

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนรถจักรยานยนต์ สำหรับใช้บริการรับ – ส่งผู้โดยสารสาธารณะ

ธัญญรัตน์ สุวรรณรัตน์¹, นกสร คำพิฑูรย์², อรณิชา ปลิ้ม³ และ วรณวรัตน์ อันล้ำเลิศ^{*4}

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121

Received: 03 March 2024; Revised: 28 May 2024; Accepted: 29 May 2024

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้ให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างเผชิญกับความท้าทายจากการผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีผลกระทบต่อการดำเนินงาน อีกทั้งการใช้รถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยังเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปัญหาด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม บทความวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมและวิเคราะห์ความคุ้มค่าสำหรับการตัดสินใจเลือกระหว่างรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ในการให้บริการรถจักรยานยนต์สาธารณะภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต สำหรับการประเมินต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภทตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี จะคำนึงถึงต้นทุนการดำเนินงานและต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนด้วยการประเมินระยะคืนทุน อัตราผลตอบแทนภายใน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และการวิเคราะห์ความไวตลอดอายุการใช้งานรถจักรยานยนต์ในการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้าง จากการศึกษาพบว่า การใช้รถจักรยานยนต์ในการขับรับ-ส่งผู้โดยสารตามเส้นทางที่เหมาะสมสามารถลดต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงจากเดิมได้ถึงร้อยละ 12.58 ต่อปี ในขณะที่การใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่นั้นมีระยะคืนทุนที่นานกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแต่มีความคุ้มค่าในระยะยาวด้วยต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของที่ต่ำและให้ผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตมากกว่า 34,089.45 บาท ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการทำการตัดสินใจเกี่ยวกับการลงทุนในรถจักรยานยนต์รับจ้างในอนาคต

คำสำคัญ: ต้นทุนผลกระทบภายนอก, ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ, รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า, รถจักรยานยนต์รับจ้าง, หลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน

* Corresponding author. E-mail: wanwarat@mathstat.sci.tu.ac.th

¹ นักศึกษาหลักสูตรคณิตศาสตร์การจัดการ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² นักศึกษาหลักสูตรคณิตศาสตร์การจัดการ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³ นักศึกษาหลักสูตรคณิตศาสตร์การจัดการ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Cost-Effectiveness Analysis in Motorcycle Investment for Use in Public Passenger Transport Services

Tanyarat Suwannarat¹, Napason Khampithun², Onnidcha Pluem³ and Wanwarat Anlamlert^{*4}

Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus

Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12121 Thailand

Received: 03 March 2024; Revised: 28 May 2024; Accepted: 29 May 2024

Abstract

Motorcycle taxi service providers face challenges due to the fluctuation of fuel prices, which impact their operations. Additionally, the use of fuel-based motorcycles serves as a catalyst for social and environmental issues. This research employs mathematical principles along with economic analysis to study optimal routes and assess the cost-effectiveness of choosing between fuel-based motorcycles and electric motorcycles with swappable batteries for providing public motorcycle taxi services within the Thammasat University, Rangsit Campus. The objective of this study is to identify suitable routes and analyze the cost-effectiveness of choosing between fuel-based motorcycles and electric motorcycles with swappable batteries for public motorcycle taxi services within Thammasat University, Rangsit Campus. The evaluation of the total cost of ownership for both types of motorcycles over a 10-year lifespan includes operational costs and the external costs associated with carbon dioxide emissions. Additionally, the study considers investment decision criteria by evaluating the payback period, internal rate of return, net present value, and sensitivity analysis throughout the motorcycles' service life in providing motorcycle taxi services. The study reveals that using motorcycles for the transportation of passengers along optimal routes can reduce fuel costs by up to 12.58% annually. Meanwhile, electric motorcycles with swappable batteries have a longer payback period compared to fuel-based motorcycles but offer long-term profitability due to lower total ownership costs and expected future returns, estimated at over 34,089.45 baht. This essential information assists entrepreneurs in making strategic investment decisions regarding the future of motorcycle taxi operations.

Keywords: externalities cost, total ownership cost, electric motorcycle, motorcycle taxi, investment decisions

* Corresponding author. E-mail: wanwarat@mathstat.sci.tu.ac.th

1 Student in Faculty of Science and Technology, Thammasat University

2 Student in Faculty of Science and Technology, Thammasat University

3 Student in Faculty of Science and Technology, Thammasat University

4 Assistant Professor in Faculty of Science and Technology, Thammasat University

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบขนส่งสาธารณะมีความสำคัญสำหรับการใช้ชีวิตด้านการเดินทางตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สำหรับระบบขนส่งสาธารณะในประเทศไทยได้รับการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของประชาชน ส่งผลให้เศรษฐกิจภายในประเทศดีขึ้น โดยเฉพาะระบบการขนส่งสาธารณะทางบกด้วยรถจักรยานยนต์ซึ่งเป็นยานพาหนะเพื่อการโดยสารที่ตอบสนองต่อวิถีชีวิตประชาชนในสังคมเมืองได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่การจราจรหนาแน่นในเวลาเร่งด่วน

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ดำเนินการพัฒนาและสร้างส่วนต่อขยายโครงข่ายการขนส่งสาธารณะในหลายรูปแบบการให้บริการ แต่ทว่าปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเดินทาง และราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังคงเพิ่มสูงขึ้นยังเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อระบบการคมนาคมปัจจุบัน การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการเดินทางที่เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2560 สุวรรณ อิศกุลชัย [1] ศึกษาการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของไดจ์คสตรา (Dijkstra's Algorithm) เพื่อหาเส้นทางจราจรที่สั้นที่สุดเพื่อช่วยในการลดค่าใช้จ่ายการเดินทาง โดยมีปัจจัยเพิ่มเติม ได้แก่ ทุกเส้นทางมีน้ำหนักเท่ากันและสามารถไปได้เพียง 2 เส้นทาง พบว่ามีเส้นทางจราจรที่เป็นไปได้ทั้งหมด 20 เส้นทาง และสามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเท่ากับ 253.25 เมตร ซึ่งการประยุกต์อัลกอริทึมนี้สามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ถูกต้องร้อยละ 100 และในปี พ.ศ. 2565 ครายูท กามะโน และ มนวิภา อาวิพันธุ์ [2] ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งในลักษณะที่มีทั้งการรับและส่งมอบ โดยพิจารณาเส้นทางการขนส่งในปัจจุบันเทียบกับเส้นทางการขนส่งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีระยะทางรวมทั้งสั้นที่สุดและหาความจุยานพาหนะที่ใช้ในการบรรทุกจักรยานที่เหมาะสม มีการเสนอว่าการปรับขนาดของรถบรรทุกจักรยานจะสามารถเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในขณะเดียวกัน Chen [3] ได้ศึกษาการประยุกต์อัลกอริทึมของไดจ์คสตราในการจัดเส้นทางของระบบขนส่งรถเมล์ Walnut โดยเน้นความสำคัญของวิธีการนี้

ในวงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และสถานการณ์จริง โดยวิเคราะห์ปัญหาเส้นทางสั้นที่พบบ่อย และอธิบายแนวคิดของทฤษฎีกราฟ ซึ่งพบว่าอัลกอริทึมนี้ช่วยให้ระบบขนส่งรถเมล์ของ Walnut ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การพัฒนา Walnut Bus Transportation Query System ที่ช่วยให้ประชาชนเลือกเส้นทางรถเมล์ที่สั้นที่สุดและประหยัดเวลาให้กับผู้ใช้บริการ ต่อมาในปี พ.ศ. 2566 Jason et al. [4] ได้ศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของไดจ์คสตราในการสร้างโปรแกรมเว็บไซต์เพื่อค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงสถานที่ให้บริการวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จากการทดสอบโปรแกรมค้นพบผลลัพธ์ของการแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดจากตำแหน่งเริ่มต้นต่าง ๆ ไปยังตำแหน่งของสถานที่ให้บริการวัคซีน ในขณะที่ Ray et al. [5] ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของไดจ์คสตราร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการปรับปรุงการขนส่งสาธารณะโดยรถแท็กซี่ เพื่อจับคู่ผู้โดยสารกับรถแท็กซี่โดยพิจารณาจากระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างผู้โดยสารกับรถแท็กซี่ ทำให้วิธีการนี้ช่วยประหยัดเวลาในการเดินทางรับ-ส่งผู้โดยสารและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง จากบทความวิจัยข้างต้นพบว่าอัลกอริทึมของไดจ์คสตราถูกประยุกต์ใช้เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในกราฟที่มีน้ำหนักบนเส้นเชื่อมซึ่งไม่มีน้ำหนักเป็นลบ เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ มีความชัดเจนของโครงสร้างขั้นตอนการทำงาน และยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมหรืออัลกอริทึมอื่นๆ เพื่อแก้ไขปัญหาคับซ้อนขึ้น

นอกจากนี้ในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันที่มีความผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีการปรับสูงขึ้นและผู้ใช้บริการรถจักรยานยนต์สาธารณะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต้องแบกรับค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น ปัญหาการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการธุรกิจในการขนส่งและโลจิสติกส์ ทำให้ต้นทุนการดำเนินงานเพิ่มสูงขึ้นและมีอิทธิพลต่อการเลือกใช้พลังงานในอนาคต มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ยานพาหนะในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น ในปี พ.ศ. 2561 วาภูมิณ ไพศาลยางกุล [6] ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเดินเรือคลองแสนแสบ

ส่วนต่อขยายจากวัดศรีบุญเรืองถึงสำนักงานเขตมีนบุรีโดยวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินรวมถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจและสังคมมากกว่าทางการเงิน ในปี พ.ศ. 2562 ภาวิณี เอี่ยมตระกูล และคณะ [7] ศึกษาความเป็นไปได้ของการให้บริการระหว่างรถไฟฟ้าโทรลลี รถบัสไฟฟ้า และรถบัสดีเซล ในเงื่อนไขทางด้านรายได้ของการให้บริการและสมมติฐานด้านตัวรถ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการลงทุน พบว่ารถไฟฟ้าและรถไฟฟ้าโทรลลีให้ผลประโยชน์ที่ต่ำกว่า ในปี พ.ศ. 2563 ภูเบศ ศรีราภิ [8] ศึกษาการวิเคราะห์ทางการเงินและทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้าเปรียบเทียบกับรถยนต์เบนซิน พบว่ารถยนต์ไฮบริดมีความคุ้มค่าทางการเงินซึ่งมีระยะคืนทุน 3.34 ปี และรถยนต์ไฟฟ้ามีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจมากที่สุดเนื่องจากมีผลประโยชน์จากการลดการปล่อยมลพิษ ในปี พ.ศ. 2565 Suwignjo et al. [9] ได้ศึกษาประโยชน์และผลกระทบที่ผู้ขับขี่ได้รับจากการเปลี่ยนมาใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและพิจารณาข้อเสียที่อาจเกิดขึ้น เช่น ระยะเวลาการชาร์จแบตเตอรี่และระยะการเดินทาง โดยการเปรียบเทียบรถจักรยานยนต์ธรรมดากับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า พบว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่มีแบตเตอรี่ขนาด 3 กิโลวัตต์ชั่วโมงส่งผลดีต่อผู้ขับขี่รายได้อันดับบุคคลสุทธิเพิ่มขึ้น ไม่ปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมและผู้ขับขี่สามารถประหยัดเงินได้ร้อยละ 68 ของรายได้

ตามรายงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พ.ศ. 2565 [10] ระบุว่า การใช้รถจักรยานยนต์ในรูปแบบพลังงานปิโตรเลียมหรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้นั้นมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของผู้คน ในรายงานเดียวกันนี้ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานปี 2565 ชี้ให้เห็นว่า ภาคการขนส่งมีส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 79.6 ล้านตันคาร์บอน เพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 14.9 เมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมา สะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในอนาคต จากปัญหาข้างต้นทำให้

ประชาชน หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนรวมถึงผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ เริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รัฐบาลจึงออกนโยบายควบคุมมลพิษของยานยนต์ด้วยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภาษีให้สูงขึ้น เพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีตัวเลือกที่หลากหลายพร้อมด้วยนวัตกรรมที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ซึ่งรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับให้บริการรถจักรยานยนต์สาธารณะ เนื่องจากมีราคาซื้อเพลิงที่ต่ำ ประหยัดเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ และสามารถนำเวลาที่เหลือไปใช้สำหรับการให้บริการได้

ในการตัดสินใจในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ที่จะนำมาใช้ในการรับ-ส่งผู้โดยสารจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาปัจจัยที่ครอบคลุมด้านต่าง ๆ เช่น การเงินการลงทุน ประสิทธิภาพการใช้งาน ผลกระทบทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินถึงความคุ้มค่าในการเลือกเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ที่เหมาะสมสำหรับการประกอบอาชีพ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคุ้มค่าโดยใช้แนวคิดต้นทุนรวมการเป็นเจ้าของ โดยในปี พ.ศ. 2564 Afraah et al. [11] ได้เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของระหว่างรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถจักรยานยนต์ทั่วไปในอินโดนีเซีย โดยพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของมาใช้ในการเปรียบเทียบโดยนำต้นทุนราคาเปลี่ยนแปลงแบตเตอรี่เข้ามาพิจารณาด้วย พบว่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดกว่ารถจักรยานยนต์ทั่วไปคิดเป็นร้อยละ 12 จากการศึกษาครั้งนี้ยังช่วยให้กลุ่มผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในประเทศอินโดนีเซียและประเทศอื่น ๆ ทราบว่าการตัดสินใจในการซื้อรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าไม่ได้มีแค่ราคาซื้อเท่านั้นแต่ยังมีค่าใช้จ่ายในช่วงระยะเวลาการเป็นเจ้าของยานพาหนะที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2565 ภูริ สิริสุนทร และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ [12] ศึกษาการใช้แนวคิดต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของเพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นรถแท็กซี่สาธารณะแทนรถยนต์สันดาปในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยรวมต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการ

คำนวณมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ อีกทั้งยังใช้แบบจำลองสถานะเสมอภาคของต้นทุนการเป็นเจ้าของมาวิเคราะห์ความสามารถการแข่งขันในระยะยาว พบว่าการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นรถแท็กซี่สาธารณะจะคุ้มค่าในกรณีที่ใช้รถยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่ราคาไม่สูงเท่านั้นเมื่อพิจารณาทั้งต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอก

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวมาข้างต้น พบว่าการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และผลกระทบทางด้านสังคมช่วยให้ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงการศึกษาการใช้พลังงานทางเลือกสำหรับการขนส่งสาธารณะ ด้วยเหตุนี้บทความนี้จึงเสนอวิธีการประเมินความคุ้มค่าและการตัดสินใจในการเลือกใช้รถจักรยานยนต์ในการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้าง โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดเส้นทางการเดินทางที่เหมาะสมและนำวิธีการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์รวมกับการประเมินความคุ้มค่า นอกจากนี้การพิจารณาถึงการเลือกใช้รถจักรยานยนต์รับจ้างไฟฟ้ารูปแบบสลับแบตเตอรี่ยังคงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจที่น้อยในประเทศไทย จึงเป็นจุดเน้นที่ผู้วิจัยต้องการนำเสนอเพื่อให้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป

1.2 ขอบเขตการศึกษา

ด้านเนื้อหา

- กลุ่มผู้ประกอบการให้บริการรถจักรยานยนต์สาธารณะภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- ตัวแทนรถจักรยานยนต์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสาร คือรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่สามารถสลับแบตเตอรี่ได้ยี่ห้อ NIU NQIGT sport

ด้านพื้นที่

- จุดให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสารภายในมหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิตจากโรงอาหารกรีนแคนทิน ไปยังจุดให้บริการรอบมหาวิทยาลัย รวมทั้งหมด 32 จุด

1.3 จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะในการให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างต้นทุนที่เกี่ยวข้องในการประกอบอาชีพให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้าง
3. เพื่อประเมินต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ที่คำนึงถึงต้นทุนด้านดำเนินงานและด้านสิ่งแวดล้อม
4. เพื่อประเมินหลักเกณฑ์การลงทุนสำหรับประกอบการตัดสินใจเลือกใช้รถจักรยานยนต์

2. ความรู้พื้นฐาน

2.1 ปัญหาการเดินทาง

การพัฒนาและปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะโดยเน้นที่ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางเดินทางในงานวิจัยของ สุวรรณ อัครกุลชัย [1] ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของไดจ์คสตราเพื่อหาเส้นทางจราจรที่สั้นที่สุด และนอกจากนี้ยังพิจารณาปัจจัยเพิ่มเติม เช่น ทุกเส้นทางมีน้ำหนักเท่ากัน ที่สามารถผ่านได้เพียง 2 เส้นทาง ซึ่งพบว่ามีเส้นทางจราจรที่เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 20 เส้นทาง และอัลกอริทึมของไดจ์คสตราสามารถหาเส้นทางจราจรที่สั้นที่สุดคิดเป็น 253.25 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในค้นหาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพอย่างแม่นยำร้อยละ 100 และนอกจากนี้ในงานวิจัยของ Jason et al. [4] ยังได้ระบุถึงข้อดีของอัลกอริทึมของไดจ์คสตรานอกเหนือจากความได้เปรียบในแง่ของระยะเวลาการประมวลผลแล้ว อัลกอริทึมนี้ยังมีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นที่สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้หลายกรณีอีกด้วย

การขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างรับ-ส่งผู้โดยสารในพื้นที่ที่ศึกษาพบปัญหาด้านเส้นทางที่ไม่แน่นอน โดยนำทฤษฎีกราฟมาทำเป็นแผนภาพที่ระบุเขตของวัตถุที่มีความเชื่อมโยงกันซึ่งแทนวัตถุว่าโหนด และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดด้วยเส้นเชื่อม ซึ่งเป้าหมายของการแก้ปัญหาเพื่อระบุเส้นทางที่มีประสิทธิภาพในการขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างโดยนำวิธีอัลกอริทึมของไดจ์คสตรา เป็นหนึ่งในวิธี

สำหรับปัญหาวิถีสั้นสุดโดยใช้กราฟที่มีความยาวของเส้นเชื่อมที่ไม่เป็นลบ

2.2 แนวคิดต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ

ในงานวิจัยของ Afraah et al. [11] ที่มีการศึกษาการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถจักรยานยนต์ทั่วไปในอินโดนีเซียโดยพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ และเช่นเดียวกับงานวิจัยของกูรี สิริสุนทร และ เพ็ชรธรรินทร์ วงศ์เจริญ [12] ได้ศึกษาความคุ้มค่าของการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นรถแท็กซี่สาธารณะแทนรถยนต์สันดาปในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยรวมต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการคำนวณมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับแนวคิดต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ต้นทุนการซื้อหรือการเช่าซื้อรถจักรยานยนต์

อ้างอิงจากบริษัทผู้จำหน่ายรถจักรยานยนต์รายนั้น ๆ และอายุการใช้งานรถจักรยานยนต์ทั้งสองประเภท 10 ปี โดยจะคำนวณค่าเสื่อมราคาของรถจักรยานยนต์ด้วยวิธีเส้นตรง

2. ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง

ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงพิจารณาจากระยะทางรวมทั้งหมดในการขับรถจักรยานยนต์รับจ้าง โดยมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเท่ากับ 71.4 กิโลเมตร/ลิตร อ้างอิงจาก Eco-sticker และราคาน้ำมันเชื้อเพลิงขายปลีก กทม.และปริมณฑล ณ วันที่ 8 กันยายน 2566 โดยราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 ราคา 39.35 บาทต่อลิตร หากใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ ค่าใช้จ่ายพลังงานต่อ 100 กิโลเมตรโดยประมาณอยู่ที่ 10 บาท ซึ่งรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะบรรจุแบตเตอรี่ 2 ลูก สามารถขับได้ในระยะทางสูงสุด 80-110 กิโลเมตร เมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็มทั้ง 2 ลูก

3. ต้นทุนค่าบำรุงรักษา

อ้างอิงตามเกณฑ์การบำรุงรักษาของศูนย์ให้บริการซ่อมรถแต่ละประเภท สำหรับการซ่อมบำรุงรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่โดยส่วนใหญ่จะมีค่าบำรุงที่ถูกกว่ารถจักรยานยนต์แบบทั่วไปเนื่องจากไม่มีระบบเครื่องยนต์ที่ซับซ้อน

4. ต้นทุนการประกันภัย

อ้างอิงตามประเภทการใช้งานรถจักรยานยนต์รูปแบบรับจ้างหรือให้เช่าขนาด 125 ซี.ซี. ถึง 150 ซี.ซี. ราคา 430.14 บาท และรถ จักรยานยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบรับจ้าง ราคา 323.14 บาท

5. ค่าภาษีประจำปี

อ้างอิงตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 ได้ระบุอัตราค่าภาษีประจำปีสำหรับรถจักรยานยนต์สาธารณะจัดเก็บภาษีคันละ 100 บาท สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีอัตราค่าภาษีรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสาธารณะ (1 ต.ค. 65 - 30 ก.ย. 68) จัดเก็บภาษีคันละ 10 บาท

6. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

ค่าส่วนกลางรายบุคคล 500 บาทต่อเดือนและค่าเช่าเสื่อวินมอเตอร์ไซค์รายบุคคล 2,500 บาทต่อเดือน

7. ต้นทุนผลกระทบภายนอก

ในการพิจารณาต้นทุนทางสังคม จะพิจารณาเมื่อมีกิจกรรมที่ทำให้สังคมได้รับผลกระทบโดยเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้โดยตรงเนื่องจากไม่สามารถประเมินค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ งานวิจัยของบัณฑิต ลีมีโชคชัย และคณะ [13] ได้นำเสนอการประเมินมูลค่าความเสียหายของสังคมที่เกิดจากผลกระทบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเรียกว่า การประเมินมูลค่าความเสียหายทางสังคมของคาร์บอน (Social cost of carbon: SCC)

8. อัตราคิดลด

ปัจจัยสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องต้นทุนตลอดอายุการใช้งานรถจักรยานยนต์ในระยะยาว การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้อัตราคิดลดสำหรับใช้ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันเท่ากับอัตราดอกเบี้ยของสินเชื่อเช่าซื้อรถยนต์ ครั้งที่ 1/2566 ร้อยละ 5.87 อ้างอิงตามประกาศของธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) การคำนวณมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายในกรณีที่คำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอกจะนำอัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ

2.3 หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุน

ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการใช้จ่ายยานพาหนะต่าง ๆ โดยงานวิจัยของวาทิกาน์ ไพศาลยางกุล [6] ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเดินเรือคลองแสนแสบส่วนต่อขยายจากวัดศรีบุญเรืองถึงสำนักงานเขตมีนบุรีโดยวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินรวมถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และงานวิจัยของภูเบศ ตรีรารักษ์ [8] ศึกษาการวิเคราะห์ทางการเงินและทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้าเปรียบเทียบกับรถยนต์เบนซิน พบว่ารถยนต์ไฮบริดมีความคุ้มค่าทางการเงินซึ่งมีระยะคืนทุน 3.34 ปี และรถยนต์ไฟฟ้ามีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจมากที่สุดเนื่องจากมีผลประโยชน์จากการลดการปล่อยมลพิษ

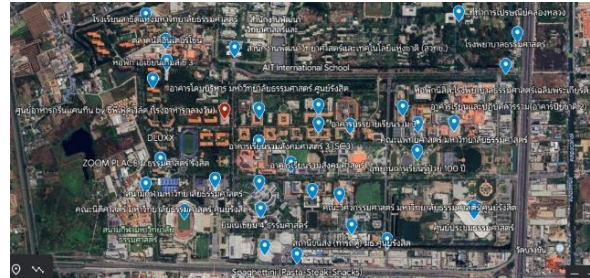
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการวิเคราะห์ความคุ้มค่าโดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน พบว่าในเบื้องต้นสามารถใช้หลักการที่เป็นที่นิยม เช่น การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR), ระยะคืนทุน (Payback Period: PB) และการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อให้ผู้ประกอบการจักรยานยนต์รับจ้างสามารถตัดสินใจในการลงทุนซื้อรถจักรยานยนต์ที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางด้านการเงิน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

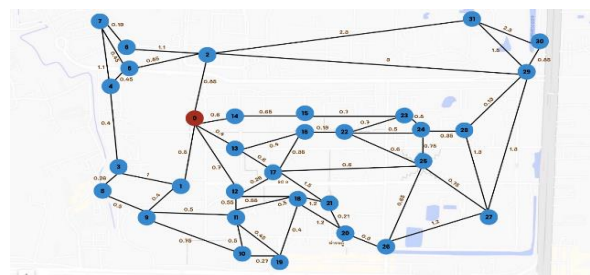
3.1 สมมติฐานการศึกษา

จากการสำรวจความคิดเห็นผู้ประกอบการจักรยานยนต์สาธารณะภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จำนวน 130 คนจากทั้งหมด 180 คน พบว่ามีรูปแบบการรับ-ส่งผู้โดยสารที่ลัดเลาะไปตามเส้นทางลัดและตรอกซอยที่ซับซ้อนซึ่งมีความไม่แน่นอนของเส้นทางที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการกำหนดให้มีสถานีให้บริการสลับ แบตเตอรี่ สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าตั้งอยู่ที่สถานีบริการน้ำมันภายในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งยังกำหนดจุดให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสารทั้งหมด

32 จุด ตัวอย่างเส้นทางที่เชื่อมต่อจุดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1 จุดให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสารทั้ง 32 จุดในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2 จุดต้นทาง (โหนด 0) จุดปลายทาง 31 จุด (โหนด 1 ถึง 31) และตัวอย่างเส้นทางที่ระบุระยะทางเชื่อมต่อจุดต่างๆ

ในการศึกษานี้จะเริ่มจากการพิจารณาเส้นทางที่เหมาะสมในการขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะภายในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยขั้นตอนวิธีของดijkstraผ่านการเขียน

โปรแกรมภาษาไพธอน (Python) ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดโหนดต้นทางและปลายทาง:

กำหนดโหนดต้นทางและโหนดปลายทางที่ต้องการหาระยะทางที่สั้นที่สุด พร้อมระบุค่าเส้นทางระหว่างโหนดสำหรับแต่ละเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งค่าระยะทางรวมที่โหนดต้นทาง

เป็นศูนย์: กำหนดให้ระยะทางรวมที่โหนดต้นทางมีค่าเป็นศูนย์ ในขณะที่โหนดอื่น ๆ มีค่าเป็นอนันต์

ขั้นตอนที่ 3 ทำเครื่องหมายโหนดที่ยังไม่ถูกพิจารณา:

ในการพิจารณาครั้งแรกให้ทำเครื่องหมายให้ทุก

โหนดว่ายังไม่ถูกพิจารณา ยกเว้นโหนดต้นทางและกำหนดให้โหนดต้นทางเป็นโหนดปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาทุกโหนดที่อยู่ใกล้เคียงกับโหนดปัจจุบัน: สํารวจโหนดที่เชื่อมต่อกับโหนดปัจจุบันและยังไม่ได้ถูกพิจารณา จากนั้นเลือกโหนดที่มีค่าน้ำหนักเส้นทางที่น้อยที่สุดให้เป็นโหนดที่ถูกพิจารณาแล้ว และคำนวณระยะทางรวมของเส้นทางที่มีสถานะถูกพิจารณาแล้ว ซึ่งโหนดที่ถูกเลือกจะมีค่าระยะทางรวมที่น้อยกว่าโหนดอื่น ๆ ที่ไม่ถูกเลือกอื่น

ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการต่อไปจนได้เส้นทางถึงโหนดปลายทาง: ทำการพิจารณาโหนดอื่น ๆ ต่อไปจนได้เส้นทางที่ไปถึงโหนดปลายทาง ซึ่งโหนดที่มีเครื่องหมายว่าถูกพิจารณาแล้วจะไม่ถูกตรวจสอบอีกในการพิจารณาครั้งถัดไป และค่าระยะทางรวมที่ถูกบันทึกที่โหนดนั้น ๆ จะเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด

การทำงานของอัลกอริทึมของไดจ์คสตราจะสำรวจกราฟซ้ำๆ และอัปเดตระยะทางระหว่างโหนดเมื่อพบเส้นทางที่สั้นลง สำหรับการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนได้ประยุกต์ร่วมกับการทำงานแบบคิวลำดับความสำคัญ (Priority Queue) ที่สร้างด้วยโครงสร้างข้อมูลฮีป (Heap) เพื่อช่วยให้เลือกโหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพในแต่ละขั้นตอน

หลังจากที่มีการระบุตัวอย่างเส้นทางเพื่อทำการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมในการขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะสำหรับรับ-ส่งผู้โดยสาร ในการคำนวณระยะทางรวมทั้งหมดในการศึกษานี้ จะพิจารณาจากผลรวมของระยะทางขาไปและขากลับคูณด้วยจำนวนความถี่ในการขับขี่ต่อวัน นอกจากนี้ยังกำหนดระยะทางส่วนตัวที่ขับขี่มาทำงานและกลับบ้านหลังเลิกงานคิดเป็นระยะทางประมาณ 30 กิโลเมตรต่อวัน ซึ่งการคำนวณระยะทางรวมต่อวัน (Total Distance) สามารถทำได้โดยใช้สมการที่ (1) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต้นทุนรวมในการขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างต่อไป

$$\text{Total Distance} = \sum_i \sum_j (2d_{ij} \times f_{ij}) + b \quad (1)$$

โดยที่ d_{ij} ระยะทางขับขี่ที่สั้นที่สุดจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j

f_{ij} ความถี่การขับขี่ต่อวันจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j

b ระยะทางส่วนตัวที่ใช้สำหรับการขับขี่

รายรับของผู้ประกอบการรถจักรยานยนต์รับจ้างขึ้นอยู่กับอัตราค่าโดยสารและจำนวนความถี่ในการขับขี่รับ-ส่งผู้โดยสารจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 โดยกำหนดให้ผู้ประกอบการรถจักรยานยนต์รับจ้างทำงาน 25 วันต่อเดือน สามารถคำนวณรายรับต่อวัน (Total Revenue) ดังสมการที่ (2)

$$\text{Total Revenue} = \sum_i \sum_j (p_{ij} \times f_{ij}) \quad (2)$$

โดยที่ p_{ij} อัตราค่าโดยสารจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j

f_{ij} ความถี่การขับขี่ต่อวันจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j

ตารางที่ 1 ค่าโดยสาร (บาทต่อครั้ง) และการกำหนดความถี่ (ครั้งต่อวัน) จากจุดต้นทางกรีนแคนทินไปยังจุดปลายทางทั้ง 31 จุด

ปลายทาง	ค่าโดยสาร	ความถี่	ปลายทาง	ค่าโดยสาร	ความถี่
โหนด 1	10	1	โหนด 17	10	2
โหนด 2	10	1	โหนด 18	15	1
โหนด 3	10	1	โหนด 19	15	5
โหนด 4	10	3	โหนด 20	15	3
โหนด 5	10	1	โหนด 21	15	1
โหนด 6	10	1	โหนด 22	10	2
โหนด 7	10	3	โหนด 23	15	1
โหนด 8	15	1	โหนด 24	15	1
โหนด 9	10	1	โหนด 25	15	1
โหนด 10	10	1	โหนด 26	15	5
โหนด 11	10	1	โหนด 27	15	1
โหนด 12	10	2	โหนด 28	15	1
โหนด 13	10	1	โหนด 29	15	1
โหนด 14	10	1	โหนด 30	20	1
โหนด 15	15	2	โหนด 31	15	1
โหนด 16	10	2			

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 โครงสร้างต้นทุนที่เกี่ยวข้องในการให้บริการรถจักรยานยนต์สาธารณะ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการอาชีพรถจักรยานยนต์สาธารณะในพื้นที่กรณีศึกษา พบว่าผู้ประกอบการมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องสำหรับรถจักรยานยนต์แต่ละประเภทจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเช่าซื้อรถจักรยานยนต์

1.1 รถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i ประกอบด้วยค่าผ่อนชำระงวดละ 2,486 บาท ระยะเวลาผ่อนชำระ 36 เดือน ด้วยอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 1.8 ต่อเดือน และมีค่าจดทะเบียน 1,500 บาท

1.2 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ยี่ห้อ NIU NQiGT sport ประกอบด้วยค่าผ่อนชำระงวดละ 3,887 บาท ระยะเวลาผ่อนชำระ 36 เดือน ด้วยอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 0 ต่อเดือน ผ่านทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในเครือบริษัท คอปเปอร์ ไวร์ด จำกัด (มหาชน) และมีค่าจดทะเบียน 1,800 บาท

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์

2.1 ค่าใช้จ่ายคงที่รายปีที่ไม่เปลี่ยนแปลงค่าตามการให้บริการ ได้แก่ ค่าประกันภัย (พรบ.) ค่าต่ออายุภาษี ค่าเสื่อมราคารถจักรยานยนต์ ค่าซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าส่วนกลาง ค่าเสื่อวิน เป็นต้น

2.2 ค่าใช้จ่ายผันแปรที่เปลี่ยนแปลงตามการให้บริการที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะทางการขับขี่ตามการกำหนดสมมติฐานของการศึกษา ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าพลังงานแบตเตอรี่ ค่าเปลี่ยนชุดแบตเตอรี่เมื่อครบกำหนด

โดยรายละเอียดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินงานรายปีทั้งประเภทคงที่และผันแปรของการใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Honda Wave125i และยี่ห้อ NIU NQiGT sport สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินงานของการใช้รถจักรยานยนต์ทั้งสองประเภท

ต้นทุน	Honda Wave125i	NIU NQiGT sport	หน่วย
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก			
- ราคารถจักรยานยนต์	89,496.00	139,900.00	บาท
ในรูปแบบเช่าซื้อ			
- ค่าจดทะเบียน	1,500.00	1,800.00	บาท
ค่าใช้จ่ายคงที่			
- ค่าผ่อนชำระ	29,832.00	46,644.00	บาท/ปี
- ค่าเสื่อมราคา	8,949.60	13,990.00	บาท/ปี
- ค่าประกันภัย (พรบ.)	430.14	323.14	บาท/ปี
- ค่าภาษีประจำปี	100.00	10.00	บาท/ปี
- ค่าซ่อมบำรุง	4,783.00	2,000.00	บาท/ปี
- ค่าส่วนกลาง	6,000.00	6,000.00	บาท/ปี
- ค่าเช่าเสื่อวิน	30,000.00	30,000.00	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายผันแปร			
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	26,563.45	-	บาท/ปี
- ค่าพลังงานแบตเตอรี่	-	5,000.00	บาท/ปี
- ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่	-	39,900.00	บาท
เมื่อถึงจุดกำหนดทุก 5 ปี			

3.2.2 การคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์

แนวคิดการคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ (TCO) คือ การหาผลรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตโดยการประเมินค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตลอดช่วงอายุที่เป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับการประเมินความคุ้มค่าของการใช้รถจักรยานยนต์แต่ละประเภท

การคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์แบบรายปี (TCO_t) ในกรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3)

$$TCO_t = \frac{P_t + D_t + E_t + M_t + I_t + T_t + O_t + B_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

โดยที่ t ระยะเวลาการใช้งานรถจักรยานยนต์ (ปี)

r อัตราดอกเบี้ยของสินเชื่อเช่าซื้อรถ

P_t ค่าผ่อนชำระรถจักรยานยนต์ ณ ปีที่ t
 D_t ค่าเสื่อมราคา ณ อายุการใช้งาน t ปี
 E_t ค่าเชื้อเพลิง ณ ปีที่ t
 M_t ค่าบำรุงรักษาจักรยานยนต์ ณ ปีที่ t
 I_t ค่าประกันภัยรถ (พรบ.) ณ ปีที่ t
 T_t ค่าต่ออายุภาษีประจำปี ณ ปีที่ t
 O_t ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ณ ปีที่ t
 B_t ค่าเปลี่ยนชุดแบตเตอรี่เมื่อถึงกำหนดสำหรับกรณี
 ใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามการใช้งานรถจักรยานยนต์ยังมีต้นทุนผลกระทบภายนอก (Externalities Cost) โดยเฉพาะจากการใช้รถจักรยานยนต์แบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นจึงต้องคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของที่คำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอก (Total Cost of Ownership with Externalities Cost: TCO EC) เพื่อให้การวิเคราะห์ต้นทุนของการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ครอบคลุมทุกด้าน สำหรับการประเมินมูลค่าต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปแบบตัวเงินจะกำหนดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนที่เกิดแก๊สมีราคาเท่ากับ 50 เหรียญสหรัฐต่อตันคาร์บอน เมื่อแปลงค่าเงินให้อยู่ในรูปของมูลค่าเงินในปีปัจจุบันที่ทำการศึกษามีค่าประมาณ 1,957 บาทต่อตันคาร์บอน

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Emission) ของรถจักรยานยนต์ทั้งสองประเภท พบว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ 32 ก./กม. อ้างอิงจากข้อมูลบน Eco-Sticker [14] ในขณะที่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเพียง 0-10 ก./กม. สามารถคำนวณต้นทุนผลกระทบภายนอกรายปี (EC_t) ได้ดังสมการที่ (4)

$$EC_t = \frac{(CO_2 \text{ Emission} \times \text{Total Distance}_t) \times SCC}{(1+r)^t} \quad (4)$$

โดยที่ CO_2 Emission ปริมาณการปล่อย CO_2 จากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตร

Total Distance_t ระยะทางขับี่รวม ณ ปีที่ t (กม.)
 SCC ต้นทุนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดแก๊ส (บาท/ตันคาร์บอน)
 r อัตราสำหรับประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย
 t ระยะเวลาการใช้งานรถ (ปี)

การคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของที่รวมถึงต้นทุนผลกระทบภายนอกจำเป็นต้องพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าที่เกี่ยวข้องกับอัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 3 ที่มีการกำหนดการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนสังคมที่คำนึงความสัมพันธ์กับค่าอัตราคิดลดร่วมด้วย

ตารางที่ 3 กำหนดค่าอัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย [13]

ระยะเวลาโครงการ	ช่วงปี ค.ศ.	อัตราคิดลด (ร้อยละ)
1-5 ปี	2020-2025	5.0-7.0
6-10 ปี	2026-2030	4.5-6.5
11-30 ปี	2031-2050	4.0-6.0

ในการคำนวณนี้สามารถทำได้โดยพิจารณาต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรายปีร่วมกับต้นทุนผลกระทบภายนอกรายปี ทำให้ได้ค่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของกรณีรวมต้นทุนผลกระทบภายนอกรายปี ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจเพื่อลงทุนซื้อรถจักรยานยนต์ โดยการคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของกรณีรวมต้นทุนผลกระทบภายนอกรายปี ($TCO EC_t$) ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$TCO EC_t = TCO_t + EC_t \quad (5)$$

การพิจารณาต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของกรณีรวมต้นทุนผลกระทบภายนอกตลอดอายุการใช้งานรถจักรยานยนต์ 10 ปี ($TCO_{lifetime}$) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6)

$$TCO_{lifetime} = \sum_{t=1}^{10} TCO EC_t \quad (6)$$

3.2.3 การวิเคราะห์และประเมินเพื่อการตัดสินใจในการลงทุน

หลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนแบบปรับค่าของเวลา ประกอบด้วยวิธีการประเมินการลงทุน 3 วิธีหลัก ได้แก่ วิธีระยะคืนทุน วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และวิธีอัตราผลตอบแทนภายใน

ระยะเวลาในการคืนทุนเป็นการประเมินระยะเวลาของกระแสเงินสดรับสุทธิที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตเท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้น ในการศึกษาค้างนี้จะพิจารณาในกรณีที่กระแสเงินสดรับสุทธิในแต่ละปีมีมูลค่าไม่เท่ากันสามารถคำนวณระยะคืนทุน (Payback period) ได้ดังสมการที่ (7)

$$\text{Payback Period} = Y + \frac{B}{C} \quad (7)$$

โดยที่ Y จำนวนปีที่กระแสเงินสดรับสุทธิสะสมก่อนเกินเงินลงทุน

B จำนวนกระแสเงินสดรับสุทธิสะสมของปีที่จำนวนกระแสเงินสดสุทธิสะสมไม่เกินจำนวนเงินลงทุน

C จำนวนกระแสเงินสดรับของปีสุดท้ายที่ไม่เกินเงินลงทุน

การคำนวณระยะคืนทุนเป็นการวิเคราะห์และประเมินเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในขั้นต้นเท่านั้นซึ่งอาจจะทำให้เกิดการตัดสินใจที่ผิดพลาดต่อการลงทุนได้ง่ายในการศึกษานี้จึงมีการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตตลอดอายุการใช้งานรถแต่ละประเภทพร้อมด้วย ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (8)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (8)$$

โดยที่ CF_0 เงินลงทุนเริ่มต้น

CF_t กระแสเงินสดสุทธิรับ ณ ปีที่ $t, t = 1, 2, \dots, n$

r อัตราคิดลดเท่ากับอัตราดอกเบี้ยของสินเชื่อเช่าซื้อรถ

n ปีสุดท้ายในการใช้งานรถจักรยานยนต์

การคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในหรือการหาอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือทำให้เงินสดสุทธิในอนาคตแปลงมูลค่ากลับมาปัจจุบันแล้วมีค่าเท่ากับเงินลงทุนแรกต้นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (9)$$

โดยที่ CF_0 เงินลงทุนเริ่มต้น

CF_t กระแสเงินสดสุทธิรับ ณ ปีที่ $t, t = 1, 2, \dots, n$

IRR อัตราผลตอบแทนภายใน

n ปีสุดท้ายในการใช้งานรถจักรยานยนต์

นอกจากนี้แล้วในบทความวิจัยนี้ได้พิจารณาถึงการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการจัดการความเสี่ยงและการตัดสินใจในโครงการหรือการลงทุน ถ้าโครงการไม่สามารถดำเนินไปตามที่ได้คาดการณ์ไว้ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์ความไวจะช่วยให้การระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและทำให้เข้าใจถึงผลกระทบต่อดัชนีและผลตอบแทนของโครงการหากต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและรายได้ อ้างอิงจากงานวิจัยของวันวิภา ปานศุภวัชร และอัจฉราภรณ์ พูลยั้ง [15] และงานวิจัยของทัตพงศ์ อวิโรธนา นนท์ และคณะ [16] ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความไวในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของต้นทุนผันแปรและรายได้ด้วยอัตราร้อยละ 5 และ 10 ในทุกกรณี เพื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงและการตัดสินใจลงทุนซื้อของรถจักรยานยนต์ทั้งสองประเภทอีกด้วย

4. ผลการวิจัย

4.1 เส้นทางที่เหมาะสมและการคำนวณต้นทุนเชื้อเพลิงและรายรับจากการขับซื้อรถจักรยานยนต์รับจ้าง

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการระบุตัวอย่างเส้นทาง การให้บริการรับ-ส่งสำหรับผู้ประกอบการรถจักรยานยนต์สาธารณะจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางทั้งหมด 50 ครั้งต่อวัน เมื่อกำหนดให้ผู้ให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างมีการขับซื้อไปยังจุดให้บริการแต่ละตำแหน่งอย่างน้อย 1 ครั้ง และหากเป็นจุดปลายทางที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมาก เช่น อาคารเรียนรวม หอพักนักศึกษา แหล่งรวมร้านอาหาร จะกำหนดให้มีความถี่มากกว่าจุดปลายทางอื่น ๆ โดยในแต่ละวัน ดังกำหนดในตารางที่ 1

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์โดยใช้ขั้นตอนวิธีของไดจ์สตราผ่านโปรแกรมภาษาไพธอน ผู้วิจัยสามารถระบุเส้นทางที่เหมาะสมที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างโหนดต่าง ๆ ภายในพื้นที่ที่ศึกษา ภายใต้ความถี่ในการขับที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณระยะทางในการให้บริการทั้งขาไป-กลับรวมกับระยะทางที่ใช้ส่วนตัว ระยะทางรวมทั้งหมดในการขับที่รถจักรยานยนต์รับจ้างลดลงอย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะทางตามจำนวนความถี่ในการขับขี่ (หน่วย: กิโลเมตร)

	รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้าง	
	เส้นทางเดิม	เส้นทางที่เหมาะสม
ระยะทางในการให้บริการ	190.54	162.80
ระยะทางที่ใช้ส่วนตัว	30.00	30.00
ระยะทางรวมทั้งหมด	220.54	192.80

การคำนวณค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง พบว่าการขับขี่ตามเส้นทางรูปแบบเดิมจะมีค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในหนึ่งวันคือ 121.54 บาท หากผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างขับขี่ตามเส้นทางที่เหมาะสมจะสามารถลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อวันจากเดิมเหลือเพียง 106.25 บาท สำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถขับขี่ได้สูงสุด 110 กิโลเมตรต่อการสลับแบตเตอรี่ 1 ครั้ง จึงไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ในการสลับแบตเตอรี่ยังคงมีการสลับแบตเตอรี่รวม 2 ครั้ง ตลอดการให้บริการหนึ่งวันทั้งในการขับขี่ตามเส้นทางรูปแบบเดิมและรูปแบบเส้นทางที่เหมาะสม

ในการคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าพลังงานแบตเตอรี่รายปีจะแบ่งพิจารณา 2 ช่วงเวลา คือช่วงเปิดภาคการศึกษาระยะเวลา 8 เดือน และช่วงปิดภาคการศึกษาระยะเวลา 4 เดือน โดยในช่วงปิดภาคการศึกษามีการขับขี่ให้บริการรถจักรยานยนต์น้อยลงเนื่องจากมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ลดลง ในที่นี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าพลังงานแบตเตอรี่ของช่วงปิดภาคการศึกษาลดลงจากช่วงเปิดภาคการศึกษาร้อยละ 50 ต่อเดือน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรายปีในการขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้าง

ต้นทุนเชื้อเพลิง	เปิดภาคเรียน	ปิดภาคเรียน	รวมรายปี
1) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง			
- เส้นทางรูปแบบเดิม	24,308.82	6,077.21	30,386.03
- เส้นทางที่เหมาะสม	21,250.76	5,312.69	26,563.45
2) ค่าพลังงาน	4,000.00	1,000.00	5,000.00
แบตเตอรี่			

สำหรับการคำนวณรายรับจากการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างที่พิจารณาจากอัตราค่าโดยสารและจำนวนความถี่ต่อวัน จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางที่กำหนดไว้ข้างต้นพบว่า รายรับของผู้ประกอบการคิดเป็น 635 บาทต่อวัน หากคำนวณเป็นรายรับต่อปีจะแยกพิจารณาออกเป็น 2 ช่วง คือในช่วงเปิดภาคการศึกษาระยะเวลา 8 เดือน และปิดภาคการศึกษาระยะเวลา 4 เดือนซึ่งมีอัตรารายรับลดลงร้อยละ 50 ต่อเดือนจากรายรับในช่วงเปิดภาคการศึกษา เนื่องจากผู้ประกอบการมีโอกาสให้บริการรถจักรยานยนต์ลดลง สามารถแสดงผลการคำนวณรายรับได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายรับจากการขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างรายปีจากการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้าง

	เปิดภาคเรียน	ปิดภาคเรียน	รวมรายปี
รายรับจากการให้บริการ	127,000.00	31,750.00	158,750.00

4.2 การเปรียบเทียบโครงสร้างต้นทุนที่เกี่ยวข้องของการใช้รถจักรยานยนต์รับจ้างแต่ละประเภท

โครงสร้างค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี สำหรับรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport แสดงดังตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

การเปรียบเทียบโครงสร้างต้นทุนรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ยี่ห้อ NIU NQiGT sport พบว่าในช่วงการลงทุนซื้อในรูปแบบเช่าซื้อผ่านการผ่อนชำระ 36 งวด รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีการ

ลงทุนที่ต่ำกว่าทำให้เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ประกอบการรถจักรยานยนต์รับจ้างที่มีการวางแผนจะซื้อในเบื้องต้น แต่ถ้าต้องการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่จะมีความลงทุนที่สูงกว่าเนื่องจากใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่ขั้นสูง

เมื่อพิจารณาข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินงานต่อปีภายใต้รูปแบบการเดินทางตามสมมติฐานของโครงการ

พบว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่มีค่าใช้จ่ายประเภทคงที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร้อยละ 3.94 แต่มีค่าใช้จ่ายผันแปรที่ต่ำกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร้อยละ 81.17 เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีราคาถูกกว่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิง แต่เมื่อถึงระยะเวลาคงกำหนดทุกๆ 5 ปี จะมีการเปลี่ยนชุดแบตเตอรี่ใหม่ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในปีนั้น

ตารางที่ 7 โครงสร้างต้นทุนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการใช้รถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i

	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
ค่าผ่อนรถ	29,832.00	29,832.00	29,832.00	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเสื่อมราคา	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60	8,949.60
ค่า พรบ.	430.14	430.14	430.14	430.14	430.14	430.14	430.14	430.14	430.14	430.14
ค่าภาษีประจำปี	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าซ่อมบำรุง	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00	4,783.00
ค่าส่วนกลาง	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00
ค่าเสียวิน	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45	26,563.45
รวม	106,658.19	106,658.19	106,658.19	76,826.19	76,826.19	76,826.19	76,826.19	76,826.19	76,826.19	76,826.19

ตารางที่ 8 โครงสร้างต้นทุนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ยี่ห้อ NIU NQiGT sport

	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
ค่าผ่อนรถ	46,644.00	46,644.00	46,644.00	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเสื่อมราคา	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00	13,990.00
ค่า พรบ.	323.14	323.14	323.14	323.14	323.14	323.14	323.14	323.14	323.14	323.14
ค่าภาษีประจำปี	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
ค่าซ่อมบำรุง	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
ค่าส่วนกลาง	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00
ค่าเสียวิน	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00
ค่าแบตเตอรี่	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00
ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่	-	-	-	-	39,900.00	-	-	-	-	-
รวม	103,967.14	103,967.14	103,967.14	57,323.14	97,223.14	57,323.14	57,323.14	57,323.14	57,323.14	57,323.14

4.3 การประเมินต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์

ผลลัพธ์การคำนวณต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ในกรณีที่ไม่นับถึงต้นทุนผลกระทบภายนอก (TCO) พิจารณามูลค่าเงินที่เปลี่ยนแปลงตาม

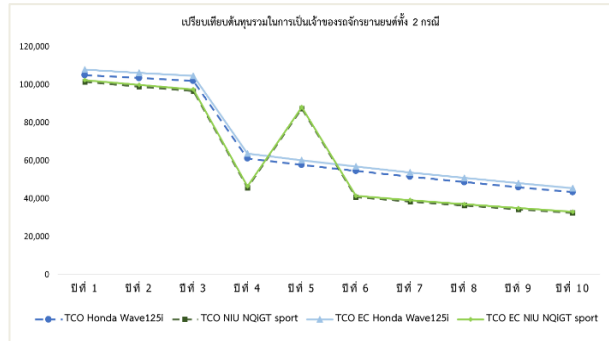
กาลเวลาแสดงดังตารางที่ 9 พบว่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Honda Wave125i มีค่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี อยู่ที่ 673,506.27 บาท ในขณะที่ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport ตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี อยู่ที่ 612,092.63 บาท หากพิจารณาเพียงค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินงานที่จะเกิดขึ้น การใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในการให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสารจะมีความคุ้มค่ามากที่สุดโดยสามารถประหยัดต้นทุนได้ถึง 61,413.65 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 9.12 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบัน

ตารางที่ 9 ผลลัพธ์ต้นทุนผลกระทบภายนอกและต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ทั้งสองกรณี (หน่วย: บาท)

อายุการใช้งาน	ยี่ห้อ Honda Wave125i			ยี่ห้อ NIU NQiGT sport		
	TCO	EC	TCO EC	TCO	EC	TCO EC
ปีที่ 1	105,004.15	2,882.02	107,886.17	101,380.95	900.63	102,281.58
ปีที่ 2	103,441.81	2,744.78	106,186.59	98,938.15	857.74	99,795.89
ปีที่ 3	101,966.10	2,651.78	104,617.88	96,630.79	828.68	97,459.47
ปีที่ 4	61,152.99	2,537.59	63,690.57	45,628.72	792.99	46,421.72
ปีที่ 5	57,762.34	2,428.31	60,190.65	87,322.25	758.85	88,081.09
ปีที่ 6	54,559.68	2,323.74	56,883.43	40,709.19	726.17	41,435.36
ปีที่ 7	51,534.60	2,223.68	53,758.28	38,452.06	694.90	39,146.96
ปีที่ 8	48,677.25	2,211.16	50,888.40	36,320.07	690.98	37,011.05
ปีที่ 9	45,978.32	2,126.11	48,104.43	34,306.29	664.41	34,970.70
ปีที่ 10	43,429.04	2,044.34	45,473.37	32,404.17	638.85	33,043.02
รวม	673,506.27	24,173.51	697,679.78	612,092.63	7,554.2	619,646.83

เมื่อนำผลลัพธ์จากการคำนวณข้างต้นมาพิจารณา ร่วมกับต้นทุนผลกระทบภายนอก (EC) ที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละปี พบว่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ในกรณีที่คำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอก (TCO EC) ของรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i ตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี อยู่ที่ 697,679.78 บาท ในขณะที่ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport ตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี อยู่ที่ 619,646.83 บาท ซึ่งหากพิจารณาค่าใช้จ่ายในรูปแบบตัวเงิน การใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายังคงเกิดความคุ้มค่ามากที่สุดโดยสามารถประหยัดต้นทุนได้ถึง 78,032.95 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 11.18

จากผลลัพธ์ต้นทุนผลกระทบภายนอกและต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ทั้งสองกรณี สามารถนำมาเปรียบเทียบในรูปแบบกราฟดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ทั้งสองกรณี (หน่วย: บาท)

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามูลค่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของทั้งสองกรณีของรถจักรยานยนต์แต่ละประเภทมีแนวโน้มที่ไม่ต่างกันมากและเมื่อพิจารณาตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี พบว่ามูลค่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของในช่วง 3 ปีแรกจะมีค่าต้นทุนรวมที่สูง เนื่องจากมีค่าผ่อนรถจักรยานยนต์และหลังจากนั้นจะมีแนวโน้มที่ลดลงอันเนื่องมาจากมูลค่าต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของในอนาคตมีค่าน้อยกว่าปัจจุบันซึ่งเป็นผลมาจากการปรับค่าเงินตามกาลเวลา ต้นทุนรวมทั้งหมดในการเป็นเจ้าของตลอดอายุการใช้งาน 10 ปีของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ยี่ห้อ NIU NQiGT sport จะมีค่าต่ำกว่าแบบดั้งเดิม แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ของต้นทุน พบว่าค่าผ่อนรถจักรยานยนต์ มีค่าเสื่อมราคานั้นสูงกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i และมีค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งข้อดีของการนำรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามาใช้ในการให้บริการ คือมีค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ต่ำคิดเป็นสัดส่วนของต้นทุนรวมทั้งหมดเพียงร้อยละ 5.98 เปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 28.26 ของต้นทุนรวมทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนมาใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสามารถลดต้นทุนในส่วนนี้ได้ถึงร้อยละ 22.29

4.4 การวิเคราะห์และประเมินเพื่อการตัดสินใจเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์สำหรับการรับ-ส่งผู้โดยสารของรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport สามารถแยกแยะได้ดังตารางที่ 10 และ 11 ตามลำดับ ตารางเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงกระแสเงินสดรับสุทธิรายปีซึ่งคำนวณจากรายรับในการขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างหักลบค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่คำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นรายปี

กระแสเงินสดรับสุทธิจะคำนึงถึงมูลค่าของเงินจึงถูกปรับให้อยู่ในรูปมูลค่าปัจจุบัน การคำนวณกระแสเงินสดรับสุทธิสะสมจะคำนวณถึงปีที่มีค่าเกินหรือเท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้น ทำให้ทราบว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 2.02 ปี ซึ่งมีระยะคืนทุนที่สั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport ที่มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2.94 ปี หรือประมาณ 2 ปี 11 เดือน

ตารางที่ 10 กระแสเงินสดรับสุทธิเพื่อหาระยะคืนทุนของการใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Honda Wave125i

	รายรับ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	กระแสเงินสด รับสุทธิ (บาท)	ปรับมูลค่า เงิน (บาท)	กระแสเงินสด รับสุทธิสะสม (บาท)
เริ่มลงทุน			(90,996.00)	(90,996.00)	
ปีที่ 1	158,750.00	109,684.32	49,065.68	46,345.22	46,345.22
ปีที่ 2	158,750.00	109,684.32	49,065.68	43,775.59	90,120.81
ปีที่ 3	158,750.00	109,684.32	49,065.68	41,348.44	131,469.25
ปีที่ 4	158,750.00	79,852.32	78,897.68	62,801.87	
ปีที่ 5	158,750.00	79,852.32	78,897.68	59,319.80	
ปีที่ 6	158,750.00	79,852.32	78,897.68	56,030.79	
ปีที่ 7	158,750.00	79,852.32	78,897.68	52,924.15	
ปีที่ 8	158,750.00	79,852.32	78,897.68	49,989.75	
ปีที่ 9	158,750.00	79,852.32	78,897.68	47,218.05	
ปีที่ 10	158,750.00	79,852.32	78,897.68	44,600.03	
ระยะเวลาในการคืนทุน				2.02 ปี	

ตารางที่ 11 กระแสเงินสดรับสุทธิเพื่อหาระยะคืนทุนของการใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ NIU NQiGT sport

	รายรับ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	กระแสเงินสด รับสุทธิ (บาท)	ปรับมูลค่า เงิน (บาท)	กระแสเงินสด รับสุทธิสะสม (บาท)
เริ่มลงทุน			(141,700.00)	(141,700.00)	
ปีที่ 1	158,750.00	104,912.80	53,837.20	50,852.17	50,852.17
ปีที่ 2	158,750.00	104,912.80	53,837.20	48,032.66	98,884.83
ปีที่ 3	158,750.00	104,912.80	53,837.20	45,369.47	144,254.30
ปีที่ 4	158,750.00	58,268.80	100,481.20	79,982.16	
ปีที่ 5	158,750.00	98,168.80	60,581.20	45,548.42	
ปีที่ 6	158,750.00	58,268.80	100,481.20	71,358.76	
ปีที่ 7	158,750.00	58,268.80	100,481.20	67,402.25	
ปีที่ 8	158,750.00	58,268.80	100,481.20	63,665.11	
ปีที่ 9	158,750.00	58,268.80	100,481.20	60,135.18	
ปีที่ 10	158,750.00	58,268.80	100,481.20	56,800.96	
ระยะเวลาในการคืนทุน				2.94 ปี	

การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในโดยใช้ฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Excel พบว่าการใช้รถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คาดว่าจะได้รับในอนาคต 413,357.70 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายในคิดเป็นร้อยละ 61.03 เช่นเดียวกับการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 447,447.14 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายในคิดเป็นร้อยละ 45.08 จากการที่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงกว่าแสดงถึงผลตอบแทนการลงทุนที่คุ้มค่ามากกว่าแบบธรรมดาแบบดั้งเดิม

จากการคำนวณโดยใช้หลักการที่เกี่ยวข้องสำหรับประเมินถึงความคุ้มค่าและเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุนเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport มีค่าใช้จ่ายรวมในการเป็นเจ้าของตลอดอายุการใช้งานที่น้อยกว่าและมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่สูงจึงเกิดความคุ้มค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ยี่ห้อ Honda Wave125i ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบผลลัพธ์การประเมินความคุ้มค่าและการตัดสินใจลงทุน

รถจักรยานยนต์	Honda Wave125i	NIU NQIGT sport
เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)	90,996.00	141,700.00
TCO (บาท)	673,506.27	612,092.63
TCO EC (บาท)	697,679.78	619,646.83
NPV (บาท)	413,357.70	447,447.14
IRR (%)	61.03	45.08
PB (ปี)	2.02	2.94

นอกจากนี้ โดยการวิเคราะห์ความไวของการตัดสินใจเลือกใช้รถจักรยานยนต์แต่ละประเภทสำหรับรับ-ส่งผู้โดยสาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนผันแปรและรายได้เพิ่มขึ้นหรือลดลง สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนผันแปรและรายได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ 5 และ 10 ในทุกกรณี รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQIGT sport ยังคงให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่มากกว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความไวของ NPV, IRR และ PB ในการใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Honda Wave125i

ต้นทุนผันแปร		รายได้		อัตราการเปลี่ยนแปลง		
ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น	NPV (บาท)	IRR (%)	PB (ปี)
5%	-	5%		364,411.45	54.52	2.36
5%	-	-	5%	481,975.85	70.27	1.69
-	5%	5%	-	344,739.54	51.92	2.53
-	5%	-	5%	462,303.94	67.61	1.77
10%	-	10%	-	315,465.21	48.07	2.83
10%	-	-	10%	550,594.01	79.64	1.45
-	10%	10%	-	276,121.38	42.92	3.19
-	10%	-	10%	511,250.18	74.25	1.58

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความไวของ NPV, IRR และ PB ในการใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ NIU NQIGT sport

ต้นทุนผันแปร		รายได้		อัตราการเปลี่ยนแปลง		
ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น	NPV (บาท)	IRR (%)	PB (ปี)
5%	-	5%		390,516.35	40.19	3.24
5%	-	-	5%	508,080.75	50.32	2.53
-	5%	5%	-	386,813.54	39.88	3.26
-	5%	-	5%	504,377.94	49.99	2.55
10%	-	10%	-	333,585.56	35.32	3.57
10%	-	-	10%	568,714.36	55.58	2.22
-	10%	10%	-	326,179.93	34.69	3.62
-	10%	-	10%	561,308.73	54.94	2.25

5. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาตัวอย่างเส้นทางที่เหมาะสมในการขับรับ-ส่งผู้โดยสารและพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการให้บริการรถจักรยานยนต์สาธารณะภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการพิจารณาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขับขี่รถจักรยานยนต์ภายในพื้นที่ศึกษา จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางต่าง ๆ จำนวน 32 จุด โดยรอบมหาวิทยาลัยภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยอาศัยขั้นตอนวิธีของดijkstra ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพบว่า ระยะทางรวมทั้งหมดในการขับขี่รถจักรยานยนต์สาธารณะลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อนำมาพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง พบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับการขับขี่รูปแบบเดิมลดลงส่งผลให้การขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การลงทุนระยะสั้นในรูปแบบเช่าซื้อรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i ใช้เงินลงทุนที่ต่ำกว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NIU NQiGT sport อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในระยะยาวที่สะท้อนต้นทุนรวมในการเป็นของรถจักรยานยนต์ในระยะยาว 10 ปีของอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังพบว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้นมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าทั้งในกรณีที่คำนึงถึงเพียงต้นทุนการดำเนินงานและกรณีที่รวมถึงต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นหากพิจารณาถึงความคุ้มค่าในระยะยาวสามารถใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ทดแทนรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างได้อย่างคุ้มค่า

ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าสำหรับการใช้รถจักรยานยนต์รับจ้างไฟฟ้าเพื่อบริการรับ-ส่งผู้โดยสารสาธารณะจากเส้นทางที่เหมาะสมในการขับขีรถจักรยานยนต์รับจ้างจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางต่าง ๆ ในด้านการลงทุนระยะสั้นในรูปแบบเช่าซื้อของรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ Honda Wave125i จะมีต้นทุนเริ่มต้นลงทุนต่ำกว่าการลงทุนในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แต่ค่าใช้จ่ายรวมในระยะยาว 10 ปี ทั้งในด้านการดำเนินงานและต้นทุนผลกระทบภายนอก เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ยี่ห้อ NIU NQiGT sport ตลอดอายุการใช้งาน 10 ปีนั้น พบว่า รถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้นมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าทั้งในกรณีที่คำนึงถึงเพียงต้นทุนการดำเนินงานและกรณีที่รวมถึงต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นหากพิจารณาถึงความคุ้มค่าในระยะยาวสามารถใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ทดแทนรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างได้อย่างคุ้มค่า สำหรับการตัดสินใจในการลงทุน พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงนั้นมีระยะคืนทุนเร็วกว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าประมาณ 11 เดือน และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่สูงถึงร้อยละ 61.03 ในขณะที่การใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะมีอัตราผลตอบแทนภายในคิด

เป็นร้อยละ 45.08 ซึ่งต่ำกว่าอัตราผลตอบแทนภายในของรถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี พบว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้นให้ผลตอบแทนที่มากกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 34,089.45 บาท และจากผลลัพธ์การวิเคราะห์ความไวแสดงให้เห็นว่าแม้จะมีการเปลี่ยนของต้นทุนผันแปรและรายได้ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้นยังมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่มากกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทุกกรณี

จากการวิเคราะห์ข้างต้น แม้ว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะมีข้อดีในด้านความเร็วในการคืนทุนและอัตราผลตอบแทนภายในที่สูง แต่การเลือกใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในระยะยาวนั้นเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าและมีผลตอบแทนที่ดีกว่าเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายและผลกระทบภายนอก นอกจากนี้ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในยุคปัจจุบันที่สังคมให้ความสำคัญกับการลดการปล่อยมลภาวะ อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการรถจักรยานยนต์สาธารณะ สามารถตัดสินใจลงทุนในรถจักรยานยนต์ที่แตกต่างประเภทกัน ตามความเหมาะสมกับเป้าหมายทางการเงิน โดยรถและความสำคัญที่ให้กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยรถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ยี่ห้อ Honda Wave125i เหมาะสมกับผู้ประกอบการที่ต้องการเงินลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำ และมีการคืนทุนอย่างรวดเร็ว โดยมีข้อดีในด้านความเร็วในการคืนทุน และอัตราผลตอบแทนภายในที่สูง ในขณะที่ผู้ประกอบการที่มุ่งเน้นความยั่งยืนในระยะยาว มีความกังวลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และพร้อมที่จะใช้เงินลงทุนเริ่มแรกที่สูงขึ้น จะเหมาะสมกับการเช่าซื้อรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบสลับแบตเตอรี่ ยี่ห้อ NIU NQiGT Sport แม้ว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะมีอัตราผลตอบแทนภายในที่ต่ำกว่า แต่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์แบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงถึงร้อยละ 7.62 และค่าใช้จ่ายรวมในระยะยาวที่ต่ำกว่า

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการทำวิจัยด้านคณิตศาสตร์และสถิติ โครงการปริญญาตรีภาคพิเศษ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์การจัดการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2566 และผู้ประกอบการรถจักรยานยนต์รับจ้างภายในมหาวิทยาลัยศาสตร์ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต และบริษัท NIU Thailand ที่อำนวยความสะดวกให้ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุวรรณ อัครกุลชัย, “การประยุกต์ใช้ไดจ์คสตร้า อัลกอริทึมกับเส้นทางจราจรเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด,” *สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*, ปีที่ 6 , ฉบับที่ 1, น. 5-14, 2560.
- [2] ครายุทธ กำมะโน และ มนวิภา อาวิพันธุ์, “การจัดเส้นทางขนส่งสำหรับปัญหาการรับและส่งมอบในระบบจักรยานเช่าสาธารณะ: กรณีศึกษาระบบจักรยานเช่าสาธารณะ จังหวัดเชียงใหม่,” *วิศวกรรมลาดกระบัง*, ปีที่ 39, ฉบับที่ 1, น. 91-105, 2565.
- [3] R. Chen, “Dijkstra’s Shortest Path Algorithm and Its Application on Bus Routing,” in *International Conference on Urban Planning and Regional Economy (UPRE 2022)*, China, 2022.
- [4] Jason, M. Siever, A. Valentino, K. M. Suryaningrum and R. Yunanda, “Dijkstra’s algorithm to find the nearest vaccine location,” in *the 7th International Conference on Computer Science and Computational Intelligence 2022*, Indonesia, 2023.
- [5] A. Ray, H. Sharma and D. Sharma, “Analysis and design of public transport route planner: Dijkstra’s algorithm,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, vol. 10, no. 6, pp. 4751-4755, 2022.
- [6] วาภูมิ ไพศาลยางกุล, “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการเดินเรือคลองแสนแสบส่วนต่อขยายจากวัดศรีบุญเรืองถึงสำนักงานเขตมีนบุรี,” *เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพมหานคร*, 2561.
- [7] ภาวณิ เอี่ยมตระกูล, สิทธา เจนศิริศักดิ์ และ จิรพรรณ คล้ายสี, “การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการพัฒนาระบบการเดินรถโดยสารไฟฟ้าโทรลลีส้อย่าง กรณีศึกษาเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี,” ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11*, นครศรีธรรมราช, 2562.
- [8] ภูเบศ ตรีราภี, “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของผู้บริโภคทางด้านการเงินและเศรษฐกิจในการเลือกใช้รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า,” *เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพมหานคร*, 2563.
- [9] P. Suwignyo, M. N. Yuniarto, Y. U. Nugraha, A. F. Desanti, I. Sidharta and S. E. Wiratno, “Benefits of electric motorcycle in improving personal sustainable economy: a view from Indonesia online ride-hailing rider,” *International Journal of Technology*, vol. 14, no. 1, pp.38-53, 2023.
- [10] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, “สถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคพลังงาน ปี 2565,” กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2565.
- [11] S. M. Afraah, Y. Yuniaristanto, W. Sutopo and M. Hisjam, “Comparing total cost of ownership of electric and conventional motorcycles in Indonesia,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 22, no. 2, pp. 196-210, 2021.
- [12] ภูรี สิริสุนทร และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ, “การวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถแท็กซี่สาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อการเปลี่ยนผ่านสู่รถยนต์พลังงานสะอาด (Zero

Emission Vehicles) อย่างยั่งยืน,” วารสารเศรษฐศาสตร์ และนโยบายสาธารณะ., ปีที่ 13, ฉบับที่ 26, น. 21-44, 2565.

- [13] บัณฑิต ลัมมีโชคชัย, พรพิมล วิญญูชาคริต, ปิติ ปิตา, เปมิกา มิศาลา และ สุกัญญา ก้านบัว, “โครงการศึกษา แนวทางการกำหนดค่าอัตราคิดลด (Discount Rate) ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับมาตรการ,” กรุงเทพมหานคร: สำนักงานศูนย์วิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2563.
- [14] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, “ECO Sticker for MOTORCYCLE,” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://motorcycle.go.th/>. [วันที่เข้าถึง 30 กันยายน 2566].
- [15] วันวิภา ปานสุขวัชร และ อัจฉราภรณ์ พูลยิ่ง, “การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนและความอ่อนไหวของโครงการลงทุนผลิตภัณฑ์กาแฟในจังหวัดน่าน,” วารสารบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ ราชมงคลล้านนา., ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, น. 51-64, 2565.
- [16] ทัดพงศ์ อวิโรธนันทน์, ประภาพร กิจดำรงธรรม, จิรายุ หาญตระกูล, สัตยา ตันจันทร์พงศ์, และ จำเนียร บุญมาก, “การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนของการเลี้ยงไก่กระดุกดำ ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่,” วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง., ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, น. 24-36, 2566.