

การออกแบบและสร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมการขับขี่สำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิง

Design and Prototyping of Driving Test Kit for Eco Mileage Challenge Vehicle

วสวัตดี เสาวดี¹ และชวิน จันทระเสนาวงศ์²

Wasawat Saowadee¹ and Chawin Chantharasenawong²

¹กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

¹Department of Mechanical Engineering, Academic Division Chulachomkiao Royal Military Academy

²สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

Received: November 29, 2023

Revised: January 16, 2024

Accepted: January 22, 2024

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมการขับขี่สำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิงนั้น เป็นการจำลองการขับขี่เพื่อเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ขับขึ้นบนเครื่องทดสอบกับการขับขึ้นบนสนามจริง โดยการใช้น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ก่อน-หลังการทดสอบ เพื่อให้ทราบถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถประหยัดเชื้อเพลิงก่อนไปแข่งขันจริง โดยการทดสอบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอน 1 ทดสอบขับขี่โดยการปรับเพิ่ม-ลด แรงกดของชุดสร้างแรงต้านที่ล้อช่วยแรงที่ 0 5 10 15 และ 20 นิวตัน และนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับผลการแข่งขันครั้งก่อน เพื่อหาค่าแรงต้านจำลองบนเครื่องทดสอบ ขั้นตอนที่ 2 ทำการขับขี่รถประหยัดที่ความเร็วสูงสุดต่าง ๆ ดังนี้ 50 55 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อหาความเร็วสูงสุดที่เหมาะสมที่สุดในการขับขี่ ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบการขับขี่โดยใช้ข้อมูลการทดสอบในข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบดูแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยที่ระยะทาง 18 กิโลเมตร ตามกฎกติกาการแข่งขัน จากผลการทดสอบได้ค่าแรงกดที่ชุดสร้างแรงต้านเท่ากับ 6.84 นิวตัน และความเร็วสูงสุดที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ช่วยให้รถมีอัตราประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด จากผลการทดสอบในระยะทาง 18 กิโลเมตรพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเฉลี่ยอยู่ที่ 51.48 กรัม (265.80 กิโลเมตรต่อลิตร) ดังนั้นในส่วนของการปรับปรุงพัฒนาส่วนต่าง ๆ ในอนาคตนั้น ผู้วิจัยสามารถใช้ชุดฝึกซ้อมการขับขี่สำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิงเพื่อคัดสรรรถอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ก่อนจะทำการเข้าแข่งขันจริงเพื่อหาจุดที่ดีที่สุดของการปรับปรุงเพื่อการแข่งขันในครั้งถัดไป

คำสำคัญ: รถประหยัดเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ความเร็วเฉลี่ยที่ขับขี่

Abstract

The prototype of the eco-car driving practice kit was designed and developed for simulating eco-car driving in order to compare the fuel consumption rates between driving on the tester and driving on the real field. The test was divided into three stages. In Stage 1, the eco-car was tested by driving at an average speed of 30 km/h with adjustments to increase or decrease the downforce of the drag force generated at the wheels at 0, 5, 10, 15, and 20 newtons. The average fuel-consumption rate was calculated, and the result was compared with the results from the Honda Eco Mileage Challenge No. 25/2565, which found the fuel-consumption rate at 256.75 km/L. The test result showed that the downforce of the drag force generating set was close to the result of the Honda Eco Mileage Challenge, i.e., 6.84 newtons. In Stage 2, the eco-car was driven at different speeds, i.e., 50, 55, and 60 km/h. The test results showed that at 60 km/h, the car fuel consumption was the best. In Stage 3, the data from the above driving tests were compared to find the tendency of the average fuel consumption rates at the 18-km distance according to the rules of the competition. The test results showed that the average fuel consumption rate was 51.48 grams (265.80 km/L). Therefore, in terms of future improvement and development, the researcher can predict the fuel consumption rate before the real competition to find the best point of improvement for the next competition.

Keyword: eco car, fuel-consumption rate, average driving speed

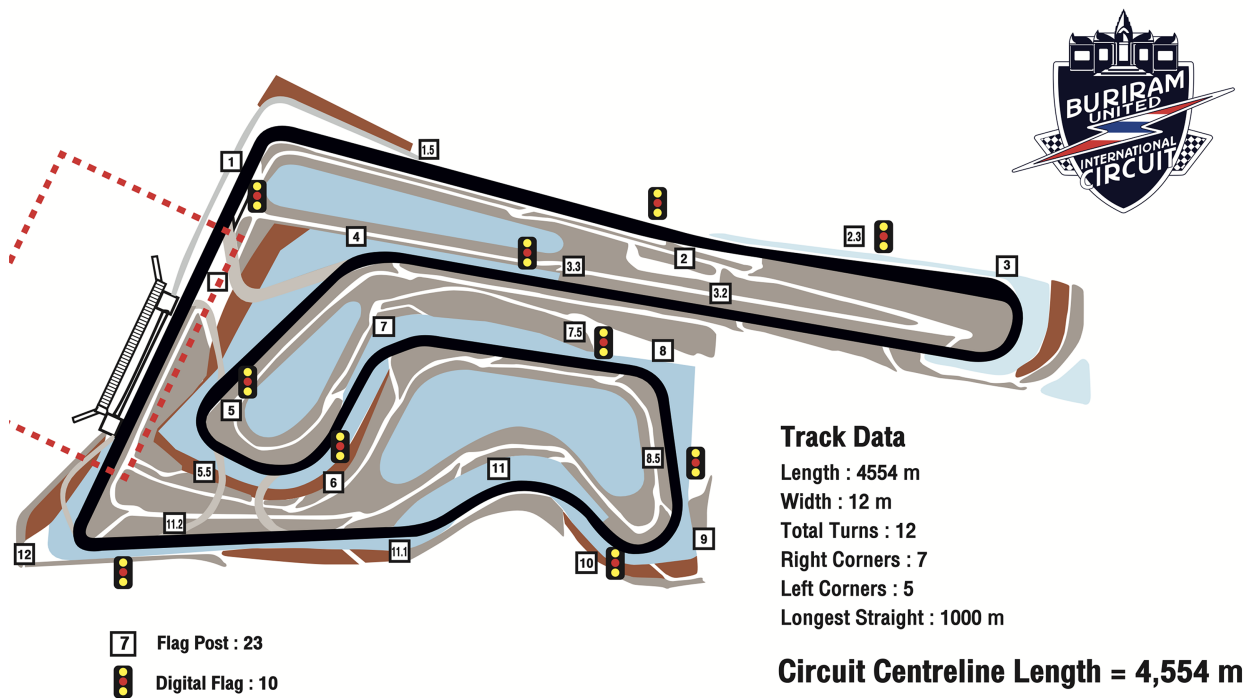


บทนำ

บริษัทเอ.พี. ฮอนด้า จำกัด ได้จัดกิจกรรมการแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิง Honda Eco Mileage Challenge ภายใต้แนวความคิดที่ว่า “น้ำมัน 1 ลิตรจะสามารถวิ่งไปได้ไกลแค่ไหน” โดยมีเป้าหมายให้ทุกคนได้ประดิษฐ์ คิดค้น ทดสอบ ทดลองและคำนึงถึงการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยความร่วมมือจากสำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นสถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการจะต้องจัดสร้างรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงของสถานศึกษาตนเอง (Kaewpra & Tantisuphachai, 2020) โดยกำหนดให้ทุกประเภทแข่งขันใช้เครื่องยนต์ฮอนด้าเวฟ 110 ไอ ระบบหัวฉีดทั้งหมด เพื่อเป็นการพัฒนาความรู้ความสามารถของนักเรียนนักศึกษา โดยในการแข่งขันจริงที่ทางฮอนด้าจัดขึ้นนั้นได้จัดที่สนามช้างอินเตอร์เนชั่นแนล เซอร์กิต จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งสนามแข่งขันนั้นมี

ขนาดได้มาตรฐาน โดยหนึ่งรอบสนามช้างฯ มีระยะทางยาว 4,554 เมตร ความกว้างของสนาม 12 เมตร มีทางโค้งทั้งหมด 12 โค้ง แบ่งเป็นโค้งขวา 7 โค้ง และโค้งซ้าย 5 โค้ง โดยทำการแข่งขันกันประมาณ 4 รอบสนาม (ระยะทางรวม 18 กิโลเมตร) ดังแสดงในภาพ 1

Anansaowaphak (2020) โดยในแต่ละปีที่ผ่านมาผลการแข่งขันของโรงเรียนมีลำดับการแข่งขันที่ดีขึ้นตามลำดับแต่ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ โดยในแต่ละปีการชักซ้อมการขับขี่รถฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงของทางทีมได้ฝึกซ้อมที่สนามกีฬาของทางโรงเรียน แต่เนื่องด้วยสถานที่ค่อนข้างแคบทำให้การชักซ้อมไม่เป็นไปตามเป้าหมาย อีกทั้งรถประหยัดเชื้อเพลิงมีรัศมีวงเลี้ยวที่กว้างและเวลาขับขี่มีการใช้ความเร็วที่สูงซึ่งอาจเกิดอันตรายในการซ้อมขับขี่



ภาพ 1 สนามแข่งขันที่สนามช้างอินเตอร์เนชั่นแนล เซอร์กิต จังหวัดบุรีรัมย์

Note. From Competition rules by Honda Eco Mileage Challenge, 2023, retrieved from <https://www.thaihonda.co.th/econo-test/FileUploadMain/ImagesUpload/>

เพื่อให้การชักซ้อมเป็นไปอย่างสมบูรณ์งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นออกแบบและจัดสร้างเครื่องฝึกทดสอบการขับที่ใช้ของรถประหยัดเชื้อเพลิง จำลองการสร้างแรงต้านของเครื่องฝึกทดสอบเพื่อให้มีความเหมือนกับการขับขึ้นในสนาม รวมถึงใช้ชุดฝึกการขับซึ่งดังกล่าวในการเก็บผลการทดสอบต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงก่อนการแข่งขันจริงอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. สร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมการขับสำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิง
2. เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ทดสอบบนเครื่องทดสอบกับการขับขึ้นสนามจริง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิจัยต่าง ๆ พบว่า การขับขึ้นให้ประหยัดเชื้อเพลิงนั้นมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง

ทั้งเรื่องของอากาศพลศาสตร์ น้ำหนักของตัวรถ เทคนิคการขับขึ้น เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยพบว่า

Kaewpra and Tantisuphachai (2020) ได้ทำการสร้างตัวถังรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงกึ่งอัตโนมัติ Autokan1 เพื่อหาคุณภาพและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเกณฑ์ขอบเขตการทดสอบถนนที่ใช้ในการวิ่งทดสอบเป็นสนามกีฬาพื้นถนนลาดยาง สตาร์ทเครื่องยนต์และเร่ง เครื่องยนต์ประมาณ 3-5 วินาที ให้รถมีความเร็วประมาณ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และดับเครื่องยนต์ เมื่อรถมีความเร็วลดลงประมาณ 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ให้สตาร์ทเครื่องยนต์อีกครั้งเพื่อเร่งเครื่องยนต์ให้รถมีความเร็ว ประมาณ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และดับเครื่องยนต์ทำซ้ำให้รถวิ่งครบ 5 รอบสนาม เมื่อวิ่งทดสอบครบ 5 รอบสนาม หรือเท่ากับระยะทาง 2,200 เมตร ทดลองวิ่งทดสอบทั้งหมด 9 ครั้ง และนำน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดสอบวิ่งทดสอบพบว่า มีค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเท่ากับ 782.22 กิโลเมตรต่อลิตร ดังตาราง 1 และจากการเข้าร่วมการแข่งขันฮอนด้าประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ครั้งที่ 22 ประจำปี พ.ศ. 2562 ผลการแข่งขัน ได้รับรางวัลสถิติ ประหยัดน้ำมันสูงสุดลำดับที่ 28 น้ำมัน 1 ลิตร สามารถวิ่งได้ ระยะทาง 737.54 กิโลเมตร ตามผลการจับสถิติวันแข่งขัน

Nimrotham and Koolnapadol (2017) ได้ศึกษา อัตราการฉีดเชื้อเพลิงที่เหมาะสมในรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการแข่งขัน การวิจัยนี้ศึกษาการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ โดยปรับเปลี่ยนจากกล่องมาตรฐานมาเป็นกล่องควบคุมการฉีด (API) ใช้กับเครื่องยนต์รถประหยัดประเภทรถประติษฐ์ ซึ่งมี 3 ล้อ อุปกรณ์อื่น ๆ อยู่ภายใต้กฎการแข่งขันฮอนด้า ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เทคนิคและการพัฒนานั้นสำหรับ เพื่อใช้ในการแข่งขันรถประหยัดเชื้อเพลิง

การทดสอบในสนามทดสอบซึ่งมีความยาว 6,000 เมตร ใช้บริเวณถนนในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ บางคล้า ความเร็วในการทดสอบ 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อวิ่งครบตาม ระยะทางกำหนดนำเชื้อเพลิง ทดสอบมาซึ่งน้ำหนักเพื่อหา อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง โดยสูตรคำนวณความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะใช้สูตรเดียวกับการแข่งขันฮอนด้า ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดลองพบว่า อัตราการฉีดที่เหมาะสมและประหยัดที่สุดคือตารางการฉีดแบบที่ 3 จากการสังเกตพฤติกรรมของเครื่องยนต์แบบที่ 1 และ 2

พบว่า เมื่อมีระยะเวลาการฉีดนาน กำลังของเครื่องยนต์ก็จะมีอัตราเร่งที่สูง ซึ่งมีผลให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง แต่กรณี ความต้องการใช้ความเร็วที่ 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และการใช้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จะใช้เวลาในช่วงการออกตัว เท่านั้น เมื่อรถมีการเคลื่อนที่แรงต้านทานการหมุนจะเริ่มลดลง จึงต้องมีการลดระยะเวลาการฉีดให้น้อยลง ซึ่งตารางการฉีดแบบที่ 3 จะมีการกำหนดรูปแบบการฉีดโดยจะมีการฉีดเชื้อเพลิงเฉพาะในรอบของเครื่องยนต์ที่ใช้งาน และจะกำหนดอัตราการฉีดเฉลี่ยในรอบที่ใช้งานตามจำนวน ความต้องการ โดยสังเกตจากแรงสูกฎอากาศจากเรือนล้อ แรงของเครื่องยนต์ ส่วนรอบไม่ใช้งานจะตัดการฉีดเชื้อเพลิง การตั้งค่าการชดเชยอุณหภูมิหม้อน้ำที่สูงมีผลต่อการฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งอาจเปรียบเทียบกับตัวชดเชยอุณหภูมิหม้อน้ำเหมือนกับตัวมหนูในคาร์บูเรเตอร์ เมื่อขนาดมหนูใหญ่จะจ่ายน้ำมันมากกว่าขนาดมหนูเบอร์เล็กตามลำดับ การพัฒนา รถเพื่อความประหยัดที่ดีขึ้นหรือการนำไปใช้ในรถจริงนั้นถ้า มีองค์ความรู้ด้านสมรรถนะและแบบจำลองเครื่องยนต์และควบคุมส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิงให้เกิดการหมุนวนก่อนเข้าเครื่องยนต์จะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยที่ใช้เชื้อเพลิงเท่าเดิม ในการออกแบบซึ่งเมื่อนำทดสอบวิ่งในสนามทดสอบเป็นจำนวนระยะทาง 6,000 เมตร จะได้ผลการทดสอบการประหยัดเชื้อเพลิงในแต่ละแบบ ดังตาราง 2 3 และ 4 ตามลำดับ

ตาราง 1

แสดงผลการทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงกึ่งอัตโนมัติ

แรงดันน้ำมัน เชื้อเพลิง	ครั้งที่	น้ำมันที่ใช้ไป (ซีซี)	ระยะทาง (เมตร)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราสิ้นเปลือง (กิโลเมตรต่อลิตร)
3 บาร์	1	3	2,200	33	733.33
	2	2.5	2,200	32	880.00
	3	3	2,200	33	733.33
	4	3	2,200	34	733.33
	5	3	2,200	35	733.33
	6	2.5	2,200	32	880.00
	7	3	2,200	33	733.33
	8	3	2,200	34	733.33
	9	2.5	2,200	33	880.00
	ค่าเฉลี่ย	2.83	2,200	33.22	782.22

ตาราง 2

แสดงผลของการประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อทดสอบการวิ่งในสนามทดสอบโดยใช้ตารางการฉีดเชื้อเพลิงแบบที่ 1

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เวลา (นาทีก)	ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ซีซี)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร)
1	14.20	25.35	19.23	310.55
2	13.55	26.56	20.13	328.06
3	14.33	25.12	18.00	333.33
ค่าเฉลี่ย	14.14	25.46	18.80	318.34

ตาราง 3

แสดงผลของการประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อทดสอบการวิ่งในสนามทดสอบโดยใช้ตารางการฉีดเชื้อเพลิงแบบที่ 2

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เวลา (นาทีก)	ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ซีซี)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร)
1	14.30	25.17	11.00	545.45
2	14.37	25.05	10.90	550.45
3	14.50	24.82	10.60	566.03
ค่าเฉลี่ย	14.39	25.01	10.83	553.97

ตาราง 4

แสดงผลของการประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อทดสอบการวิ่งในสนามทดสอบโดยใช้ตารางการฉีดเชื้อเพลิงแบบที่ 3

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เวลา (นาทีก)	ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ซีซี)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร)
1	14.54	24.75	10.37	578.64
2	14.36	25.06	10.95	547.98
3	14.13	25.26	10.07	595.86
ค่าเฉลี่ย	14.35	25.03	10.47	574.16

ผลการทดสอบวันแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิง คณะผู้วิจัยได้นำตารางการฉีดเชื้อเพลิงในแบบที่ 2 และ 3 มาใช้ในการแข่งขันรถประหยัดเชื้อเพลิง พบว่า สถิติการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยสถิติก่อนการปรับปรุงพัฒนารถประหยัดจะมีค่าสถิติ 368.78 กิโลเมตรต่อลิตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 25.10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิ่งใน ระยะทาง 10.2 กิโลเมตร หลังการใช้ตารางการฉีดเชื้อเพลิงแบบที่ 3 ร่วมกับเทคนิคการพัฒนาเครื่องยนต์ที่ได้จากงาน

วิจัย ในการทดสอบในระยะทาง 10.2 กิโลเมตร ทำสถิติ ได้ 560.84 กิโลเมตรต่อลิตร โดยใช้ความเร็วเฉลี่ย 26.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลการประหยัดเพิ่มขึ้น เป็น 34.28%

Thanomputra (2006) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องยนต์ ประหยัดเชื้อเพลิงเพื่ออนาคต (นนทรีอีสาน) โดยพัฒนา โครงสร้างของรถทำจากเหล็กกล่องขนาด 13 มิลลิเมตร และ 19 มิลลิเมตร ขึ้นรูปเป็นโครงและประกอบโดยใช้รอยเชื่อม โครงรถมีความกว้าง 450 มิลลิเมตร ยาว 2,900 มิลลิเมตร

ตัวถังรถหุ้มด้วยอะลูมิเนียมยึดติดกับโครงด้วยหมุดย้ำ รถแข่งมี 3 ล้อ ใช้ขอบล้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.41 เมตร โดยล้อหน้า 2 ล้อใช้สำหรับบังคับเลี้ยวล้อหลังสำหรับการขับเคลื่อนและเบรก ชุดส่งกำลังเป็นชนิดโซ่มีอัตราทด 7.95:1 ใช้ล้อแบบลูกบอล 6902Z ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 28 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 มิลลิเมตร และเจาะรูน้ำมันที่เพลาล้อหลังเพื่อเพิ่มสารหล่อลื่น ด้านเครื่องยนต์การพัฒนาเครื่องยนต์ภายใต้กฎกติกา ทำตามแนวคิดที่ว่า การลดปริมาตรกระบอกสูบ เพื่อลดปริมาณสารทำงานในห้องเผาไหม้ การใช้อัตราส่วนการอัดและเวลาการจุดระเบิดที่เหมาะสมเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และเครื่องยนต์มีกำลังมากขึ้น การลดระยะยกและช่วงเวลาเปิดวาล์วไอดีเพื่อลดปริมาณสารทำงาน รถจึงทำการดัดแปลงจากเครื่องยนต์ 1 กระบอกสูบ 4 จังหวะ ขนาด 125 ซีซี กลายเป็นเครื่องยนต์ที่มีปริมาตร กระบอกสูบ 121.16 ซีซี ขนาดกระบอกสูบ 52.3 มิลลิเมตร ช่วงชัก 56.4 มิลลิเมตร อัตราส่วนการอัด 16.5:1 วาล์วไอดีเปิดที่ 0 องศา ก่อน TDC วาล์วไอดีเปิดที่ 34 องศา ก่อน BDC ระยะยกวาล์วไอดี 2 มิลลิเมตร การจุดระเบิดที่ 1 องศา ก่อน TDC ระบบจุดระเบิด CDI 2 หัวเทียน

ผลการทดสอบรถก่อนการพัฒนา 4 ครั้ง ที่ระยะทาง 9 กิโลเมตร ใช้วิธีขับแบบสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งเครื่องเป็นเวลา 7 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์ รวม 18 ครั้งต้องการทดสอบ แสดงในตาราง 5 จากการวิเคราะห์รถที่อัตราเร็วเฉลี่ย 25.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สมมติประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง 31.5% วิธีการขับชนิดนี้มีความต้องการเชื้อเพลิง 0.30 กรัม ต่อการเร่งเครื่องยนต์หนึ่งครั้ง และต้องการเชื้อเพลิงทั้งหมด 5.57 กรัม สถิติดีที่สุดไม่เกิน 1,162 กิโลเมตรต่อลิตร จากผลการทดสอบพบว่า ใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 12.73 กรัม ค่าความประหยัดเฉลี่ย คือ 509.00 กิโลเมตรต่อลิตร รถมีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง 13.80% หลังจาการถถูกพัฒนาเสร็จสมบูรณ์ได้ทำการทดสอบรถ 8 ครั้ง ระยะทางเท่าเดิมและใช้วิธีขับแบบสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งเครื่องเป็นเวลา 5-7 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์รวม 12-15 ครั้งต่อการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตาราง 6 จากการวิเคราะห์รถที่อัตราเร็ว

เฉลี่ย 25.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีความต้องการเชื้อเพลิงทั้งหมด 3.446 กรัม สถิติดีที่สุดไม่เกิน 1,880 กิโลเมตรต่อลิตร ผลการทดสอบพบว่าใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 6.08 กรัม ค่าความประหยัดเฉลี่ย คือ 1,065.75 กิโลเมตรต่อลิตร และประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 17.85% ประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ต่ำสาเหตุเนื่องจากในสนามทดสอบ อาจมีความชันของถนน และอากาศล้อมรอบมีความเร็วในทิศด้านการเคลื่อนที่ของรถทำให้ต้องใช้แรงขับเคลื่อนมากขึ้น สาเหตุอีกประการหนึ่งเนื่องจากวิธีการขับแบบสตาร์ทเครื่องยนต์เร่งเครื่องและดับเครื่องติดต่อกัน ซึ่งการเร่งเครื่องยนต์ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำและการเร่งรถ 15 ครั้งมีความต้องการพลังงานหรือแรงขับเคลื่อนสูงกว่าเดิม 2.38 เท่าของวิธีสตาร์ท เร่งเครื่อง และขับด้วยความเร็วคงที่ อย่างไรก็ตามเพื่อความปลอดภัยต้องผ่อนคันเร่งเมื่อรถเข้าโค้งและเบรกเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ดังนั้นตลอดการแข่งขันทำให้มีการเร่งเครื่องยนต์หลายครั้งและความประหยัดลดลง

ตาราง 5

ผลการทดสอบรถก่อนการพัฒนา

ครั้งที่	การสตาร์ท (ครั้ง)	ระยะเวลาเร่ง เครื่องยนต์ (s)	อัตราเร็ว เฉลี่ย (km/h)	ค่าความประหยัด (km/liter)
1	18	7	25.35	517
2	18	7	25.49	508
3	18	7	25.29	514
4	18	7	25.44	497
ค่าเฉลี่ย			25.39	509.00

ตาราง 6

ผลการทดสอบรถหลังการพัฒนา

ครั้งที่	การสตาร์ท (ครั้ง)	ระยะเวลาเร่ง เครื่องยนต์ (s)	อัตราเร็ว เฉลี่ย (km/h)	ค่าความประหยัด (km/liter)
1	15	7	26.47	918
2	15	7	26.54	909
3	12	6	25.65	1034
4	12	6	25.70	989
5	12	6	25.53	1097
6	12	5	25.47	1139
7	12	5	25.23	1208
8	12	5	25.17	1232
ค่าเฉลี่ย			25.72	1065.75

1. ประเภทของแรงเสียดทาน Friction

1.1 แรงเสียดทานชนิดแห้ง (dry friction)

คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสกันของวัตถุที่มีสถานะเป็นของแข็ง โดยแรงเสียดทานชนิดแห้งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิดย่อย คือ (1) แรงเสียดทานสถิต (static friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุในสถานะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วหยุดนิ่งอยู่กับที่ (2) แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุในสถานะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ดังแสดงในภาพ 2

1.2 ทิศทางของแรงเสียดทาน Friction

ทิศของแรงเสียดทานมีทิศสวนทางกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีรายละเอียดดังนี้ (ก) รถเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา ยางรถหมุนเคลื่อนที่ในทิศตามเข็มนาฬิกาและแรงเสียดทาน F มีทิศจากซ้ายไปขวา (ข) รถแล่นถอยหลังจากขวาไปซ้าย ยางรถหมุนเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา แรงเสียดทาน F มีทิศทางจากขวาไปซ้าย (ค) รถเบรกล้ออยู่นิ่งแต่รถจะ

เคลื่อนที่ไปต่อจากเดิม คือ จากขวาไปซ้าย แรงเสียดทานมีทิศจากซ้ายไปขวา ดังแสดงในภาพ 3

1.3 ทฤษฎีพื้นฐาน Pavement Friction

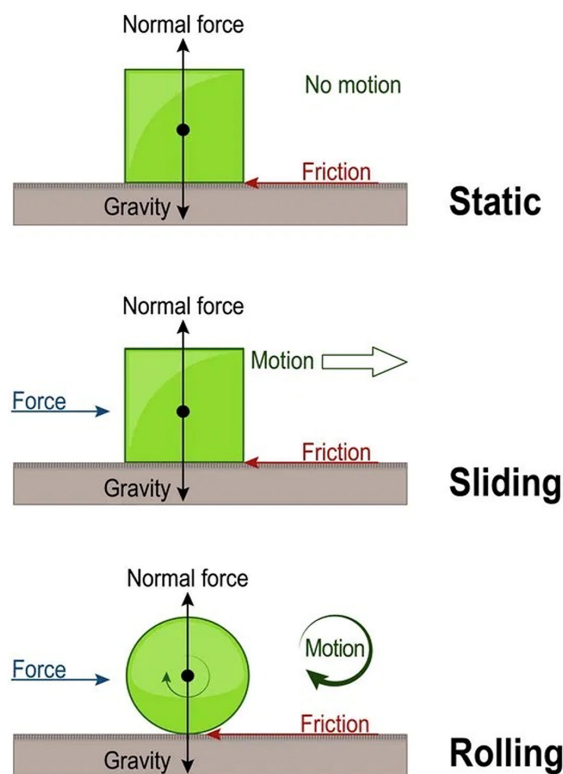
ความเสียดทานของผิวทาง (pavement friction) คือ แรงที่ต้านการเคลื่อนไหวยาระหว่างยางของรถยนต์กับผิวถนน แรงต้านนี้จะเกิดขึ้นเมื่อยางรถยนต์หมุนหรือไถลไปตามพื้นผิวของถนน ดังแสดงในภาพ 4 ซึ่งแรงต้านนี้จะหาได้จากสมการที่ 1 โดยแรงเสียดทานของผิวถนนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ ความเสียดทานตามยาว (longitudinal friction) และความเสียดทานด้านข้าง (side force friction)

$$\mu = F/FW \quad (1)$$

โดยที่ μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

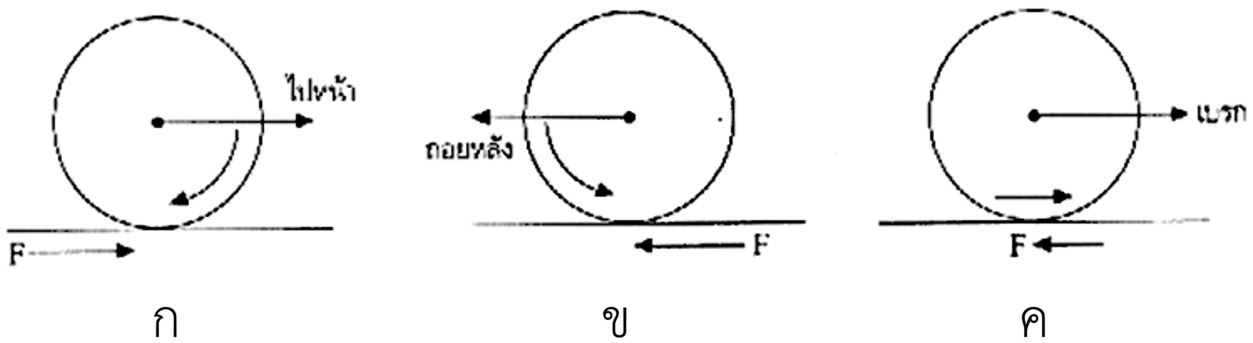
F = แรงเสียดทานในแนวตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ (หน่วย นิวตัน)

FW = แรงกดที่เกิดจากน้ำหนักรถยนต์ที่กระทำต่อล้อในแนวตั้ง (หน่วย นิวตัน)



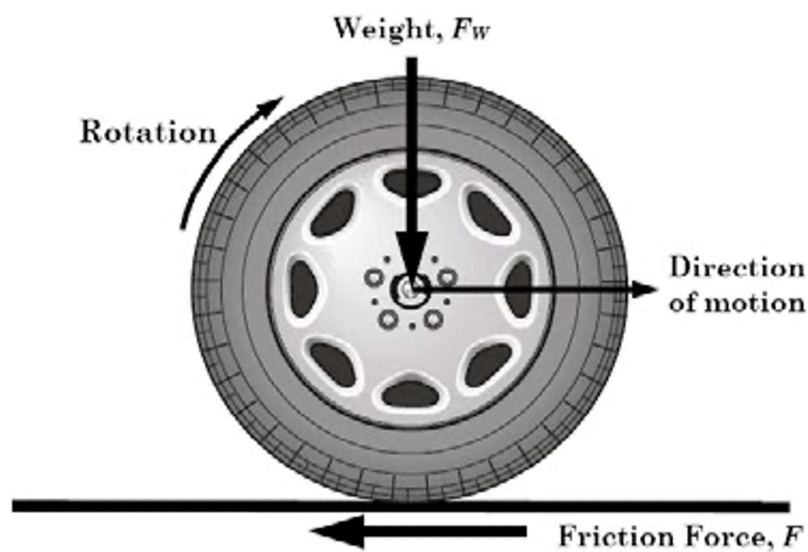
ภาพ 2 รูปแรงเสียดทานประเภทต่าง ๆ

Note. From Type of Friction by Friction, 2018, retrieved from <https://ngthai.com/science/27846/friction/>



ภาพ 3 ทิศทางของแรงเสียดทาน

Note. From *Type of Friction* by Friction, 2018, retrieved from <https://ngthai.com/science/27846/friction/>



ภาพ 4 แรงที่กระทำต่อล้อรถยนต์ขณะมีการเคลื่อนที่

Note. From *Pavement Friction* by Pavement Friction, 2015, Retrieved from <https://sites.google.com/site/patcharayutchanhom/khwam-seiyd-than-khxng-phiw-thang-pavement-friction>

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการออกแบบฐานของชุดทดสอบและขั้นตอนการสร้างฐานของชุดทดสอบ

1.1 ขั้นตอนการออกแบบฐานของชุดทดสอบ

เริ่มจากการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Shapr 3D และโปรแกรม Fusion 360 ดังแสดงในภาพ 5 และได้จำลองภาพ AR เพื่อดูขนาดและมิติของโครงสร้างบนสถานที่จัดตั้งจริง เพื่อให้เหมาะสมกับสถานที่จัดตั้งและขนาดของตัวรถที่ทำการทดสอบขับเคลื่อนและเก็บผลการทดลอง ดังแสดงในภาพ 6

1.2 ขั้นตอนการสร้างฐานของชุดทดสอบ

การศึกษาออกแบบและสร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมการขับเคลื่อนสำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิง เป็นการสร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมการขับเคลื่อนสำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิงและทำการทดสอบการขับเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ทดสอบบนเครื่องทดสอบกับการขับเคลื่อนบนสนามจริง โดยทั่วไปเมื่อเวลาที่มีการปรับแต่งชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถประหยัดเชื้อเพลิง ทั้งระบบส่งกำลัง ระบบอัตราทดเกียร์และอื่น ๆ ทางผู้วิจัยต้องทำการทดสอบการขับเคลื่อนบนถนนเพื่อเก็บผลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง รวมถึงค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการ

ข้อนี้ แต่ยังมีปัจจัยหลายด้านที่ไม่สามารถควบคุมให้การเก็บผลทดสอบมีความเสถียรได้ ดังนั้นงานวิจัยการออกแบบและสร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมจะช่วยให้การทดสอบการข้อนี้มีผลการทดสอบที่แม่นยำมากขึ้น โดยสามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชุดข้อเคลื่อน

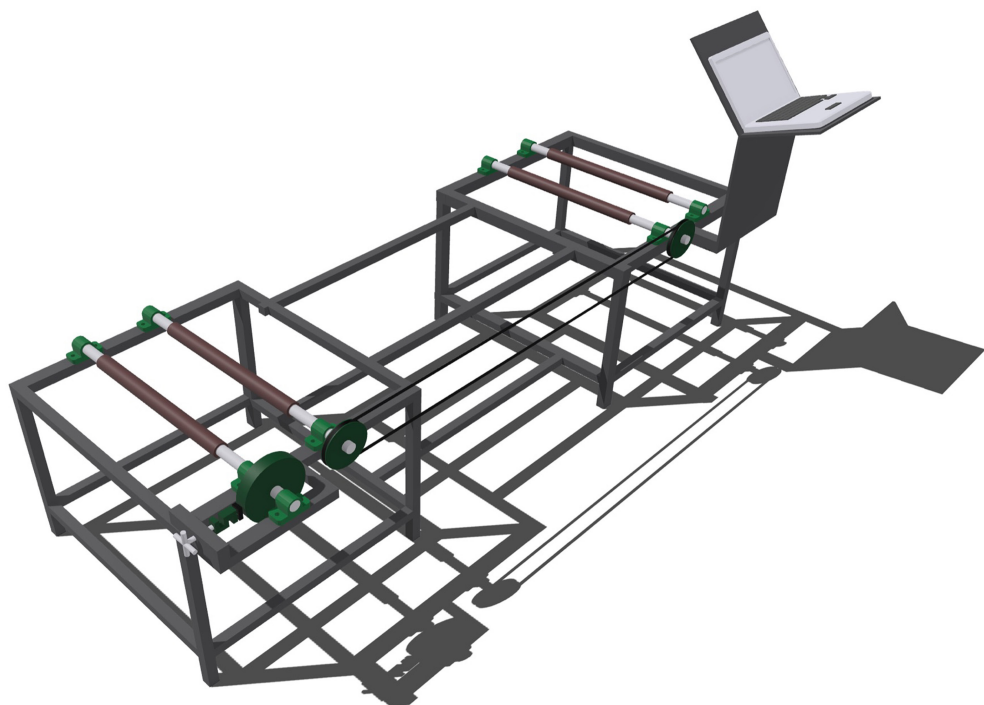
ทำการออกแบบและสร้างชุดข้อเคลื่อน ติดตั้งลูกปืนตึกตาขนาด 2 นิ้ว จำนวน 8 ตัว บนชุดฐานทั้งส่วนของล้อหน้าและล้อหลัง และติดตั้งร่วมกับแกนเพลาดันขนาด 1 นิ้ว จำนวน 4 ท่อน ยาวท่อนละ 90 เซนติเมตร ซึ่งแกนเพลาลูกตึงดังกล่าว สามารถรองรับน้ำหนักของตัวรถและผู้ข้อได้แข็งแรงเพียงพอ และระหว่างเพลาล้อหน้าและเพลาล้อหลังส่งกำลังด้วยพูลเลย์ขนาด 3 นิ้ว เพื่อให้ขณะวิ่งทดสอบล้อหน้าจะหมุนตามไปด้วย เพื่อคำนึงถึงแรงเสียดทานของล้อหน้าขณะข้อ ดังแสดงในภาพ 7

2. ขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดสร้างแรงกดเขียนแบบชุดสร้างแรงด้านการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Shapr 3D และโปรแกรม Fusion 360 และจัดสร้างชุดสร้างแรงด้านการเคลื่อนที่และตำแหน่งจุดวัดเซนเซอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในภาพ 8

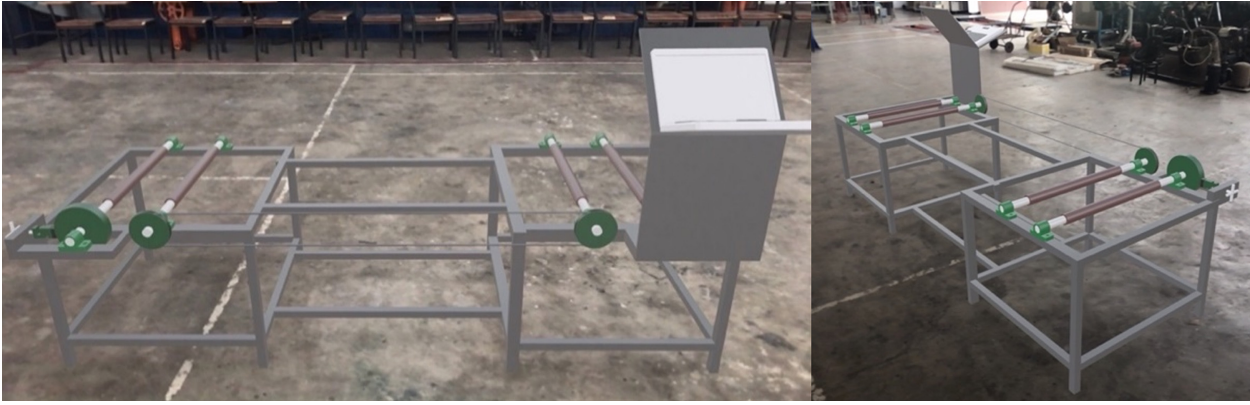
3. ขั้นตอนการประกอบชุดเก็บผลการทดลองเขียนคำสั่งโปรแกรม Arduino

3.1 เซนเซอร์โหลดเซลล์

ใช้บอร์ด Arduino Uno กับชุดโหลดเซลล์และตัวขยาย HX711 โดยใช้คำสั่ง Module Weight Sensors ของทางบอร์ด Arduino เพื่อทำการเก็บผลการทดลอง โดยสามารถเพิ่ม-ลด ค่าแรงกดที่ชุดสร้างแรงด้านได้ การต่อวงจรกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในภาพ 9



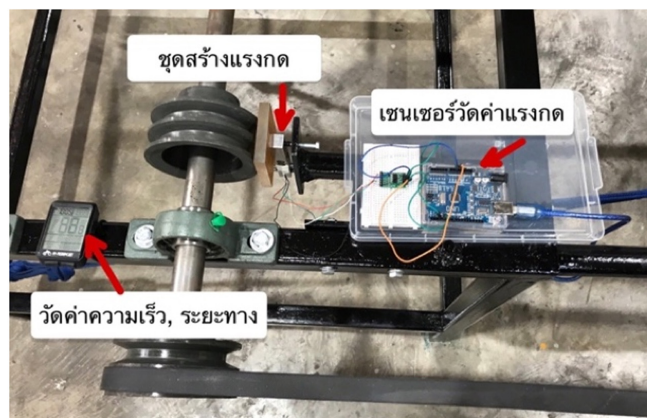
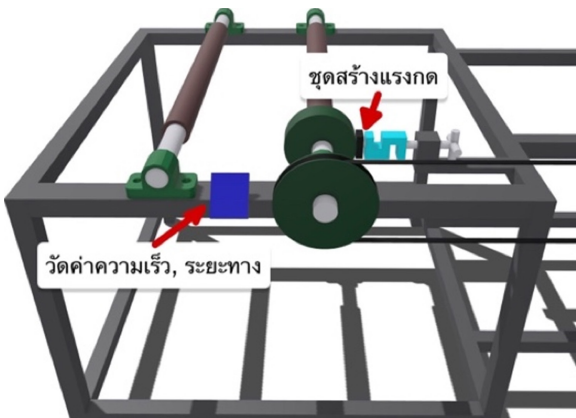
ภาพ 5 ภาพการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Shapr 3D และโปรแกรม Fusion 360



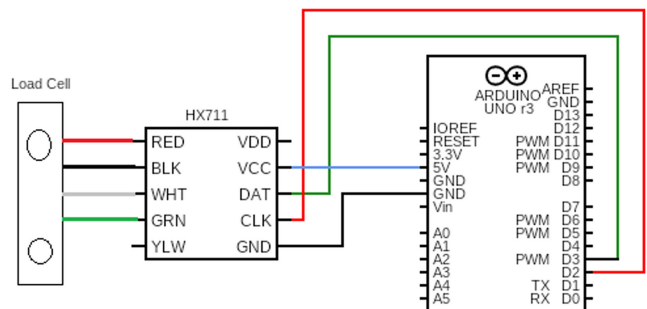
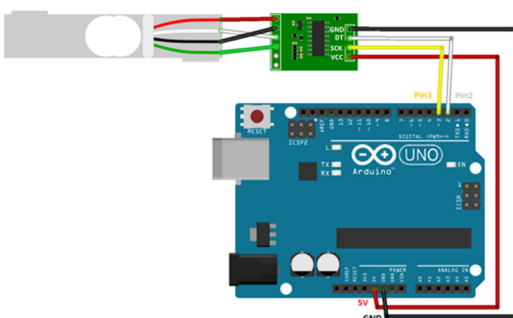
ภาพ 6 ภาพ AR ที่ได้จากการสร้างรูป 3 มิติของชุดทดสอบและชุดเก็บผลการทดลอง



ภาพ 7 ภาพชุดขับเคลื่อนระหว่างล้อหน้ากับล้อหลัง



ภาพ 8 ภาพชุดสร้างแรงกด



ภาพ 9 การต่อวงจรเซนเซอร์โหลดเซลล์

Note. From Load Cell and HX711 by Amplifier Module Weight Sensors, 2018, retrieved from <https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module/>

4. ขั้นตอนการเก็บผลการทดลอง

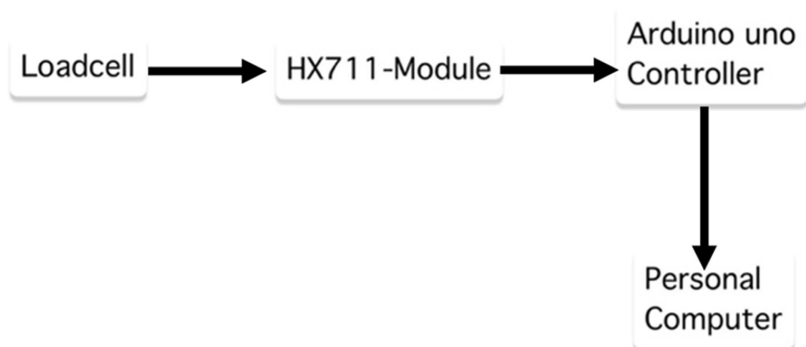
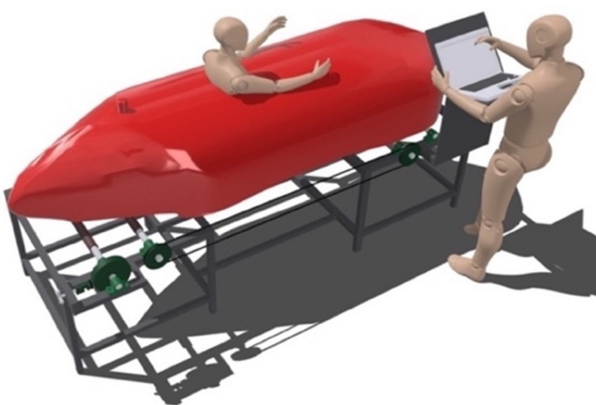
4.1 ประกอบส่วนโครงสร้าง ชุดระบบเซนเซอร์ และอุปกรณ์วัดผลต่าง ๆ

นำส่วนโครงสร้าง ชุดระบบเซนเซอร์และอุปกรณ์วัดผลต่าง ๆ ประกอบเข้าด้วยกัน และแผนภูมิไดอะแกรมแสดงโหลดเซลล์วัดค่าแรงกดคู่กับวงจร Arduino ดังภาพ 10 และทำการเตรียมระบบต่าง ๆ ทั้งระบบตรวจวัดเก็บผลการทดลองและระบบเชื้อเพลิง โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบนซิน E-20 ระบบความดันลมที่ระบบถังน้ำมัน 3 บาร์ เป็นต้น และติดตั้งเซนเซอร์ ECU เพื่ออ่านค่าต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ขณะทำงาน เช่น วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและน้ำมัน องศาการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ เป็นต้น ดังแสดงในภาพ 11

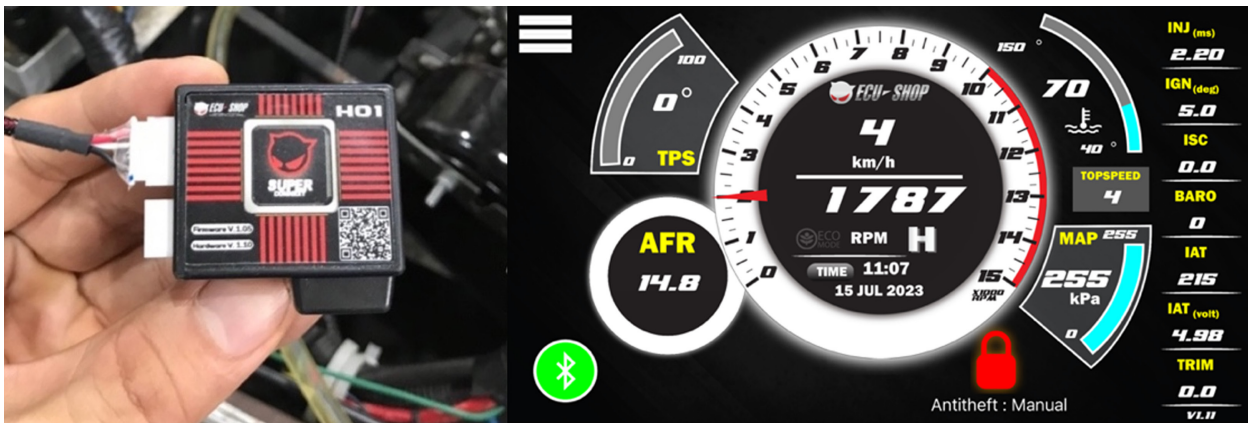
4.2 กำหนดเงื่อนไขการทดสอบ

การทดสอบการขับซิ่งรถประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้เครื่องยนต์ฮอนด้ารุ่นเวฟ 110 ไอ โดยการทดสอบจะขับซิ่งตามกติกาการแข่งขันที่ความเร็วเฉลี่ย 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

โดยแบ่งการเก็บผลการทดสอบเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขับซิ่งรถประหยัดที่ระยะทาง 5 กิโลเมตร จำนวน 3 รอบ และปรับเพิ่ม-ลดแรงกดที่ชุดสร้างแรงดันที่ 0 5 10 15 และ 20 นิวตัน เพื่อทำการหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ขั้นตอนที่ 2 ขับซิ่งรถประหยัดที่ระยะทาง 5 กิโลเมตร จำนวน 3 รอบ โดยขับซิ่งที่ความสูงที่สุดดังนี้ 50 55 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อหาความเร็วสูงสุดในการขับซิ่งที่ใช้อัตราการใช้น้ำมันน้อยที่สุด ขั้นตอนที่ 3 ขับซิ่งที่ระยะทาง 18 กิโลเมตร ตามระยะทางแข่งขันจริง เพื่อคาดคะเนระยะทางสูงสุดที่สามารถขับซิ่งได้ที้น้ำมันเชื้อเพลิง 1 ลิตร โดยในแต่ละหัวข้อที่กล่าวมาทำการทดสอบในสถานที่ปิด มีการควบคุมปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ให้มีค่าคงที่มากที่สุด เพื่อลดความเบี่ยงเบนของผลการทดลองมีตัวแปรที่ควบคุม อาทิ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ตอนเริ่มทดสอบ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในการทดสอบเลือกช่วงเวลาในแต่ละวันที่ใกล้เคียงกัน วิธีการถอดหลอดแก๊วน้ำมันมาซึ่ง ลักษณะการบิดคั่นแรง แรงดันลมที่ใช้ในหลอดน้ำมัน เป็นต้น ตัวแปรตามที่ได้จากการทดสอบ คือ ปริมาณน้ำหนักน้ำมันเชื้อเพลิงที่ซั่งก่อน-หลังการทดสอบ ซึ่งด้วยตราซั่งดิจิตอลค่าความคลาดเคลื่อน 0.01 กรัม ดังภาพ 12



ภาพ 10 ภาพตอนเก็บผลทดสอบและแผนภูมิไดอะแกรมแสดงโหลดเซลล์วัดค่าแรงกดคู่กับวงจร Arduino



ภาพ 11 เซนเซอร์ ECU เพื่ออ่านค่าต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ขณะทำงาน



ภาพ 12 การชั่งน้ำหนักน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังการทดสอบ

ผลการวิจัย

1. ทดสอบขับขึ้นเพื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดที่ชุดสร้างแรงดัน

ทดสอบขับขึ้นรถประหยัดตามกฎหมายการแข่งขัน และปรับเพิ่ม-ลดแรงกดที่ชุดสร้างแรงดันที่ 0 5 10 15 และ 20 นิวตัน จำนวน 3 ครั้ง เพื่อทำการหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย โดยขับขึ้นที่ความเร็วสูงสุด 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากนั้นดับเครื่องยนต์เพื่อให้รถไหลด้วยแรงเฉื่อยจนหมดความเร็วที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงสตาร์ทเครื่องยนต์แล้วทำการเร่งจนความเร็วจนถึงจุดที่กำหนดอีกครั้ง ทำสลับกันตลอดระยะทาง 5 กิโลเมตร โดยให้มีความเร็วเฉลี่ย 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ผลค่าอัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละสภาวะ ดังนี้

- สภาวะแรงกด 0 นิวตัน ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยไป 5.65 กรัม อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 336.76 กิโลเมตรต่อลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.98
- ที่สภาวะแรงกด 10 นิวตัน ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไป 8.07 กรัม อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 235.64 กิโลเมตรต่อลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.35
- ที่สภาวะแรงกด 15 นิวตัน ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไป 12.06 กรัม อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 157.96 กิโลเมตรต่อลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.55
- ที่สภาวะแรงกด 20 นิวตัน ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไป 45.56 กรัม อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 42.97 กิโลเมตรต่อลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.21

- ที่สภาวะแรงกด 25 นิวตัน ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไป 59.36 กรัม อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 33.17 กิโลเมตรต่อลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.75 ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 13

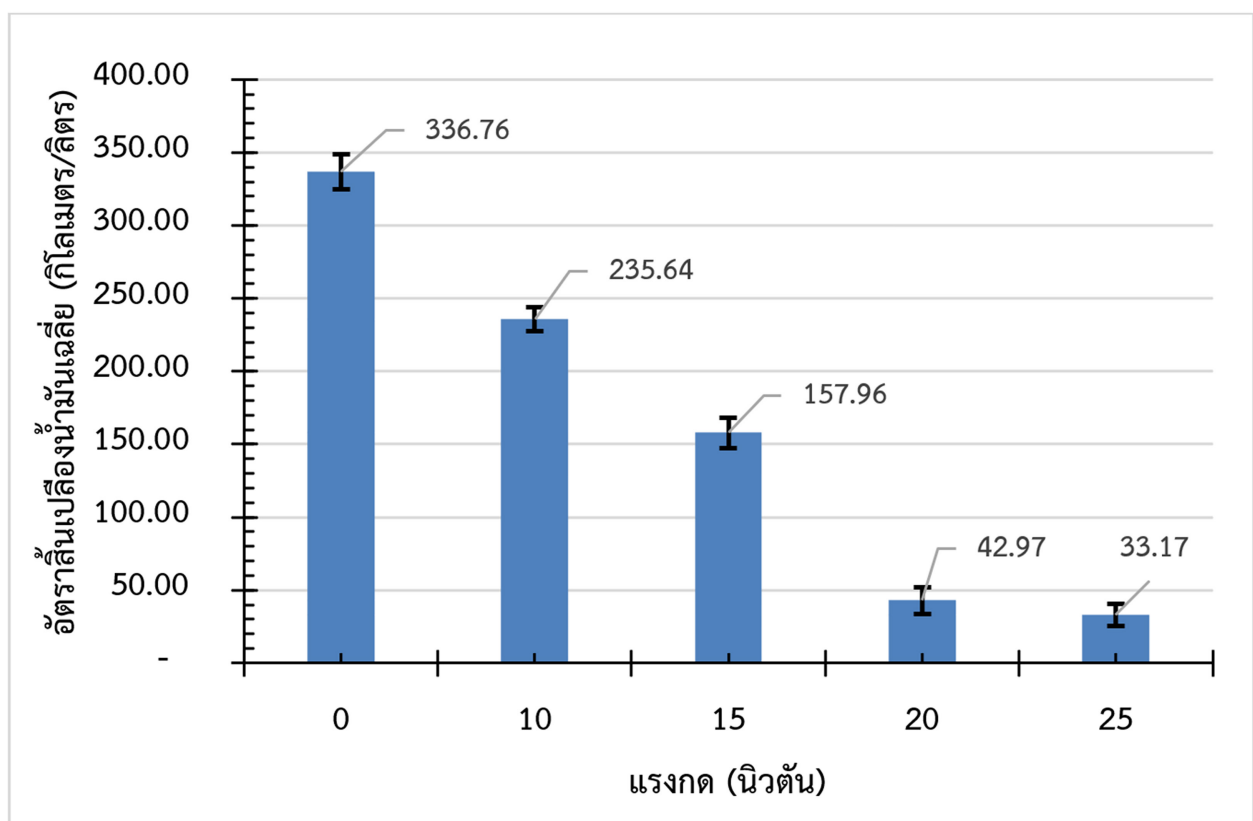
2. ทดสอบการขับขึ้นเพื่อหาความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม

ทำการขับขึ้นรถประหยัดที่ความเร็วสูงสุด ดังนี้ 50 55 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่แรงกดที่ชุดสร้างแรงดัน 6.84 นิวตัน โดยขับขึ้นที่ความเร็วสุดตามที่กำหนด จากนั้นดับเครื่องยนต์เพื่อให้รถไหลด้วยแรงเฉื่อย และสตาร์ทเครื่องยนต์แล้วทำการเร่งจนความเร็วถึงจุดที่กำหนดอีกครั้ง ทำสลับกันจนถึงระยะทาง 5 กิโลเมตร โดยให้มีความเร็วเฉลี่ย 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยเมื่อถึงระยะทางที่กิโลเมตรที่ 1 2 3 4 และ 5 ได้ทำการหยุดการทดสอบและชั่งน้ำหนัก

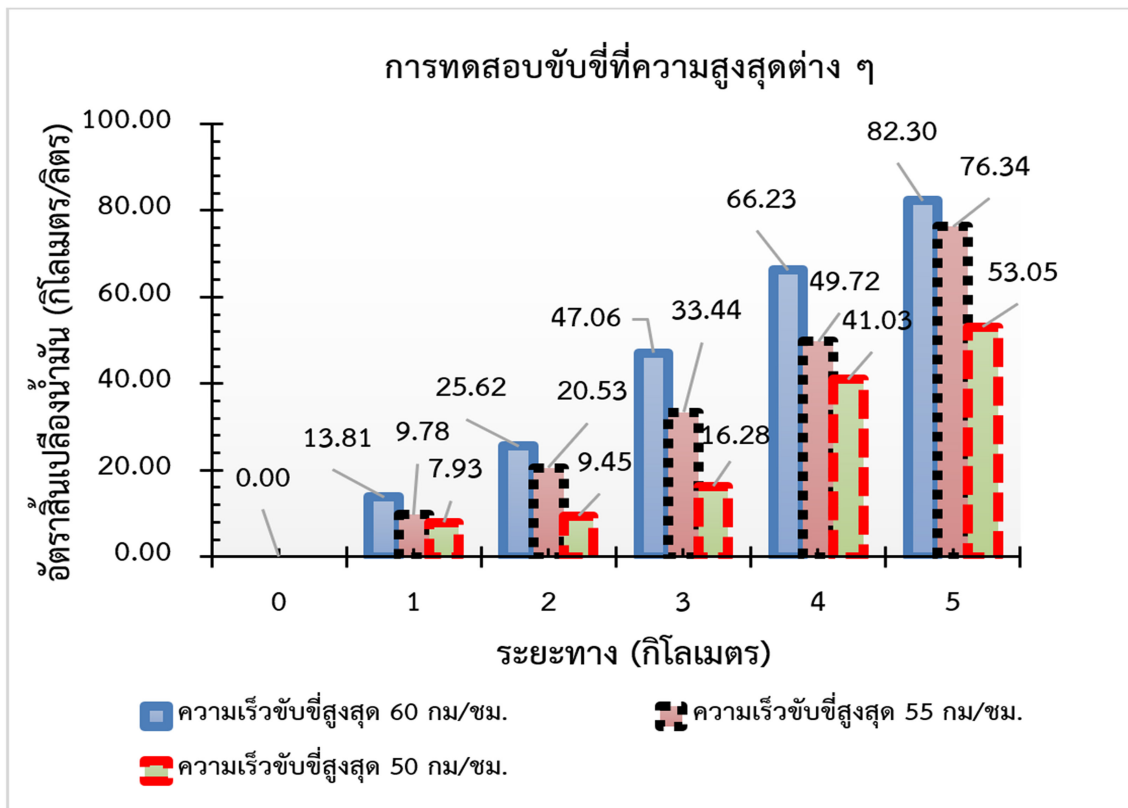
ของเชื้อเพลิงตามระยะทางดังกล่าว เพื่อทำการเปรียบเทียบหาความเร็วสูงสุดในการขับขึ้นที่ทำให้การขับขึ้นประหยัดน้ำมันมากที่สุด ได้ผลการทดสอบ ดังแสดงในภาพ 14

3. ขับขึ้นที่ระยะทาง 18 กิโลเมตร ตามกฎกติกาการแข่งขัน เพื่อคาดคะเนระยะทางสูงสุดที่สามารถขับขึ้นได้ที่น้ำมันเชื้อเพลิง 1 ลิตร

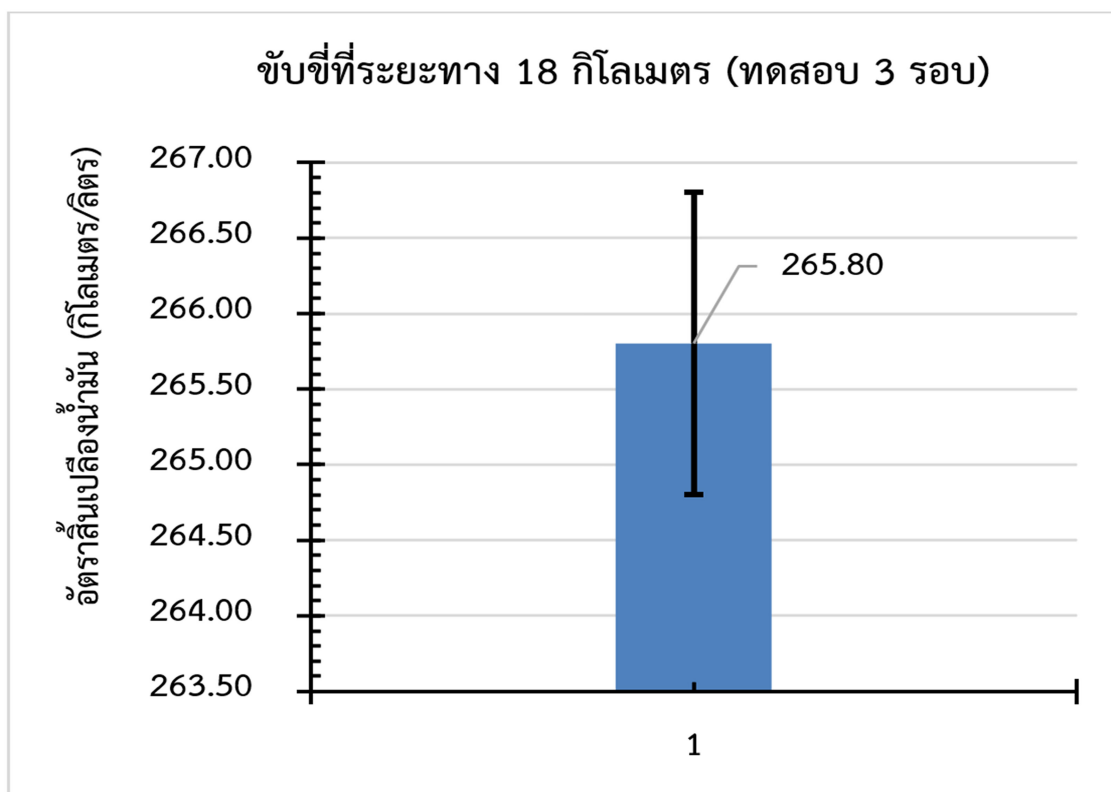
จากการทดสอบเพื่อหาค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการขับขึ้นให้มีอัตราสิ้นเปลืองน้อยที่สุดในขั้นต้น จากนั้นทดสอบการขับขึ้นที่ระยะทาง 18 กิโลเมตรตามกติกาการแข่งขัน จำนวน 3 รอบ พร้อมเก็บข้อมูลเพื่อดูแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และได้เทคนิคการขับขึ้นการเร่งเป็นเวลาดสั้น ๆ จาก (Kaewpra & Tantisuphachai, 2020) ดังแสดงในภาพ 15



ภาพ 13 ผลการทดสอบขับขึ้นเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง และแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพ 14 ผลการแข่งขันรถฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงครั้งที่ 25/2565



ภาพ 15 ผลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงการทดสอบขับขี่ที่ระยะทาง 18 กิโลเมตร (ทดสอบ 3 รอบ)

การอภิปรายผล

จากข้อมูลผลการทดสอบขับขึ้นเพื่อหาค่าแรงกดที่ชุดสร้างแรงต้านในส่วนที่ 1 มาเปรียบเทียบกับผลการแข่งขันรถฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงครั้งที่ 25/2565 เมื่อวันที่ 11-12 มกราคม 2566 ที่มีผลการแข่งขันมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 256.75 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่าค่าแรงกดที่สร้างแรงต้านที่ใกล้เคียงกับผลการแข่งขันครั้งก่อนคือที่ค่าแรงกดเท่ากับ 6.84 นิวตัน จากนั้นนำผลที่ได้มาเก็บผลต่อในส่วนที่ 2 ในเรื่องของความเร็วสูงสุดที่เหมาะสมที่สุดในการขับขึ้น จากผลการทดสอบพบว่า ที่ความเร็วในการขับขึ้นสูงสุด 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทุก ๆ ช่วงระยะทาง มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วสูงสุดค่าอื่น ๆ และที่ความเร็วสูงสุด 55 และ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรองลงมาตามลำดับ เนื่องจากการเปิด-ปิด สวิตช์และสตาร์ทรถ ระบบการทำงานของกล่องควบคุมจะมีการฉีดน้ำมันก่อน 1 ครั้ง เพราะฉะนั้นการขับขึ้นที่ความเร็วสูงสุดที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในระยะทางที่กำหนด จึงช่วยลดจำนวนการสตาร์ทลงได้ แต่การขับขึ้นยังมีค่าความเร็วเฉลี่ยตามที่กติกากำหนด จึงสามารถทำให้การขับขึ้นที่สภาวะทดสอบมีค่าประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด จากนั้นในส่วนที่ 3 ทดสอบการขับขึ้นด้วยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในขั้นต้นที่ระยะทาง 18 กิโลเมตร ตามกติกาการแข่งขัน จำนวน 3 รอบ พร้อมเก็บข้อมูลเพื่อดูแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย ซึ่งผลการทดสอบได้ค่าอัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเท่ากับ 268.80 กิโลเมตรต่อลิตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.21

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการหาแรงต้านแรงกดของเครื่องทดสอบการขับขึ้นพบว่า แรงต้านที่คำนวณได้นั้นเป็นเพียงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในเงื่อนไขสภาวะที่กำหนด ในการแข่งขันจริงที่สนามอาจมีปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัย อาทิเช่น เรื่องของโมเมนต์ความเฉื่อยของรถในการเคลื่อนที่ อุณหภูมิของอากาศ ทิศทางลม เป็นต้น ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณได้นั้นสามารถใช้บอกเป็นแนวทางในการทดสอบการขับขึ้นที่ได้มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุด

อาทิ ระบบส่งกำลัง ระบบเบรก ระบบหล่อลื่นของชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ทราบถึงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับการแข่งขันต่อไป ทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในงานวิจัยที่ต้องแก้ไข เช่น ความละเอียดของเครื่องมือวัดเก็บผล ปัจจัยแวดล้อมโดยรอบในการเก็บผลทดสอบ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยการเก็บผลการทดสอบในครั้งถัด ๆ ไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.ดร.ชวิน จันทระเสนวงศ์ ในการแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการและเจ้าหน้าที่กองทุนวิจัยและพัฒนาของโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่กรุณาช่วยพิจารณาถ้อยแถลงโครงการวิจัยและช่วยประสานงานต่าง ๆ ให้สำเร็จลงไปด้วยดี และขอขอบคุณกองทุนวิจัยและพัฒนา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย ประจำปี 2566 และขอขอบพระคุณ พันเอก อรรถพล จินดาทรัพย์ ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ให้การสนับสนุนทั้งสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดลอง รวมทั้งเจ้าหน้าที่กองวิชาทุกนายที่ให้การช่วยเหลือในการทำงาน จนทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่สละเวลาในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยเรื่อง ออกแบบและสร้างต้นแบบชุดฝึกซ้อมการขับขึ้นสำหรับรถประหยัดเชื้อเพลิง ตรวจสอบความถูกต้องของภาษา และพิจารณาความเชิงตรรกะเนื้อหาของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลืออีกจำนวนมาก ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณ และขอบคุณไว้โอกาสนี้



References

- Anansaowaphak, B. (2020). *Eco Mileage Challenge Vehicle 2020*. Nakhon Nayok: Mechanical Engineering Division, Education Division, Chulachomklao Royal Military Academy. (in Thai)
- Friction. (2018). *Type of friction*. Retrieved from <https://ngthai.com/science/27846/friction/> (in Thai)
- Honda Eco Mileage Challenge. (2023). *Competition rules*. Retrieved from <https://www.thaihonda.co.th/econo-test/FileUploadMain/ImagesUpload/> (in Thai)
- IR Sensor. (2022). *Digital tachometer using IR sensor with arduino for measuring RPM*. Retrieved from <https://how2electronics.com/digital-tachometer-ir-sensor-arduino/> (in Thai)
- Kaewpra, P., & Tantisuphachai, K. (2020). The body building a semi-automatic fuel-economical artificial car ‘Autokan 1’. *Vocational Education Central Region Journal*, 4(1), 53–59. (in Thai)
- Nimrotham, C., & Koolnapadol, N. (2017). Appropriate Fuel Injection Rate of Econo Car for Competition. *The Journal of Industrial Technology Thepsatri Rajabhat University*, 12(1), 13-23. (in Thai)
- Pavement Friction. (2015). *Pavement friction*. Retrieved from <https://sites.google.com/site/patcharayutchanhom/khwam-seiyd-than-khxng-phiw-thang-pavement-friction>
- Thanomputra, S. (2006). *The development of an economy vehicle for the future: Nontree-Esan*. Bangkok: Faculty of Science and Engineering Kasetsart University. (in Thai)
- Tinphabath, P. (2006). *Eco power car*. Nakhon Nayok: Mechanical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Phranakhon. (in Thai)
- Types of Bicycle Trainers. (2020). *Different types of bicycle trainers*. Retrieved from <https://alta24.com/th/5-types-of-bike-trainers/>
- Weight Sensors. (2018). *Load cell and HX711 amplifier module*. Retrieved from <https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module/>

