “รถเข็นไฟฟ้าอัจฉริยะ ควบคุมด้วยเสียงและศีรษะ.” เวชสารแพทย์ทหารบก. ปีที่ 69, ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม 2559, หน้า 177-184.

[3] สายฝน โคตรโสภา. “ระบบควบคุมและตรวจสอบสถานะผู้นั่งรถเข็นไฟฟ้าแบบไร้สายสำหรับช่วยเหลือผู้พิการและผู้สูงอายุ.” วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเอตร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2555.

[4] ชายแดน บุญลือ. “รถเข็นผู้ป่วยไฟฟ้า ถูกใจ ถูกสตางค์.” [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2562]. จาก http://www.mtts.ac.th/pdf/ElectricWheelChairs.pdf.

[5] สมถวิล ดอนเหลือม และบัณฑิต นาคทั่ง. “การพัฒนารถเข็นผู้พิการต้นทุนต่ำ.” ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2555.