

## การทดแทนทรัพย์สินด้านยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา Replacement of Automotive Assets at Nakhon Ratchasima Rajabhat University

จิรวัดน์ โลพันดุง<sup>1</sup>, ธีระยุทธ์ ยงดี<sup>1\*</sup> และวรุตัย เดชตานนท์<sup>1</sup>  
Jirawat Lopandung<sup>1</sup>, Theerayut Yongdee<sup>1\*</sup> and Warutai Dejtanon<sup>1</sup>

Received: November 04, 2025; Revised: April 24, 2026; Accepted: April 27, 2026

### บทคัดย่อ

ยานพาหนะของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานยาวนาน ส่งผลให้เกิดภาระต้นทุนสูง ความเสี่ยงด้านความปลอดภัย และการปล่อยมลพิษที่เพิ่มขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพของยานพาหนะ 2) ศึกษาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และ 3) นำเสนอทางเลือกที่เหมาะสมในการทดแทนทรัพย์สินด้านยานยนต์ กลุ่มตัวอย่างคือยานพาหนะ 20 คัน ที่มีอายุการใช้งานระหว่าง 7 - 27 ปี เก็บรวบรวมข้อมูลจริงเป็นระยะเวลา 12 เดือน วิเคราะห์ด้วยดัชนีความสามารถกระบวนการ (Cp, Cpk) คาร์บอนฟุตพริ้นต์ ต้นทุนวงจรชีวิต (LCC) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ระยะเวลาคืนทุน และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ผลการวิจัยพบว่ายานพาหนะ 5 คันที่มีอายุเกิน 20 ปีมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเกินมาตรฐานสูงสุดร้อยละ 74.80 ค่า Cp และ Cpk ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 110,105.63 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบสูงสุดถึง -1,012,108 บาท แสดงให้เห็นว่าการใช้งานต่อไปไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับทางเลือกการทดแทน พบว่ารถเก๋งที่มีระยะทางใช้งานสูงควรเปลี่ยนเป็น EV หรือ Hybrid ลดต้นทุนได้ร้อยละ 82.15 และ 60.79 ตามลำดับ รถตู้ควรใช้แนวทาง Two-Track Approach โดยเริ่มจาก B20 หรือ Hybrid แล้วขยายผลสู่ EV ที่ลดต้นทุนได้ร้อยละ 74.53 รถโดยสารขนาดใหญ่ควรเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซล B20 ลดต้นทุนได้ร้อยละ 53 - 67 และลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ร้อยละ 15 และยานพาหนะที่มีระยะทางใช้งานต่ำมากควรใช้ระบบ Car Sharing แทนการถือครอง

**คำสำคัญ:** การทดแทนทรัพย์สิน คาร์บอนฟุตพริ้นต์ ต้นทุนวงจรชีวิต ยานยนต์ไฟฟ้า เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

<sup>1</sup> คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

\*Corresponding author e-mail: Three.yongdee@gmail.com

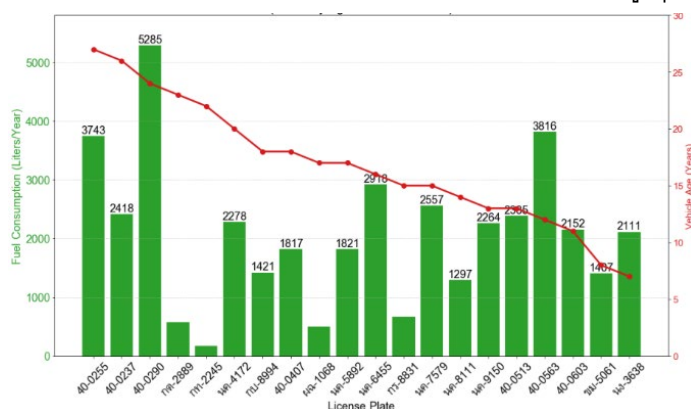
## Abstract

Most vehicles at Nakhon Ratchasima Rajabhat University have been in service for extended periods, resulting in high operating costs, increased safety risks, and rising emissions. This study aimed to: (1) analyze vehicle performance and efficiency; (2) examine cost-effectiveness using engineering economics; and (3) propose appropriate replacement alternatives for automotive assets. The sample consisted of 20 vehicles with service lives ranging from 7 to 27 years. Data were collected over 12 months and analyzed using process capability indices (Cp, Cpk), carbon footprint assessment, life cycle cost (LCC), net present value (NPV), payback period, and break-even analysis. Results revealed that five vehicles aged over 20 years exceeded fuel consumption standards by up to 74.80%, recorded Cp and Cpk values below the standard threshold, emitted a total of 110,105.63 kgCO<sub>2</sub>eq per year, and recorded an NPV as low as 1,012,108 baht, indicating that continued operation is no longer economically justified. For replacement alternatives, passenger cars with high utilization should be replaced with EVs or hybrids, reducing operating costs by 82.15% and 60.79%, respectively. Vans should adopt a two-track approach, transitioning initially to B20 or hybrid alternatives before scaling toward full EV adoption, which reduces costs by 74.53%. Large buses should switch to B20 biodiesel, achieving cost reductions of 53–67% and cutting CO<sub>2</sub> emissions by 15%. Vehicles with very low utilization should shift to a car sharing system rather than continued ownership.

**Keywords:** Asset Replacement, Carbon Footprint, Life Cycle Cost, Electric Vehicles, Engineering Economics

## บทนำ

ยานยนต์ในสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการบริหารจัดการ การบริการวิชาการ และกิจกรรมทางการศึกษาที่หลากหลาย ตั้งแต่การส่งบุคลากรไปฝึกอบรมและเข้าร่วมสัมมนานอกสถานที่ ไปจนถึงการบริหารจัดการภายในมหาวิทยาลัย ยานพาหนะจึงถือเป็นทรัพย์สินที่มีความสำคัญต่อการปฏิบัติงานของสถาบัน อย่างไรก็ตาม ยานพาหนะส่วนใหญ่ในปัจจุบันมีอายุการใช้งานยาวนานทำให้เกิดปัญหาหลายด้าน ตามผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ในจำนวนยานพาหนะทั้ง 20 คัน มีจำนวน 5 คันที่มีอายุการใช้งาน 20 - 27 ปี ซึ่งเกินกว่าช่วงอายุที่เหมาะสมสำหรับการปลดระวาง (8 - 12 ปี) ตามแนวทางของ Redmer (2022) เมื่อพิจารณาข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงรายคัน พบว่ายานพาหนะที่มีอายุมากมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อปีสูงกว่ายานพาหนะที่อายุน้อยกว่า โดยเฉพาะรถสองแถว 6 ล้อ (40 - 0237) และรถมินิบัส (40 - 0290) ที่มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงสุดถึง 5,285 และ 3,743 ลิตร/ปี ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ปี) กับอายุการใช้งานของยานพาหนะทั้ง 20 คัน จำแนกตามทะเบียนวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้งานยานพาหนะเก่าต่อไปหรือต้องดำเนินการทดแทนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

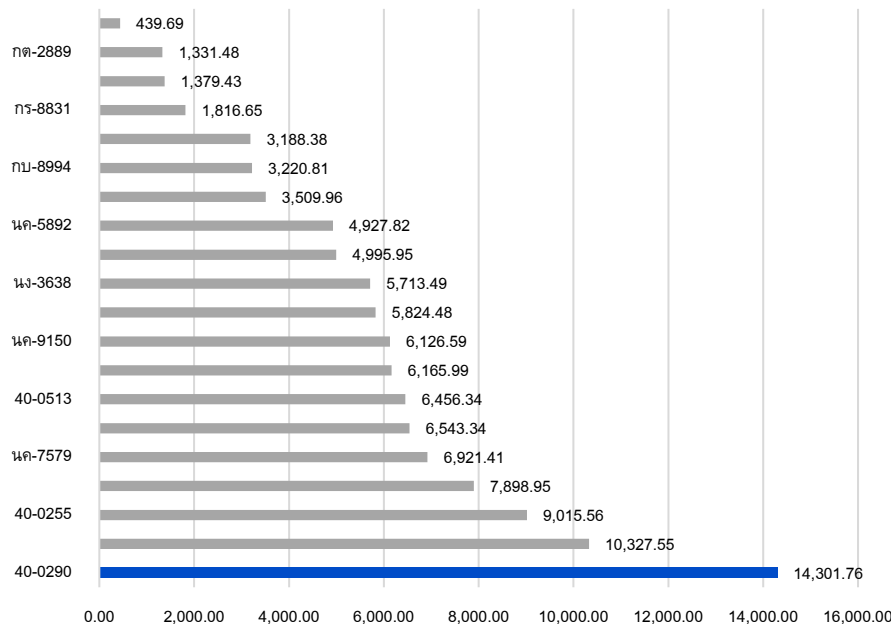


หมายเหตุ : ข้อมูลข้างต้น ได้จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปี 2568

รูปที่ 1 : กราฟแสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตร/ปี) ของยานพาหนะ จำนวน 20 คัน

ที่มา : ผู้วิจัย

การใช้งานยานพาหนะในกลุ่มดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาสำคัญ 3 ด้าน ด้านแรกคือเศรษฐศาสตร์ ยานพาหนะอายุมากมีต้นทุนแฝง (Hidden Cost) สูงกว่าที่คาดการณ์ถึงร้อยละ 40-60 เมื่อเทียบกับการทดแทนด้วยยานยนต์พลังงานทางเลือก (Festus & Edokpia, 2025; Hamade, 2025) ด้านที่สองคือสิ่งแวดล้อม ยานยนต์สันดาปที่มีอายุเกิน 15 ปี มีประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษลดลงและปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้น (Gao et al., 2023) โดยจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของยานพาหนะทั้งหมดของหน่วยงาน พบว่ายานพาหนะขนาดใหญ่ที่มีอายุมาก โดยเฉพาะรถมินิบัสทะเบียน 40 - 0290 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดถึง 14,301.76 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี ดังรูปที่ 2 ที่แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของยานพาหนะทั้ง 20 คัน ซึ่งรวมกันสูงถึง 110,105.63 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี ขัดต่อนโยบาย EV 30@30 ของประเทศไทยและเป้าหมาย SDGs ข้อที่ 11 และ 13 (Laonual & Nantasaksiri, 2025) และด้านที่สามคือความปลอดภัย ระบบสำคัญต่าง ๆ เช่น เบรก บังคับเลี้ยว และถุงลมนิรภัย มีประสิทธิภาพลดลงตามอายุการใช้งาน เพิ่มความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุและก่อให้เกิดความรับผิดชอบทางกฎหมายแก่องค์กร



หมายเหตุ : ข้อมูลข้างต้น ได้จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปี 2568

รูปที่ 2: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของยานพาหนะ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ที่มา: ผู้วิจัย

การตัดสินใจทดแทนทรัพย์สินอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economics) ซึ่งบูรณาการการวิเคราะห์ต้นทุนวงจรชีวิต (Life Cycle Costing) ค่าเสื่อมราคา มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เข้าด้วยกัน (Oyinade, 2025) งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนผ่านไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้า (EV) และรถยนต์ไฮบริด (HEV) สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานในระยะยาวได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากโครงสร้างเครื่องยนต์ที่เรียบง่ายกว่าทำให้ค่าซ่อมบำรุงต่ำกว่ายานยนต์สันดาป (Kulkolkarn, 2025; Woody et al., 2024) อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมยังขึ้นอยู่กับบริบทเฉพาะขององค์กร ทั้งรูปแบบการใช้งาน งบประมาณ และความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ 1) วิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพของยานพาหนะในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 2) ศึกษาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าบำรุงรักษา และจุดคุ้มทุน เพื่อ

เป็นแนวทางในการตัดสินใจทดแทนยานพาหนะที่อายุการใช้งานเกิน 20 ปี และ 3) นำเสนอทางเลือกที่เหมาะสมในการเปลี่ยนผ่านและวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สิน (Replacement Analysis) ผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารมหาวิทยาลัย โรงพยาบาล และหน่วยงานภาครัฐในการวางแผนบริหารสินทรัพย์ยานยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ โปร่งใส และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพของยานพาหนะในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
2. ศึกษาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าบำรุงรักษา และจุดคุ้มทุน เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจทดแทนยานพาหนะที่อายุการใช้งานเกิน 20 ปี
3. นำเสนอทางเลือกที่เหมาะสมในการเปลี่ยนผ่านและวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สิน

## ทบทวนวรรณกรรม

### 1. แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารสินทรัพย์ (Asset Management)

การบริหารสินทรัพย์ถือเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของการจัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพในองค์กรทั้งภาครัฐและสถาบันการศึกษา โดยครอบคลุมการจัดซื้อ บำรุงรักษา และทดแทนเพื่อลดต้นทุนรวม (Akkermans et al., 2024; Redmer, 2022) คำว่า “ทรัพย์สินด้านยานยนต์” ถือเป็นสินทรัพย์มูลค่าสูงที่ต้องการงบประมาณในการบำรุงรักษาเป็นจำนวนมาก ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานประจำวัน (Festus & Edokpia, 2025) ซึ่งเรื่องนี้จะเกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตของสินทรัพย์ (Asset Life Cycle : ALC) โดยเฉพาะด้านยานยนต์จะใช้ระยะเวลาตั้งแต่การจัดซื้อจนถึงการคัดออก ยานยนต์จะมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของวงจร เริ่มตั้งแต่ระยะแรกที่มีประสิทธิภาพสูง ค่าใช้จ่ายน้อย ไปจนถึงระยะสุดท้ายที่มีความเสื่อมคุณภาพ ต้นทุนสูงขึ้น และความเสี่ยงเพิ่มขึ้น จำเป็นที่จะต้องวางแผนทดแทนตามข้อมูลจริง (Hamade, 2025; Government Fleet, 2024) ดังนั้นผู้ใช้งานยานพาหนะควรต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรชีวิตเพื่อตัดสินใจทดแทนสินทรัพย์ด้านยานยนต์ (Akkermans et al., 2024)

การวางแผนทดแทนสินทรัพย์ (Asset Replacement Planning) อย่างเหมาะสมจะช่วยทำให้องค์กรสามารถจัดการกับปัญหาซึ่งงบประมาณได้เป็นอย่างดี โดยเป็นการลดความเสี่ยงจากการใช้งานเกินอายุ สภาพ การซ่อม และสร้างความต่อเนื่องในการดำเนินงาน (Festus & Edokpia, 2025; Redmer, 2022) การวางแผนที่ดีต้องพิจารณาหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาการใช้งาน สภาพของยานยนต์ ความถี่ของการซ่อมบำรุง และความต้องการของหน่วยงาน หากมีแผนที่จะช่วยหลีกเลี่ยงการใช้งานเกินอายุที่นำไปสู่ต้นทุนสูงได้เป็นอย่างดี (Chiparo et al., 2022) งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่าการใช้งานยานยนต์เกินอายุการใช้งานที่เหมาะสมจะนำมาซึ่งปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ ต้นทุนแฝงที่สูงขึ้น (Hidden Cost) ที่เกิดจากการหยุดการทำงานที่ไม่สามารถคาดการณ์ ต้นทุนการซ่อมบำรุงที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความเสี่ยงในการใช้งานที่อาจส่งผลต่อความปลอดภัย และความไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระยะยาว ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ต้นทุนรวมของการมีสินทรัพย์เพิ่มขึ้นสูงกว่าที่คาดการณ์ (Gao et al., 2023; Hamade, 2025)

### 2. หลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy)

การตัดสินใจทางเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการทดแทนยานยนต์ต้องอาศัยหลักการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลาง และสามารถเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ ได้ในเชิงปริมาณ (Oyinade, 2025; Yang et al., 2025) โดยมีเครื่องมือวิเคราะห์ เช่น ค่าเสื่อมราคา (เช่น Straight Line, Declining Balance) (Government Fleet, 2024) มูลค่าซาก (Salvage Value) (Hamade, 2025) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) มูลค่ารายปี (Annual Worth : AW) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และอายุการใช้งานที่เหมาะสม (Economic Life) เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการวางแผนทดแทนยานยนต์ (Oyinade, 2025; Yang et al., 2025) ตัวอย่างเช่น

อายุการใช้งานและต้นทุนซ่อมบำรุงของรถบรรทุกหนักจะแตกต่างจากรถยนต์ทั่วไป (Hamade, 2025) ความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นระหว่างระยะทางรวมกับต้นทุนซ่อมบำรุงก็เป็นปัจจัยสำคัญ (Festus & Edokpia, 2025; Oyinade, 2025) งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่า การซื้อรถใหม่ในระยะยาวมักคุ้มค่ากว่าการขยายการใช้รถเก่า

### 3. แนวโน้มเทคโนโลยียานยนต์ใหม่ (EV/ Hybrid/ Biodiesel)

เทคโนโลยียานยนต์ถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยมุ่งเน้นไปที่พลังงานที่ยั่งยืนและลดมลพิษ โดยรัฐบาลไทยให้ความสำคัญและส่งเสริมนโยบาย EV 3.0 (Kulkolkarn, 2025; Laonual & Nantasaksiri, 2025) ได้แก่ EV HEV PHEV ZEV และรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงชีววัตถุ ได้รับความสนใจและนำมาใช้ในหน่วยงานภาครัฐเพื่อส่งเสริมความยั่งยืน ซึ่งต้นทุนพลังงานและต้นทุนซ่อมบำรุงต่ำกว่ารถ ICE เนื่องจากโครงสร้างเรียบง่าย (Electrification Coalition & Atlas Public Policy, 2021; Woody et al., 2024) นอกจากนี้ ต้นทุนรวมของ EV ต่ำกว่าในระยะยาวแม้ราคาเริ่มสูง (Furch et al., 2022) ส่วนเรื่องนโยบาย EV 30@30 ของประเทศไทยและนโยบาย ZEV ในหลายประเทศ มีผลทำให้หน่วยงานรัฐปรับกลยุทธ์จัดซื้อยานยนต์ใหม่ให้สอดคล้องกับเป้าหมายสิ่งแวดล้อม (Ayman Falak Medina, 2025; Laonual & Nantasaksiri, 2025)

### 4. การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายยานยนต์เก่าและใหม่

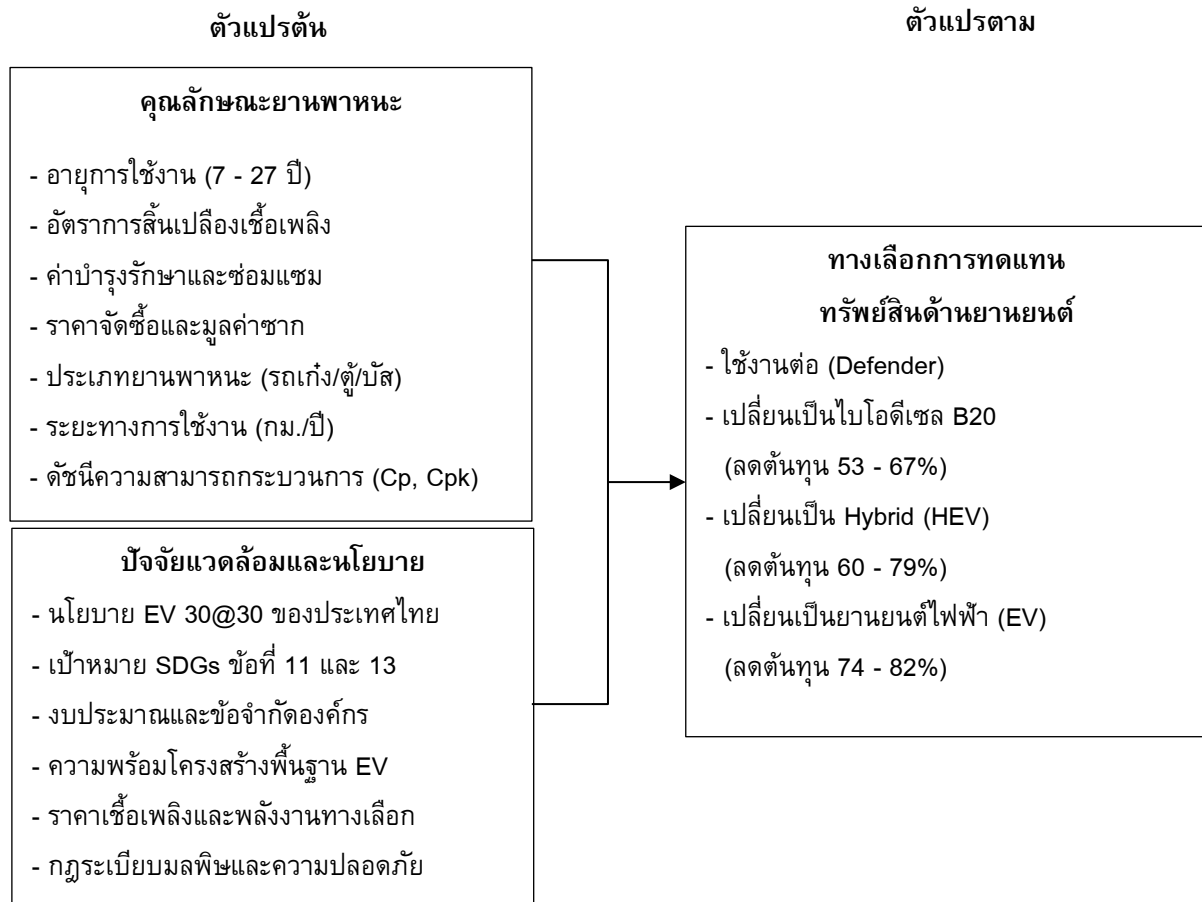
งานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวกับการตัดสินใจทดแทนยานยนต์จะใช้หลักการต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Costing : LCC) ที่แสดงให้เห็นถึงความครอบคลุมและแม่นยำในการประเมินความคุ้มค่าของการทดแทนยานยนต์ (Government Fleet, 2024; Rakhimova, 2019) ตั้งแต่การจัดซื้อ ใช้งาน ซ่อมบำรุง จนถึงการค้าออก นอกจากนี้ LCC ยังรวมต้นทุนอื่น ๆ เช่น การใช้เชื้อเพลิง ยาง การซ่อมบำรุง และมูลค่าซาก เป็นต้น การใช้งานรถเก่าที่มีอายุเกิน 10 - 15 ปี โดยทั่วไปจะเริ่มมีต้นทุนซ่อมบำรุงที่เพิ่มขึ้น และในบางช่วงค่าใช้จ่ายประจำปีสำหรับการซ่อมบำรุงอาจเกินกว่าราคาที่จะซื้อรถใหม่เฉลี่ยต่อปี รวมทั้งมีต้นทุนแฝงจากการหยุดทำงาน ความเสี่ยงจากต้นทุนซ่อมบำรุงที่เพิ่มสูงขึ้นเกินกว่าความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ (Festus & Edokpia, 2025) และต้องใช้เชื้อเพลิงที่มากขึ้น (Hamade, 2025) ส่งผลให้ความคุ้มค่าในการใช้รถเก่าต่อไปลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปลดระวางควรอยู่ที่ประมาณ 8 - 12 ปี (Redmer, 2022) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของรถและลักษณะการใช้งาน หากเลือกซื้อรถใหม่ (EV) จะมีต้นทุนการซ่อมบำรุงที่ต่ำกว่าเพราะใช้ชิ้นส่วนน้อย (Electrification Coalition & Atlas Public Policy, 2021) ใช้พลังงานก็น้อยกว่า (Woody et al., 2024) และใช้งานได้ยาวนานขึ้นด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ (Furch et al., 2022)

### 5. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของยานยนต์รวมถึงทั้งกระบวนการผลิตและการใช้งานจริงพบว่า รถแบบเครื่องยนต์สันดาปเก่ามี Emission สูง โดยเฉพาะรถที่มีอายุการใช้งาน 15 ปีขึ้นไป ประสิทธิภาพในการควบคุมมลพิษจะลดลงและปล่อยก๊าซสูงขึ้น (Gao et al., 2023) ส่วน EV แม้มีคาร์บอนฟุตพริ้นต์ในการผลิตสูงในช่วงแรก แต่มลพิษที่ปล่อยในระยะใช้งานต่ำกว่า ICE มาก (Woody et al., 2024) ซึ่งหลายปีที่ผ่านมา องค์การภาครัฐก็ได้ทำหน้าที่เป็นตัวอย่างการใช้ EV และส่งเสริมเป้าหมาย Net Zero (Electrification Coalition & Atlas Public Policy, 2021; Laonual & Nantasaksiri, 2025) การทดแทนยานยนต์ถือเป็นแนวทางเชิงกลยุทธ์ทั้งทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมที่หน่วยงานควรให้ความสำคัญ (Kulkolkarn, 2025)

ดังนั้นการทดแทนยานยนต์ไม่ใช่แค่เรื่องเศรษฐศาสตร์และการจัดการสินทรัพย์เท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชนโดยตรง การเลือกใช้ยานยนต์ที่ยั่งยืนและปล่อยมลพิษน้อยเป็นการสนับสนุนเป้าหมาย Net Zero ของประเทศและการสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นสำหรับคนรุ่นปัจจุบันและอนาคต

## กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 3 : กรอบแนวคิดการวิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

การวิจัยนี้ใช้แผนผังสาเหตุและผล (Fishbone Diagram) วิเคราะห์ปัญหาการทดแทนทรัพย์สินยานยนต์ตามหลัก 5M - 1E ประกอบด้วย Man (ผู้ใช้งาน ความชำนาญในการขับขี่) Machine (เครื่องยนต์สันดาป ระบบ EV และ HEV) Material (อะไหล่ แบตเตอรี่ น้ำมันเชื้อเพลิง) Method (การบำรุงรักษา การจัดซื้อ) Measurement (การประเมินประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ต้นทุน) และ Environment (มลพิษทางอากาศ CO<sub>2</sub>)

### 2. กลุ่มตัวอย่างและข้อมูล

ศึกษายานพาหนะจำนวน 20 คัน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา แบ่งเป็น รถกระบะ 1 คัน รถ PPV 1 คัน รถเก๋ง 4 คัน รถตู้ 7 คัน รถสองแถว (6 ล้อ) 3 คัน รถมินิบัส 2 คัน และรถบัส 2 คัน โดยรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย ประเภทรถ ผู้ผลิต ประเภทเครื่องยนต์ ทะเบียน วันที่จดทะเบียน ปีที่ผลิต ระยะทาง และราคาน้ำมัน

### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) แบบบันทึกข้อมูลยานพาหนะ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานรายคัน ครอบคลุมประเภทรถ ผู้ผลิต ประเภทเครื่องยนต์ หมายเลขทะเบียน ปีที่ผลิต ระยะทางการใช้งาน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรายเดือน ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม ราคาจัดซื้อเริ่มต้น และมูลค่าซาก โดยข้อมูลด้านต้นทุนและการซ่อมบำรุงได้รับจากหน่วยงานพัสดุและการเงินของมหาวิทยาลัย และ 2) โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ Microsoft Excel สำหรับสร้างฐานข้อมูลและ Pivot Table เพื่อจำลองสถานการณ์การใช้งาน และโปรแกรม Minitab สำหรับวิเคราะห์ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cp, Cpk)

### 4. การจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Microsoft Excel สร้างระบบ Database Physical Condition of Replacement โดยประยุกต์หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) และสร้างตาราง Pivot Table เพื่อวิเคราะห์และจำลองสถานการณ์การใช้งาน 5 ปีข้างหน้า คำนวณค่าพื้นฐานดังนี้

- 1) อายุการใช้งาน (ปี) สามารถคำนวณได้จาก ปี ค.ศ. ปัจจุบัน - ปี ค.ศ. ที่ผลิต
- 2) ระยะทางการวิ่ง (กม.) สามารถคำนวณได้จาก เลขไมล์หลังเดินทาง - เลขไมล์ก่อนหน้า เป็นระยะเวลา 12 เดือน
- 3) ค่าบำรุงรักษา (บาท/ปี) สามารถคำนวณได้จาก ค่าอะไหล่ + ค่าแรงติดตั้ง
- 4) ค่าเชื้อเพลิง (บาท/ปี) สามารถคำนวณได้จาก ระยะทางการวิ่งรวม  $\times$  อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อกม.

### 5. การวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพ

- 1) ด้านวิศวกรรม (Engine Efficiency)  
เป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของพลังงานต่อระยะทางการวิ่งรวมจากสูตร Fuel Consumption (ลิตร/กม.) = ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร/ปี) / ระยะทาง (กม./ปี)
- 2) ด้านสถิติวิศวกรรม (Quality Control)  
วิเคราะห์ระยะทางเฉลี่ยรายเดือนและความแปรปรวนด้วยแผนภูมิควบคุม คำนวณดัชนีความสามารถกระบวนการ (Cp, Cpk, Pp, Ppk) โดยกำหนด  $USL = \text{mean} + 0.5$ ,  $LSL = \text{mean} - 0.5$ , และใช้ Sample Standard Deviation จาก 12 เดือน วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab
- 3) ด้านเศรษฐกิจ (Economy Efficient)  
เป็นการคำนวณหาอัตราการใช้น้ำมันจากสูตร ประสิทธิภาพ (กม./ลิตร) = ระยะทาง (กม./ปี) / ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร/ปี)
- 4) ด้านสิ่งแวดล้อม (Eco-Efficient)  
เป็นการคำนวณหาคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากสูตร Carbon Footprint ( $\text{kgCO}_2\text{eq}$ ) = ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร/ปี)  $\times$  Emission Factor
- 5) ด้านต้นทุน (Cost Efficient)  
เป็นการคำนวณหาต้นทุนต่อกิโลเมตร จากสูตร ต้นทุน (บาท/กม.) = (ค่าเชื้อเพลิง + ค่าเสื่อม + ค่าบำรุงรักษา) / ระยะทาง

### 6. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

- 1) ค่าเสื่อมราคา สามารถคำนวณได้โดยใช้วิธีเส้นตรง (Straight-Line Method) จากสูตร  
ค่าเสื่อมต่อปี = (ราคาเริ่มต้น - มูลค่าซาก) / อายุการใช้งาน

2) ค่าใช้จ่ายรวมต่อปี (TAC) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$TAC = \text{ค่าเชื้อเพลิง} + \text{ค่าเสื่อม} + \text{ค่าบำรุงรักษา}$$

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Payback Period (ปี)} = \text{เงินลงทุนสุทธิ} / \text{ผลประโยชน์ต่อปี}$$

4) จุดคุ้มทุน (Break-even Point) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Break-even Point (กม.)} = \text{เงินลงทุนสุทธิ} / \text{ผลประโยชน์ต่อกม.}$$

#### 7. การวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สินและเสนอทางเลือกการทดแทน

วิเคราะห์ 4 ทางเลือก ได้แก่ 1) การใช้งานต่อ 2) การเปลี่ยนเป็นรถสันดาปใหม่ เช่น ไฮบริดไฮเซล 3) เปลี่ยนเป็น Hybrid (HEV) และ 4) เปลี่ยนเป็นรถไฟฟ้า (EV) โดยคำนวณค่าใช้จ่ายรวม 5 - 10 ปี เปรียบเทียบ Net Saving และ NPV ของแต่ละทางเลือก ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS) เพื่อเลือกทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำสุด ระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด และสอดคล้องกับนโยบายของรัฐ

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 1. ผลการวิจัย

##### 1.1 การวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพยานพาหนะ

##### 1.1.1 สมรรถนะเชิงวิศวกรรมยานยนต์ (Engine Efficiency)

การประเมินสมรรถนะเชิงวิศวกรรมของยานพาหนะในการศึกษานี้ใช้ อัตราการสิ้นเปลือง เชื้อเพลิง (ลิตร/กม.) เป็นตัวชี้วัดหลัก เนื่องจากเป็นตัวแปรที่สะท้อนประสิทธิภาพของระบบเครื่องยนต์ ระบบเผาไหม้ และสภาพทางกลโดยรวมได้อย่างเป็นรูปธรรม ผลการศึกษา พบว่า จากยานพาหนะทั้งหมด 20 คัน มีจำนวน 6 คัน ที่มีอัตราการสิ้นเปลืองสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยมีระดับการเกินมาตรฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 14.40 - 74.80 ทั้งนี้ รถที่มีค่าการเบี่ยงเบนสูงที่สุดคือรถโดยสารขนาดใหญ่ ได้แก่ มินิบัสและรถสองแถว 6 ล้อ ที่มีอายุ 24 - 26 ปี ซึ่งมีอัตราการสิ้นเปลืองสูงกว่ามาตรฐานถึงร้อยละ 74.80 แสดงถึงการเสื่อมสภาพของเครื่องยนต์ในระดับรุนแรง ในกลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ (47 และ 52 ที่นั่ง) ซึ่งมีอายุ 18 - 27 ปี พบว่ามีการเกินมาตรฐานร้อยละ 60.00 แสดงถึงรูปแบบการเสื่อมประสิทธิภาพที่ชัดเจนในยานพาหนะที่มีน้ำหนักบรรทุกสูงและมีรอบการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (รถเก๋ง) บางคันมีอายุเกิน 20 ปี แต่ระดับการเกินมาตรฐานอยู่ในช่วงร้อยละ 22.20 - 31.70 ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ แสดงให้เห็นว่าประเภทการใช้งานและลักษณะภาระงานมีผลต่ออัตราการเสื่อมประสิทธิภาพเชิงวิศวกรรม ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอายุเพียงตัวแปรเดียว ในทางตรงกันข้าม รถตู้ รถกระบะ และรถประเภท PPV จำนวน 10 คัน ไม่พบการเกินค่ามาตรฐาน แม้ว่าบางคันมีอายุการใช้งาน 10 - 13 ปี แสดงให้เห็นว่าระบบเครื่องยนต์ยังคงทำงานอยู่ในระดับประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ และยังไม่เข้าสู่ช่วงเสื่อมสภาพเชิงวิกฤติ เมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งระบบ ค่าเฉลี่ยร้อยละการเกินมาตรฐานเท่ากับ 16.30 โดยมีค่าสูงสุดที่ 74.80 แสดงให้เห็นว่า สมรรถนะเชิงวิศวกรรมของยานพาหนะในระบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามประเภทและระยะเวลาใช้งาน รถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีอายุเกิน 20 ปีแสดงสัญญาณการเสื่อมสภาพในระดับวิกฤติ ขณะที่รถประเภทอื่นยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งาน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมรรถนะเชิงวิศวกรรมยานยนต์ (Engine Efficiency) ของยานพาหนะ 20 คัน

| ประเภท<br>(ทะเบียน)          | อายุ<br>(ปี) | อัตราสิ้นเปลือง<br>(ลิตร/กม.) | ค่ามาตรฐาน<br>(ลิตร/กม.) | เกินมาตรฐาน<br>(%) |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| มินิบัส (40 - 0290)          | 24           | 0.250                         | 0.143                    | 74.80              |
| มินิบัส (40 - 0603)          | 15           | 0.143                         | 0.125                    | 14.40              |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0237)     | 26           | 0.250                         | 0.143                    | 74.80              |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0513)     | 14           | 0.125                         | 0.125                    | 0.00               |
| รถบัส 52 ที่นั่ง (40 - 0563) | 18           | 0.200                         | 0.125                    | 60.00              |
| รถบัส 47 ที่นั่ง (40 - 0255) | 27           | 0.200                         | 0.125                    | 60.00              |
| รถแท็กซี่ (กต - 2889)        | 23           | 0.083                         | 0.063                    | 31.70              |
| รถแท็กซี่ (กท - 2245)        | 21           | 0.077                         | 0.063                    | 22.20              |
| รถแท็กซี่ (ขม - 5061)        | 8            | 0.067                         | 0.067                    | 0.00               |
| รถแท็กซี่ (กบ - 8994)        | 7            | 0.067                         | 0.067                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (40 - 9150)           | 13           | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (นค - 8111)           | 13           | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (นค - 7579)           | 12           | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (กร - 8831)           | 11           | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (นค - 6455)           | 10           | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (40 - 0407)           | 9            | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (นค - 4172)           | 9            | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถตุ๊ก (นง - 3638)           | 8            | 0.077                         | 0.077                    | 0.00               |
| รถกระบะ (ผฉ - 1068)          | 9            | 0.063                         | 0.063                    | 0.00               |
| รถ PPV (นค - 5892)           | 7            | 0.071                         | 0.071                    | 0.00               |

หมายเหตุ : อัตราสิ้นเปลือง > 0.150 ลิตร/กม. (เกินเกณฑ์)

อัตราสิ้นเปลือง 0.080 - 0.150 ลิตร/กม. (สูง)

อัตราสิ้นเปลือง < 0.080 ลิตร/กม. (อยู่ในเกณฑ์ปกติ)

### 1.1.2 การวิเคราะห์เชิงสถิติวิศวกรรม (Quality Control)

จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) โดยใช้ระยะทางการใช้งานเฉลี่ยรายเดือน (กิโลเมตรต่อเดือน) เป็นตัวแปรกระบวนการ (Process Variable) และคำนวณดัชนีความสามารถของกระบวนการ ได้แก่ Cp และ Cpk เพื่อสะท้อนระดับความสม่ำเสมอและความสามารถในการควบคุมการใช้งานยานพาหนะรายคัน ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยระยะทางการใช้งานรายเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างยานพาหนะ โดยมีค่าตั้งแต่ 16 - 232 กม./เดือน ขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ในช่วง 22.836 - 91.246 กิโลเมตร สะท้อนความผันผวนของรูปแบบการใช้งานที่สูงในหลายคัน โดยเฉพาะรถโดยสารขนาดใหญ่และรถกระบะที่มีภาระงานไม่สม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาดัชนีความสามารถของกระบวนการ พบว่า ค่า Cp ของยานพาหนะทั้ง 20 คัน อยู่ในช่วง 0.0018 - 0.0073 และค่า Cpk อยู่ในช่วง 0.0013 - 0.0059 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทางวิศวกรรมโดยทั่วไปกำหนดให้ Cp และ Cpk ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1.33 เพื่อสะท้อนว่ากระบวนการมีความสามารถเพียงพอใน

การควบคุมให้อยู่ภายในช่วงข้อกำหนด (Specification Limits) การที่ค่า  $C_p$  และ  $C_{pk}$  ของทุกคันมีค่าต่ำกว่า 1 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าระบบการจัดสรรและควบคุมการใช้งานยานพาหนะยังไม่อยู่ในระดับที่มีเสถียรภาพเชิงกระบวนการ (Process Stability) และไม่สามารถรักษาการดำเนินงานให้อยู่ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ (มินิบัส รถบัส และสองแถว 6 ล้อ) ซึ่งมีค่า  $C_p$  ต่ำที่สุด (ประมาณ 0.002) และมีค่า SD สูงกว่า 70 กิโลเมตรต่อเดือน สะท้อนถึงความผันผวนของการใช้งานในระดับสูง ในทางเปรียบเทียบ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถตู้มีค่า  $C_p$  และ  $C_{pk}$  สูงกว่ากลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่เล็กน้อย แต่ยังคงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าปัญหาเชิงกระบวนการไม่ได้จำกัดเฉพาะรถที่มีอายุสูงเท่านั้น แต่เป็นลักษณะเชิงโครงสร้างของระบบบริหารยานพาหนะโดยรวม (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการใช้งานยานพาหนะรายคัน

| ประเภท<br>(ทะเบียน)          | อายุ<br>(ปี) | Mean<br>(กม./เดือน) | S.D.   | $C_p$  | $C_{pk}$ | สถานะ          |
|------------------------------|--------------|---------------------|--------|--------|----------|----------------|
| มินิบัส (40 - 0290)          | 24           | 147                 | 82.537 | 0.0020 | 0.0015   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| มินิบัส (40 - 0603)          | 15           | 132                 | 65.284 | 0.0026 | 0.0021   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0237)     | 26           | 167                 | 91.246 | 0.0018 | 0.0013   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0513)     | 14           | 120                 | 58.613 | 0.0028 | 0.0022   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถบัส 52 ที่นั่ง (40 - 0563) | 18           | 150                 | 70.528 | 0.0024 | 0.0019   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถบัส 47 ที่นั่ง (40 - 0255) | 27           | 130                 | 88.174 | 0.0019 | 0.0014   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถแท็กซี่ (กต - 2889)        | 23           | 48                  | 35.214 | 0.0047 | 0.0038   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถแท็กซี่ (กท - 2245)        | 21           | 16                  | 22.836 | 0.0073 | 0.0059   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถแท็กซี่ (ขม - 5061)        | 8            | 110                 | 40.512 | 0.0041 | 0.0033   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถแท็กซี่ (กบ - 8994)        | 7            | 115                 | 38.947 | 0.0043 | 0.0035   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (40 - 9150)            | 13           | 125                 | 52.163 | 0.0032 | 0.0026   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (นค - 8111)            | 13           | 128                 | 50.784 | 0.0033 | 0.0027   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (นค - 7579)            | 12           | 122                 | 48.529 | 0.0034 | 0.0028   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (กร - 8831)            | 11           | 118                 | 46.918 | 0.0036 | 0.0029   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (นค - 6455)            | 10           | 120                 | 44.276 | 0.0038 | 0.0031   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (40 - 0407)            | 9            | 112                 | 42.735 | 0.0039 | 0.0032   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (นค - 4172)            | 9            | 109                 | 41.368 | 0.0040 | 0.0033   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถตู้ (นง - 3638)            | 8            | 105                 | 39.842 | 0.0042 | 0.0034   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถกระบะ (ผณ - 1068)          | 9            | 232                 | 52.047 | 0.0032 | 0.0027   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |
| รถ PPV (นค - 5892)           | 7            | 118                 | 36.581 | 0.0046 | 0.0037   | ไม่อยู่ในเกณฑ์ |

### 1.1.3 สมรรถนะเชิงเศรษฐกิจ (Economy Efficient)

จากการประเมินสมรรถนะเชิงเศรษฐกิจของยานพาหนะจำนวน 20 คัน โดยพิจารณาระยะทางการใช้งานต่อปี (กม./ปี) ประสิทธิภาพเชื้อเพลิง (กม./ลิตร) และค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงต่อปี (บาท/ปี) พบว่าระบบยานพาหนะมีความแตกต่างกันประสิทธิภาพอย่างชัดเจนตามประเภทและอายุการใช้งาน โดยประสิทธิภาพเชื้อเพลิงมีค่าตั้งแต่ 4.00 - 15.87 กม./ลิตร สะท้อนความเหลื่อมล้ำของต้นทุนพลังงานต่อหน่วยบริการในระดับสูง

กลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ ได้แก่ มินิบัส รถบัส และสองแถว 6 ล้อ ซึ่งมีอายุระหว่าง 14 - 27 ปี มีประสิทธิภาพเชื้อเพลิงต่ำสุด (4.00 - 8.00 กม./ลิตร) และก่อให้เกิดภาระค่าเชื้อเพลิงสูง โดยเฉพาะรถบัส 52 ที่นั่ง มีค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงสูงถึง 144,418 บาท/ปี เนื่องจากการใช้งานในระดับสูงควบคู่กับประสิทธิภาพที่ต่ำ สะท้อนภาวะเสื่อมประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจในช่วงปลายวงจรชีวิตทรัพย์สิน ขณะที่รถเก๋งอายุเกิน 20 ปี แม้มีประสิทธิภาพเชื้อเพลิงค่อนข้างดี (12.05 - 12.99 กม./ลิตร) แต่มีระยะทางใช้งานต่ำมาก (190 - 576 กม./ปี) จึงเข้าข่ายความไม่มีประสิทธิภาพเชิงการจัดสรรทรัพยากร เนื่องจากก่อให้เกิดต้นทุนคงที่โดยไม่ได้สร้างผลผลิตการใช้งานอย่างเหมาะสม ในทางตรงกันข้ามรถเก๋งอายุ 7 - 8 ปี รถตู้ รถกระบะ และรถ PPV แสดงระดับสมรรถนะเชิงเศรษฐกิจที่เหมาะสม โดยมีประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 12.99 - 15.87 กม./ลิตร และมีระยะทางใช้งานต่อปีมากกว่า 2,000 กิโลเมตรในหลายคัน สะท้อนความคุ้มค่าทางพลังงานและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะรถกระบะที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 15.87 กม./ลิตร และรถ PPV ที่มีระยะทางใช้งานสูงสุด 3,474 กม./ปี (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงเศรษฐกิจ (Economy Efficient) ของยานพาหนะทั้ง 20 คัน

| ประเภท<br>(ทะเบียน)          | อายุ<br>(ปี) | ระยะทาง<br>(กม./ปี) | ประสิทธิภาพ<br>(กม./ลิตร) | ค่าเชื้อเพลิง<br>(บาท/ปี) |
|------------------------------|--------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| มินิบัส (40 - 0290)          | 24           | 1,762               | 4.00                      | 130,779                   |
| มินิบัส (40 - 0603)          | 15           | 1,456               | 6.99                      | 66,080                    |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0237)     | 26           | 806                 | 4.00                      | 59,825                    |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0513)     | 14           | 1,145               | 8.00                      | 45,409                    |
| รถบัส 52 ที่นั่ง (40 - 0563) | 18           | 2,417               | 5.00                      | 144,418                   |
| รถบัส 47 ที่นั่ง (40 - 0255) | 27           | 1,560               | 5.00                      | 93,242                    |
| รถเก๋ง (กต - 2889)           | 23           | 576                 | 12.05                     | 14,316                    |
| รถเก๋ง (กท - 2245)           | 21           | 190                 | 12.99                     | 4,375                     |
| รถเก๋ง (ขม - 5061)           | 8            | 2,262               | 14.93                     | 45,332                    |
| รถเก๋ง (กบ - 8994)           | 7            | 2,665               | 14.93                     | 53,372                    |
| รถตู้ (40 - 9150)            | 13           | 3,040               | 12.99                     | 70,076                    |
| รถตู้ (นค - 8111)            | 13           | 2,379               | 12.99                     | 54,826                    |
| รถตู้ (นค - 7579)            | 12           | 2,588               | 12.99                     | 59,655                    |
| รถตู้ (กร - 8831)            | 11           | 2,893               | 12.99                     | 66,682                    |
| รถตู้ (นค - 6455)            | 10           | 2,266               | 12.99                     | 52,218                    |
| รถตู้ (40 - 0407)            | 9            | 2,091               | 12.99                     | 48,196                    |
| รถตู้ (นค - 4172)            | 9            | 2,513               | 12.99                     | 57,936                    |
| รถตู้ (นง - 3638)            | 8            | 2,342               | 12.99                     | 53,980                    |
| รถกระบะ (ผณ - 1068)          | 9            | 2,780               | 15.87                     | 52,534                    |
| รถ PPV (นค - 5892)           | 7            | 3,474               | 14.08                     | 73,839                    |

#### 1.1.4 สมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม (Eco-Efficient)

จากการประเมินสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของยานพาหนะทั้ง 20 คัน โดยคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ( $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$ ) จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ปี) และค่า Emission Factor ตามประเภทเชื้อเพลิง พบว่าระบบยานพาหนะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 110,105.63  $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$  โดยมีความแตกต่างเชิงโครงสร้างตามประเภทและอายุการใช้งาน กลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ ได้แก่ มินิบัส สองแถว 6 ล้อ และรถบัส ซึ่งมีอายุ 14 - 27 ปี เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปคาร์บอนฟุตพริ้นท์หลักของระบบ โดยเฉพาะรถมินิบัสทะเบียน 40 - 0290 และรถสองแถว 6 ล้อทะเบียน 40 - 0237 มีการปล่อยสูงสุดเท่ากับ 14,163.80  $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$  หรือคิดเป็นร้อยละ 12.87 ต่อคัน สะท้อนผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงในระดับสูง (5,285 ลิตร/ปี) ประกอบกับอายุการใช้งานที่มากกว่า 20 ปี ขณะที่รถบัส 52 ที่นั่ง และรถบัส 47 ที่นั่ง มีสัดส่วนการปล่อยร้อยละ 9.38 และ 8.19 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนหลักขององค์กร ในทางตรงกันข้าม กลุ่มรถแท็กซี่มีสัดส่วนการปล่อยต่ำ โดยเฉพาะรถอายุเกิน 20 ปี ซึ่งมีการปล่อยต่ำกว่า 1,200  $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$  และมีสัดส่วนไม่ถึงร้อยละ 1 ต่อคัน เนื่องจากมีปริมาณการใช้งานต่ำ อย่างไรก็ตาม รถแท็กซี่รุ่นใหม่ (อายุ 7 - 8 ปี) มีการปล่อยเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้งาน แม้ยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับรถโดยสารขนาดใหญ่ สำหรับกลุ่มรถตู้ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดในระบบ มีการปล่อยอยู่ในช่วง 4,314.80 - 6,273.88  $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$  คิดเป็นร้อยละ 3.92 - 5.70 ต่อคัน สะท้อนระดับการปล่อยปานกลางแต่มีผลกระทบรวมในระดับสูงเนื่องจากจำนวนคันที่มาก ส่วนรถกระบะและรถ PPV มีการปล่อย 4,708.76 และ 7,005.52  $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$  ตามลำดับ โดยรถ PPV มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 6.36 เนื่องจากระยะทางการใช้งานสูง แม้จะมีอายุเพียง 7 ปี โดยภาพรวมพบว่าปริมาณการปล่อยคาร์บอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และมีแนวโน้มสูงในยานพาหนะที่มีอายุการใช้งานมาก (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของยานพาหนะทั้ง 20 คัน

| ประเภท<br>(ทะเบียน)          | อายุ (ปี) | เชื้อเพลิง<br>(ลิตร/ปี) | Emission<br>Factor<br>( $\text{kgCO}_2\text{eq/ลิตร}$ ) | Carbon<br>Footprint<br>( $\text{kgCO}_2\text{eq/ปี}$ ) | สัดส่วน<br>(%) |
|------------------------------|-----------|-------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------|
| มินิบัส (40 - 0290)          | 24        | 5,285                   | 2.68                                                    | 14,163.80                                              | 12.87          |
| มินิบัส (40 - 0603)          | 15        | 4,122                   | 2.68                                                    | 11,046.96                                              | 10.03          |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0237)     | 26        | 5,285                   | 2.68                                                    | 14,163.80                                              | 12.87          |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0513)     | 14        | 3,743                   | 2.68                                                    | 10,031.24                                              | 9.11           |
| รถบัส 52 ที่นั่ง (40 - 0563) | 18        | 3,852                   | 2.68                                                    | 10,327.36                                              | 9.38           |
| รถบัส 47 ที่นั่ง (40 - 0255) | 27        | 3,364                   | 2.68                                                    | 9,015.52                                               | 8.19           |
| รถแท็กซี่ (กต - 2889)        | 23        | 478                     | 2.31                                                    | 1,104.18                                               | 1.00           |
| รถแท็กซี่ (กท - 2245)        | 21        | 337                     | 2.31                                                    | 778.47                                                 | 0.71           |
| รถแท็กซี่ (ขม - 5061)        | 8         | 1,515                   | 2.31                                                    | 3,499.65                                               | 3.18           |
| รถแท็กซี่ (กบ - 8994)        | 7         | 1,785                   | 2.31                                                    | 4,123.35                                               | 3.75           |
| รถตู้ (40 - 9150)            | 13        | 2,341                   | 2.68                                                    | 6,273.88                                               | 5.70           |
| รถตู้ (นค - 8111)            | 13        | 1,832                   | 2.68                                                    | 4,909.76                                               | 4.46           |
| รถตู้ (นค - 7579)            | 12        | 1,992                   | 2.68                                                    | 5,338.56                                               | 4.85           |
| รถตู้ (กร - 8831)            | 11        | 2,228                   | 2.68                                                    | 5,971.04                                               | 5.42           |
| รถตู้ (นค - 6455)            | 10        | 1,744                   | 2.68                                                    | 4,673.92                                               | 4.24           |

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของยานพาหนะทั้ง 20 คัน (ต่อ)

| ประเภท<br>(ทะเบียน) | อายุ (ปี) | เชื้อเพลิง<br>(ลิตร/ปี) | Emission<br>Factor<br>(kgCO <sub>2</sub> eq/ลิตร) | Carbon<br>Footprint<br>(kgCO <sub>2</sub> eq/ปี) | สัดส่วน<br>(%) |
|---------------------|-----------|-------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------|
| รถตู้ (40 - 0407)   | 9         | 1,610                   | 2.68                                              | 4,314.80                                         | 3.92           |
| รถตู้ (นค - 4172)   | 9         | 1,935                   | 2.68                                              | 5,185.80                                         | 4.71           |
| รถตู้ (นง - 3638)   | 8         | 1,803                   | 2.68                                              | 4,832.04                                         | 4.39           |
| รถกระบะ (ผณ - 1068) | 9         | 1,757                   | 2.68                                              | 4,708.76                                         | 4.28           |
| รถ PPV (นค - 5892)  | 7         | 2,614                   | 2.68                                              | 7,005.52                                         | 6.36           |
| รวม                 |           |                         |                                                   | 110,105.63                                       | 100.00         |

หมายเหตุ : Emission Factor ดีเซล = 2.68 kgCO<sub>2</sub>eq/ลิตร, เบนซิน = 2.31 kgCO<sub>2</sub>eq/ลิตร

#### 1.1.5 สมรรถนะเชิงต้นทุน (Cost Efficient)

จากการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงต้นทุนของยานพาหนะทั้ง 20 คัน โดยพิจารณาต้นทุนหลัก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ค่าเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง และค่าเสื่อมราคา เพื่อคำนวณต้นทุนรวมต่อปี (TAC) พบว่าต้นทุนรวมของยานพาหนะทั้งหมดมีมูลค่า 2,720,539 บาท/ปี โดยมีโครงสร้างต้นทุนประกอบด้วยค่าเชื้อเพลิง 1,344,093 บาท ค่าเสื่อมราคา 842,308 บาท และค่าซ่อมบำรุง 534,138 บาท แสดงให้เห็นว่าต้นทุนพลังงานเป็นภาระหลักของระบบ รองลงมาคือต้นทุนการถือครองสินทรัพย์และต้นทุนการบำรุงรักษา เมื่อพิจารณาในระดับรายคัน พบว่ารถที่มีต้นทุนรวมต่อปีสูงที่สุดคือ รถบัส 47 ที่นั่ง อายุ 27 ปี มี TAC เท่ากับ 253,027 บาท/ปี โดยมีค่าซ่อมบำรุงสูงถึง 72,822 บาท และค่าเสื่อมราคา 86,963 บาท สะท้อนภาวะเสื่อมสภาพของทรัพย์สินในช่วงปลายอายุการใช้งาน รองลงมาคือ รถสองแถว 6 ล้อ อายุ 26 ปี มี TAC 237,153 บาท/ปี และรถมินิบัสอายุ 24 ปี มี TAC 225,192 บาท/ปี ซึ่งเป็นยานพาหนะอายุเกิน 20 ปี และมีภาระต้นทุนรวมในระดับสูงทั้งจากค่าเชื้อเพลิงและค่าซ่อมบำรุง ในทางตรงกันข้าม กลุ่มรถแก่งอายุเกิน 20 ปีมีต้นทุนรวมต่ำกว่า (24,342 - 42,483 บาท/ปี) เนื่องจากมีระดับการใช้งานต่ำ แม้จะสะท้อนความไม่มีประสิทธิภาพเชิงการจัดสรรทรัพยากรในมิติการใช้ประโยชน์ ส่วนกลุ่มรถตู้ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดในระบบ มี TAC อยู่ในช่วง 113,396-140,476 บาท/ปี โดยมีค่าเสื่อมราคาคงที่เท่ากับ 52,000 บาท/ปี/คัน ขณะที่รถกระบะ และรถ PPV มี TAC 111,984 และ 129,339 บาท/ปี ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการใช้งาน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงต้นทุน (Cost Efficient) และต้นทุนรวมต่อปีของยานพาหนะทั้ง 20 คัน

| ประเภท<br>(ทะเบียน)          | อายุ<br>(ปี) | ค่าเชื้อเพลิง<br>(บาท/ปี) | ค่าซ่อมบำรุง<br>(บาท/ปี) | ค่าเสื่อมราคา<br>(บาท/ปี) | TAC<br>(บาท/ปี) |
|------------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| มินิบัส (40 - 0290)          | 24           | 130,779                   | 45,213                   | 49,200                    | 225,192         |
| มินิบัส (40 - 0603)          | 15           | 66,080                    | 28,400                   | 52,000                    | 146,480         |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0237)     | 26           | 59,825                    | 38,928                   | 138,400                   | 237,153         |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0513)     | 14           | 45,409                    | 22,100                   | 65,000                    | 132,509         |
| รถบัส 52 ที่นั่ง (40 - 0563) | 18           | 144,418                   | 35,645                   | 7,500                     | 187,563         |
| รถบัส 47 ที่นั่ง (40 - 0255) | 27           | 93,242                    | 72,822                   | 86,963                    | 253,027         |
| รถแก่ง (กต - 2889)           | 23           | 14,316                    | 5,500                    | 22,667                    | 42,483          |

**ตารางที่ 5** ผลการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงต้นทุน (Cost Efficient) และต้นทุนรวมต่อปีของยานพาหนะทั้ง 20 คัน (ต่อ)

| ประเภท<br>(ทะเบียน) | อายุ<br>(ปี) | ค่าเชื้อเพลิง<br>(บาท/ปี) | ค่าซ่อมบำรุง<br>(บาท/ปี) | ค่าเสื่อมราคา<br>(บาท/ปี) | TAC<br>(บาท/ปี) |
|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| รถเก๋ง (กท - 2245)  | 21           | 4,375                     | 8,300                    | 11,667                    | 24,342          |
| รถเก๋ง (ขม - 5061)  | 8            | 45,332                    | 12,000                   | 73,500                    | 130,832         |
| รถเก๋ง (กบ - 8994)  | 7            | 53,372                    | 8,500                    | 34,500                    | 96,372          |
| รถตู้ (40 - 9150)   | 13           | 70,076                    | 18,400                   | 52,000                    | 140,476         |
| รถตู้ (นค - 8111)   | 13           | 54,826                    | 16,200                   | 52,000                    | 123,026         |
| รถตู้ (นค - 7579)   | 12           | 59,655                    | 15,800                   | 52,000                    | 127,455         |
| รถตู้ (กร - 8831)   | 11           | 66,682                    | 17,100                   | 52,000                    | 135,782         |
| รถตู้ (นค - 6455)   | 10           | 52,218                    | 14,800                   | 52,000                    | 119,018         |
| รถตู้ (40 - 0407)   | 9            | 48,196                    | 13,200                   | 52,000                    | 113,396         |
| รถตู้ (นค - 4172)   | 9            | 57,936                    | 16,500                   | 52,000                    | 126,436         |
| รถตู้ (นง - 3638)   | 8            | 53,980                    | 15,000                   | 60,714                    | 129,694         |
| รถกระบะ (ผฉ - 1068) | 9            | 52,534                    | 18,200                   | 41,250                    | 111,984         |
| รถ PPV (นค - 5892)  | 7            | 73,839                    | 21,000                   | 34,500                    | 129,339         |
| รวม                 |              |                           |                          |                           | 1,344,093       |

## 2.1 การศึกษาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

### 2.1.1 การวิเคราะห์ค่าเสื่อมราคาและต้นทุนวงจรชีวิต (Depreciation & LCC)

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของยานพาหนะทั้ง 20 คัน ดำเนินการโดยวิเคราะห์ค่าเสื่อมราคาต่อปี (Depreciation), ต้นทุนรวมต่อปี (Total Annual Cost : TAC), ต้นทุนต่อระยะทาง (บาท/กม.) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ภายใต้อัตราคิดลดร้อยละ 5 ต่อปี เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้งานต่อหรือการทดแทนในเชิงต้นทุนตลอดวงจรชีวิต (Life Cycle Cost : LCC) ผลการศึกษาพบว่า ยานพาหนะที่มีอายุเกิน 20 ปีส่วนใหญ่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบในระดับสูง และมีต้นทุนต่อหน่วยการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะรถบัส 47 ที่นั่ง ทะเบียน 40 - 0255 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ติดลบสูงสุดที่ -1,012,108 บาท และมี TAC สูงถึง 253,027 บาท/ปี สะท้อนภาระต้นทุนสะสมที่ไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในระยะยาว รองลงมาคือรถสองแถว 6 ล้อ ทะเบียน 40-0237 (NPV = -912,540 บาท; ต้นทุน 19.01 บาท/กม.) และรถมินิบัส ทะเบียน 40 - 0290 (NPV = -876,920 บาท; ต้นทุน 10.65 บาท/กม.) ซึ่งล้วนเป็นยานพาหนะอายุ 24 - 27 ปี และอยู่ในสถานะควรทดแทน นอกจากนี้ รถเก๋งอายุเกิน 20 ปี แม้มี TAC ต่ำ แต่มีต้นทุนต่อกิโลเมตรสูงมาก (20.77 - 30.22 บาท/กม.) และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าความไม่มีประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์จากการใช้งานต่ำ และการกระจายต้นทุนคงที่ต่อหน่วยบริการที่สูง ในทางตรงกันข้าม ยานพาหนะอายุไม่เกิน 15 ปี โดยเฉพาะกลุ่มรถตู้รถกระบะ และรถ PPV มีค่าเสื่อมราคาคงที่ในระดับเหมาะสม (ประมาณ 34,500–60,714 บาท/ปี) และมี TAC อยู่ในช่วง 113,396 - 140,476 บาท/ปี โดยไม่มีสัญญาณมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบในระดับวิกฤต จึงอยู่ในสถานะใช้งานต่อ ได้อย่างเหมาะสมในเชิงต้นทุนตลอดวงจรชีวิต (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าเสื่อมราคา ต้นทุนรวมต่อปี และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของยานพาหนะทั้ง 20 คัน

| ประเภท<br>(ทะเบียน)          | ราคาซื้อ<br>(บาท) | ค่าเสื่อม/ปี<br>(บาท) | TAC<br>(บาท/ปี) | ต้นทุน<br>(บาท/กม.) | NPV (บาท)  | สถานะ     |
|------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------|-----------|
| มินิบัส (40 - 0290)          | 1,200,000         | 49,200                | 225,192         | 10.65               | -876,920   | ควรทดแทน  |
| มินิบัส (40 - 0603)          | 1,200,000         | 52,000                | 146,480         | -                   | -          | ติดตาม    |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0237)     | 3,200,000         | 138,400               | 237,153         | 19.01               | -912,540   | ควรทดแทน  |
| สองแถว 6 ล้อ (40 - 0513)     | 1,500,000         | 65,000                | 132,509         | -                   | -          | ติดตาม    |
| รถบัส 52 ที่นั่ง (40 - 0563) | 900,000           | 7,500                 | 187,563         | -                   | -          | ติดตาม    |
| รถบัส 47 ที่นั่ง (40 - 0255) | 2,375,000         | 86,963                | 253,027         | 13.52               | -1,012,108 | ควรทดแทน  |
| รถเก๋ง (กต - 2889)           | 680,000           | 22,667                | 42,483          | 20.77               | -165,932   | ควรทดแทน  |
| รถเก๋ง (กท - 2245)           | 350,000           | 11,667                | 24,342          | 30.22               | -94,888    | ควรทดแทน  |
| รถเก๋ง (ขม - 5061)           | 882,000           | 73,500                | 130,832         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถเก๋ง (กบ - 8994)           | 414,000           | 34,500                | 96,372          | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (40 - 9150)            | 780,000           | 52,000                | 140,476         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (นค - 8111)            | 780,000           | 52,000                | 123,026         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (นค - 7579)            | 780,000           | 52,000                | 127,455         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (กร - 8831)            | 780,000           | 52,000                | 135,782         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (นค - 6455)            | 780,000           | 52,000                | 119,018         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (40 - 0407)            | 780,000           | 52,000                | 113,396         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (นค - 4172)            | 780,000           | 52,000                | 126,436         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถตู้ (นง - 3638)            | 849,000           | 60,714                | 129,694         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถกระบะ (ผฉ - 1068)          | 550,000           | 41,250                | 111,984         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |
| รถ PPV (นค - 5892)           | 414,000           | 34,500                | 129,339         | -                   | -          | ใช้งานต่อ |

### 2.1.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุน (Payback Period & Break-Even Analysis)

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และจุดคุ้มทุน (Break - Even Point) ดำเนินการกับยานพาหนะเป้าหมายที่มีต้นทุนวงจรชีวิตสูงหรือมีสถานะ “ควรทดแทน” โดยเปรียบเทียบทางเลือกการลงทุนใหม่กับผลประหยัดต้นทุนต่อปี ภายใต้สมมติฐานต้นทุนพลังงานและโครงสร้างค่าใช้จ่ายปัจจุบัน ผลการศึกษาพบว่า สำหรับรถเก๋งทะเบียน กต - 2889 การเปลี่ยนเป็นรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ต้องใช้เงินลงทุนสุทธิ 900,000 บาท และสามารถประหยัดต้นทุนได้ 89,463 บาทต่อปี คิดเป็นระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10.1 ปี และลดต้นทุนได้ร้อยละ 82.15 ขณะที่ทางเลือก Hybrid ใช้เงินลงทุน 700,000 บาท ประหยัดได้ 73,089 บาทต่อปี คืนทุนประมาณ 9.6 ปี และลดต้นทุนได้ร้อยละ 60.79 จึงถือว่าทั้งสองทางเลือกมีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม สำหรับรถเก๋งทะเบียน กท - 2245 แม้การเปลี่ยนเป็น EV จะมีศักยภาพคืนทุนใกล้เคียงกัน (~10.1 ปี) แต่ความคุ้มค่าจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีระยะทางใช้งานมากกว่า 3,000 กิโลเมตรต่อปี เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้งานต่ำมาก จึงทำให้ทางเลือก “Car Sharing” ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้ร้อยละ 100 ของต้นทุนคงที่ เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าในเชิงการจัดสรรทรัพยากร สำหรับรถกระบะทะเบียน ผฉ - 1068 การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิง B20 แม้มีเงินลงทุนเพียง 495,000 บาท แต่ให้ผลประหยัดต่อปีเพียง 2,750 บาท ส่งผลให้มีระยะเวลาคืนทุนยาวถึง 180 ปี และจุดคุ้มทุนสูงถึง

1,410,256 กิโลเมตร จึงไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์อย่างชัดเจน ในทางตรงกันข้าม กลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ ได้แก่ มินิบัส 40 - 0290 สองแถว 40-0237 และรถบัส 40 - 0255 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนไปใช้ B20 หรือเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น พบว่าสามารถประหยัดต้นทุนได้ปีละ 123,399 - 174,198 บาท คิดเป็นการลดต้นทุนร้อยละ 53.25 - 66.92 และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5 - 8 ปี ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับภาระต้นทุนสะสมและค่า NPV ตีลบของรถกลุ่มนี้ในระยะยาว (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของยานพาหนะเป้าหมาย

| ประเภท<br>(ทะเบียน) | ทางเลือก<br>ทดแทน | เงินลงทุน<br>สุทธิ<br>(บาท) | ผล<br>ประหยัด/ปี<br>(บาท) | Payback<br>Period<br>(ปี) | Break-<br>even<br>(กม.) | ลดต้นทุน<br>(%) |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| รถเก๋ง (กต - 2889)  | EV                | 900,000                     | 89,463                    | ~10.10                    | -                       | 82.15           |
| รถเก๋ง (กต - 2889)  | Hybrid            | 700,000                     | 73,089                    | ~9.60                     | -                       | 60.79           |
| รถเก๋ง (กท - 2245)  | EV                | 900,000                     | 89,463                    | ~10.10                    | -                       | 82.15           |
| รถเก๋ง (กท - 2245)  | Car Sharing       | -                           | 24,342                    | -                         | -                       | 100.00          |
| รถกระบะ (ผจ - 1068) | B20               | 495,000                     | 2,750                     | 180.00                    | 1,410,256               | 2.46            |
| มินิบัส (40 - 0290) | B20               | 3,500,000                   | 174,198                   | ~5.00-8.00                | -                       | 66.92           |
| สองแถว (40 - 0237)  | B20               | 3,200,000                   | 156,131                   | ~5.00-8.00                | -                       | 65.84           |

## 2.2 ทางเลือกในการเปลี่ยนผ่านและการวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สิน

### 2.2.1 ความจำเป็นในการทดแทนภายใต้กรอบ Triple Bottom Line

ผลการวิเคราะห์เชิงบูรณาการด้านต้นทุน สิ่งแวดล้อม และความน่าเชื่อถือในการใช้งาน พบว่า ยานพาหนะจำนวน 5 คันที่มีอายุเกิน 20 ปีเข้าสู่ช่วงปลายของวงจรชีวิตทางเศรษฐกิจ (Economic End-of-Life) โดยมีต้นทุนซ่อมบำรุงและต้นทุนรวมต่อปี (TAC) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของฝูงยานพาหนะ ประกอบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งระบบ 110,105.63 kgCO<sub>2</sub>eq/ปี ซึ่งร้อยละ 92.56 มาจากรถดีเซล และร้อยละ 7.44 มาจากรถเบนซิน สะท้อนโครงสร้างการปล่อยที่กระจุกตัวในกลุ่มรถเชื้อเพลิงฟอสซิล

เมื่อวิเคราะห์ตามแนวคิด Triple Bottom Line พบว่า 1) มิติเศรษฐศาสตร์ (Profit) รถเก่ามีอัตราสิ้นเปลืองสูง ต้นทุนซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นตามอายุ และอะไหล่หายาก ส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด (Cost Escalation Phase) เกินจุดเหมาะสมในการใช้งานต่อ 2) มิติสิ่งแวดล้อม (Planet) รถดีเซลมีค่า Emission Factor สูงกว่าเบนซิน (2.68 เทียบกับ 2.31 kgCO<sub>2</sub>eq/ลิตร) จึงเป็นแหล่งปล่อยหลัก ขัดแย้งกับเป้าหมาย SDGs เป้าหมายที่ 11 และ 13 และ 3) มิติการดำเนินงานและสังคม (People) รถเก่ามีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือเนื่องจากขาดระบบความปลอดภัยสมัยใหม่ (เช่น ESC และ ABS รุ่นใหม่) อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้ใช้งานและภาพลักษณ์องค์กร

### 2.2.2 แนวทางการทดแทนตามกลุ่มยานพาหนะ

แนวทางที่ 1 : การเปลี่ยนรถเก๋งเบนซินเป็น Hybrid หรือ EV

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนดำเนินงาน (Operating Cost Analysis) ของรถเก๋งเบนซินเดิมกับทางเลือกเทคโนโลยี Hybrid และรถยนต์ไฟฟ้า (EV) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยเฉพาะในมิติของต้นทุนพลังงานและค่าบำรุงรักษา ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของต้นทุนผันแปรต่อปี ตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า EV สามารถลดต้นทุนดำเนินงานได้เฉลี่ยร้อยละ 82.15 ต่อปี ขณะที่ Hybrid

ลดได้ร้อยละ 60.79 เมื่อเทียบกับรถเบนซินเดิม ทั้งนี้ รถขนาดเล็กให้ผลประหยัดสูงสุดในช่วงเงิน (89,463 บาท/ปี) สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในบริบทการใช้งานแบบเมือง (Urban Driving Cycle) แม้การลงทุนเริ่มต้นของ EV จะสูงกว่า Hybrid และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10 - 13 ปี ภายใต้สมมติฐานอัตราคิดลดร้อยละ 5 ต่อปี แต่เมื่อพิจารณาผลประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Benefits) ได้แก่ การสนับสนุนนโยบายส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า การลดมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมือง และการเสริมสร้างภาพลักษณ์องค์กรสีเขียว พบว่ามีความคุ้มค่าเชิงกลยุทธ์ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ต่อระดับการใช้งานระบุว่า รถที่มีระยะทางใช้งานต่ำกว่า 1,000 กิโลเมตรต่อปี จะไม่สามารถกระจายต้นทุนคงที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น แนวทางที่เหมาะสมในกรณีดังกล่าวคือการยกเลิกการถือครอง และใช้ระบบ Car Sharing แทน เพื่อลดต้นทุนรวมตลอดอายุการใช้งาน (Life-Cycle Cost) อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

**ตารางที่ 8** การเปรียบเทียบต้นทุนดำเนินงานระหว่างรถเบนซินเดิมกับทางเลือก Hybrid และ EV

| ประเภทรถ  | ต้นทุนเดิม<br>(เบนซิน)<br>(บาท/ปี) | ต้นทุนใหม่<br>(ไฮบริด)<br>(บาท/ปี) | ต้นทุนใหม่<br>(EV) (บาท/ปี) | การลดลงเฉลี่ย<br>(ไฮบริด) | การลดลงเฉลี่ย<br>(EV) |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| ขนาดใหญ่  | 101,098                            | 37,127                             | 17,650                      | 63,971 บาท                | 83,448 บาท            |
| ขนาดกลาง  | 67,557                             | 35,035                             | 15,500                      | 32,522 บาท                | 52,057 บาท            |
| ขนาดเล็ก  | 102,963                            | 29,874                             | 13,500                      | 73,089 บาท                | 89,463 บาท            |
| ค่าเฉลี่ย |                                    |                                    |                             | ลดลง 60.79%               | ลดลง 82.15%           |

#### แนวทางที่ 2 : การเปลี่ยนผ่านรถตู้

รถตู้ดีเซลในปัจจุบันมีต้นทุนรวมเฉลี่ย 87,977 บาทต่อปี และปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 4,258.46 kgCO<sub>2</sub>e ต่อปี ซึ่งสะท้อนภาระทั้งในมิติเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ ทางเลือกในการทดแทนประกอบด้วยการใช้เชื้อเพลิง B20 ระบบไฮบริด (Hybrid) และรถไฟฟ้า (EV) โดยผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบพบว่า รถตู้ไฟฟ้า (EV) มีศักยภาพสูงสุดในการลดต้นทุนดำเนินงานและการปล่อยคาร์บอน กล่าวคือสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ร้อยละ 74.53 และลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ได้ร้อยละ 58.7 เมื่อเทียบกับรถดีเซลเดิม อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดด้านเงินลงทุนเริ่มต้นที่อยู่ในระดับสูง ทำให้ระยะเวลาคืนทุนภายใต้กรณีฐาน (Base Case Scenario) อยู่ที่ประมาณ 21 ปี ซึ่งอาจยาวนานเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานเชิงเศรษฐศาสตร์ของยานพาหนะ ทั้งนี้ หากพิจารณาปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น เงินอุดหนุนจากภาครัฐ มาตรการลดหย่อนภาษี ตลอดจนแนวโน้มราคาน้ำมันที่มีทิศทางปรับตัวสูงขึ้นในระยะยาว จะสามารถลดระยะเวลาคืนทุนลงเหลือประมาณ 12 - 15 ปี ส่งผลให้ทางเลือก EV มีความคุ้มค่าเพิ่มขึ้นในเชิงกลยุทธ์และสอดคล้องกับเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในระยะยาว ดังนั้น จึงเสนอแนวทางแบบ Two-Track Approach กล่าวคือ ระยะสั้นให้ทดแทนด้วย B20 หรือ Hybrid เพื่อให้เกิดการลดต้นทุนและลดการปล่อยทันทีโดยไม่เพิ่มภาระงบประมาณ ขณะเดียวกันควรทดลองใช้ EV อย่างน้อย 1 คัน ในลักษณะ Pilot Project เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงปฏิบัติการ ก่อนขยายผลในระยะกลางถึงยาว (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบต้นทุนและการลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ของทางเลือกสำหรับรถตู้

| ทางเลือกใหม่ | ราคาเฉลี่ย (บาท) | ค่าใช้จ่ายรวม/ปี (บาท) | ลดค่าใช้จ่าย | ลด CO <sub>2</sub>           |
|--------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------------|
| B20          | 1,069,000        | 51,368                 | 41.61%       | 15% (3,619 กก.เทียบเท่า)     |
| ไฮบริด       | 1,690,000        | 45,285                 | 48.06%       | 40.6% (2,525.4 กก.เทียบเท่า) |
| ไฟฟ้า (EV)   | 2,490,000        | 22,400                 | 74.53%       | 58.7% (1,755.6 กก.เทียบเท่า) |

แนวทางที่ 3: รถโดยสารขนาดใหญ่ (>20 ปี) เปลี่ยนเป็น B20

กลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีอายุเกิน 20 ปี เป็นกลุ่มที่มีความจำเป็นต้องพิจารณาทดแทนเนื่องจากมีต้นทุนรวมต่อปีในระดับสูงและมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 10 พบว่า รถทั้ง 3 คัน ได้แก่ มินิบัส รถสองแถว 6 ล้อ และรถบัส 47 ที่นั่ง มีค่าใช้จ่ายรวมเดิมเท่ากับ 729,183 บาท/ปี และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 38,747.93 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี ภายใต้ทางเลือกในการเปลี่ยนผ่านโดยการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล B20 ค่าใช้จ่ายรวมลดลงเหลือ 275,455 บาท/ปี ส่งผลให้ประหยัดงบประมาณได้ 453,728 บาท/ปี เมื่อพิจารณารายคันพบว่า มินิบัสมีต้นทุนลดลงจาก 260,293 บาท เหลือ 86,095 บาท/ปี รถสองแถว 6 ล้อ ลดลงจาก 237,153 บาท เหลือ 81,022 บาท/ปี และรถบัส 47 ที่นั่ง ลดลงจาก 231,737 บาท เหลือ 108,338 บาท/ปี ขณะเดียวกันการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถทั้งสามคันลดลงเหลือ 32,935.53 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี หรือลดลงจากเดิม 5,812.40 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี ดังนั้น ทางเลือก B20 สามารถลดภาระต้นทุนดำเนินงานและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้พร้อมกันโดยไม่ต้องลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานใหม่เพิ่มเติม และยังคงสามารถใช้ระบบยานพาหนะเดิมได้

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบต้นทุนและการลดการปล่อย CO<sub>2</sub> สำหรับรถขนาดใหญ่เมื่อเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซล B20

| ประเภท<br>ยานพาหนะ | ค่าใช้จ่ายเดิม/<br>ปี (บาท) | CO <sub>2</sub> เดิม<br>(kgCO <sub>2</sub> eq) | ค่าใช้จ่าย<br>B20/ปี<br>(บาท) | CO <sub>2</sub> ลดลง<br>(kgCO <sub>2</sub> eq) | ประหยัด/ปี<br>(บาท) | CO <sub>2</sub> B20<br>(kgCO <sub>2</sub> eq) |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| มินิบัส            | 260,293                     | 13,838.12                                      | 86,095                        | 2,075.82                                       | 174,198             | 11,762.30                                     |
| รถสองแถว 6 ล้อ     | 237,153                     | 13,838.12                                      | 81,022                        | 2,075.82                                       | 156,131             | 11,762.30                                     |
| รถบัส 47 ที่นั่ง   | 231,737                     | 11,071.69                                      | 108,338                       | 1,660.76                                       | 123,399             | 9,410.93                                      |
| <b>รวม 3 คัน</b>   | <b>729,183</b>              | <b>38,747.93</b>                               | <b>275,455</b>                | <b>5,812.40</b>                                | <b>453,728</b>      | <b>32,935.53</b>                              |

แนวทางการเปลี่ยนผ่านในอนาคต (3 ระยะ)

จากการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวงจรชีวิต สมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม และความคุ้มค่าการลงทุน การเปลี่ยนผ่านกองยานพาหนะควรดำเนินการแบบเป็นลำดับขั้นเพื่อลดความเสี่ยงด้านงบประมาณและความไม่แน่นอนของเทคโนโลยี โดยในระยะที่ 1 (ปัจจุบัน - 3 ปี) มุ่งทดแทนยานพาหนะที่มีต้นทุนสูงและอายุเกินเกณฑ์ด้วยทางเลือกที่ลดต้นทุนและมลพิษได้ทันที เช่น B20 และ Hybrid เพื่อสร้างผลประหยัดเชิงงบประมาณและเสถียรภาพการดำเนินงานในระยะสั้น ระยะที่ 2 (3 - 7 ปี) เน้นการประเมินความเหมาะสมของ EV ควบคู่กับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น เช่น สถานีชาร์จ ระบบบริหารจัดการพลังงาน และการวางแผนการไฟฟ้า รวมถึงติดตามแนวโน้มต้นทุนเทคโนโลยีและมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐ เพื่อเตรียมความพร้อมเชิงระบบสำหรับการเปลี่ยนผ่านในระดับที่กว้างขึ้น และระยะที่ 3 (7 - 10 ปี) ดำเนินการเปลี่ยนผ่านสู่ EV หรือเทคโนโลยีสะอาดอื่นอย่างเป็นระบบตามรอบอายุสินทรัพย์ (Lifecycle-Based Replacement) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เงินลงทุน ลดการปล่อยคาร์บอนในระยะยาว และยกระดับการบริหารทรัพยากรให้สอดคล้องกับเป้าหมายความยั่งยืน (ตารางที่ 11)

## ตารางที่ 11 แผนการเปลี่ยนผ่านเชิงยุทธศาสตร์กองยานพาหนะระยะ 3 ระยะ

| ระยะ      | ช่วงเวลา        | แนวทาง                         | เป้าหมาย              |
|-----------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|
| ระยะที่ 1 | ปัจจุบัน - 3 ปี | ทดแทนด้วย B20/Hybrid           | ลดต้นทุนและมลพิษทันที |
| ระยะที่ 2 | 3 - 7 ปี        | ประเมิน EV และโครงสร้างพื้นฐาน | เตรียมความพร้อม       |
| ระยะที่ 3 | 7 - 10 ปี       | เปลี่ยนสู่ EV/เทคโนโลยีสะอาด   | ความยั่งยืนระยะยาว    |

## อภิปรายผล

### 1. สมรรถนะและประสิทธิภาพของยานพาหนะในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะยานพาหนะทั้ง 4 มิติ ได้แก่ สมรรถนะเชิงวิศวกรรม สถิติวิศวกรรม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ชี้ให้เห็นถึงความเสื่อมถอยของประสิทธิภาพที่มีนัยสำคัญในกลุ่มยานพาหนะอายุสูง ดังนี้

ด้านสมรรถนะเชิงวิศวกรรม (Engine Efficiency) พบว่ายานพาหนะ 6 จาก 20 คัน มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเกินค่ามาตรฐาน โดยรถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีอายุ 24 - 27 ปี เกินมาตรฐานสูงสุดถึงร้อยละ 74.80 ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Gao et al. (2023) ที่พบว่ายานยนต์สันดาปอายุเกิน 15 ปีมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเสื่อมสภาพของระบบเครื่องยนต์และชิ้นส่วนกล นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ค้นพบเพิ่มเติมคือ ความเสื่อมประสิทธิภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานเพียงตัวแปรเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งาน และลักษณะภาระงาน เนื่องจากรถตู้และรถกระบะที่มีอายุ 9 - 13 ปียังคงมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอและลักษณะการใช้งานที่เหมาะสมสามารถชะลออัตราการเสื่อมสภาพของเครื่องยนต์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Hamade (2025) ที่ระบุว่าอายุการใช้งานและต้นทุนซ่อมบำรุงแตกต่างกันตามประเภทและรูปแบบการใช้งานของยานพาหนะ

ด้านสถิติวิศวกรรม (Quality Control) การที่ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cp, Cpk) ของยานพาหนะทุกคันมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ( $< 1.33$ ) อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0018 - 0.0073 สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาเชิงระบบของการบริหารจัดการการใช้งานที่ขาดเสถียรภาพ ความผันผวนของระยะทางรายเดือนที่สูง โดยเฉพาะในกลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ สะท้อนถึงการขาดระบบวางแผนการจัดสรรยานพาหนะตามหลักโลจิสติกส์ ซึ่งสอดคล้องกับ Chiparo et al. (2022) ที่พบว่าองค์กรภาครัฐส่วนใหญ่ยังขาดระบบการจัดสรรและควบคุมการใช้งานยานพาหนะอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพทางทรัพยากรในภาพรวม

ด้านสมรรถนะเชิงเศรษฐกิจ (Economy Efficient) กลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีอายุ 14 - 27 ปี มีประสิทธิภาพเชื้อเพลิงต่ำสุด (4.00 - 8.00 กม./ลิตร) และก่อให้เกิดการระคายเคืองสูงถึง 144,418 บาท/ปี ในกรณีของรถบัส 52 คัน ที่รถเก๋งอายุเกิน 20 ปีมีระยะทางใช้งานต่ำมาก (190 - 576 กม./ปี) ซึ่งสะท้อนความไม่มีประสิทธิภาพเชิงการจัดสรรทรัพยากรที่ก่อให้เกิดต้นทุนคงที่โดยไม่ได้สร้างผลผลิตการใช้งานอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดของ Festus and Edokpia (2025) เรื่องต้นทุนแฝงในยานพาหนะที่ผ่านจุดคุ้มทุนของวงจรชีวิต

ด้านสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม (Eco-Efficient) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 110,105.63 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี โดยกลุ่มรถโดยสารขนาดใหญ่เป็นแหล่งปล่อยหลัก สอดคล้องกับ Laoonual & Nantasaksiri (2025) ที่ชี้ให้เห็นว่ายานพาหนะดีเซลขนาดใหญ่เป็นปัจจัยหลักของการปล่อยมลพิษในภาคขนส่งของประเทศไทย และขัดต่อเป้าหมายนโยบาย EV 30@30 และ SDGs ข้อที่ 11 และ 13

## 2. ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการตัดสินใจทดแทนยานพาหนะ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแสดงให้เห็นถึงความไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของยานพาหนะอายุสูงในทุกมิติของการวิเคราะห์ ดังนี้

การวิเคราะห์ต้นทุนวงจรชีวิต (LCC) และค่าเสื่อมราคา พบว่ายานพาหนะที่มีอายุเกิน 20 ปีมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ติดลบในระดับสูง สูงสุดที่ -1,012,108 บาท (รถบัส 47 ที่นั่ง) และมีต้นทุนต่อกิโลเมตรสูง (13.52 - 30.22 บาท/กม.) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Oyinate (2025) ที่ยืนยันว่าการวิเคราะห์ NPV เป็นเครื่องมือสำคัญในการระบุจุดที่ต้นทุนสะสมของการใช้งานต่อเกินกว่าต้นทุนการลงทุนในสินทรัพย์ใหม่ และสอดคล้องกับ Redmer (2022) ที่แนะนำให้ปลดระวางยานพาหนะเมื่ออายุครบ 8 - 12 ปีเพื่อหลีกเลี่ยงช่วงระยะเวลาการเพิ่มขึ้นของต้นทุน จากการซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุน (Payback Period & Break-even) ของทางเลือกการทดแทนขึ้นอยู่กับความสอดคล้องระหว่างเทคโนโลยีกับลักษณะการใช้งานจริงของยานพาหนะแต่ละประเภท กล่าวคือ รถเก๋งที่เปลี่ยนเป็น EV มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10.1 ปี ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางเศรษฐศาสตร์ สอดคล้องกับ Woody et al. (2024) ที่ยืนยันว่า EV มีต้นทุนรวมต่ำกว่าในระยะยาวแม้มีราคาเริ่มต้นสูง ในขณะที่การเปลี่ยนรถกระบะเป็น B20 กลับมีระยะเวลาคืนทุนยาวถึง 180 ปี เนื่องจากผลประหยัดต่อปีมีเพียง 2,750 บาท ซึ่งไม่เพียงพอต่อการคืนเงินลงทุน 495,000 บาท ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกมาใช้โดยไม่พิจารณาระดับการใช้งาน (Utilization Rate) และลักษณะการเดินทางที่แท้จริงของยานพาหนะแต่ละคัน อาจนำไปสู่การตัดสินใจที่ไม่มีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ได้

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังสนับสนุนแนวคิดของ Oyinate (2025) ที่ว่าการตัดสินใจเกี่ยวกับสินทรัพย์ถาวรควรคำนึงถึงต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของมากกว่าต้นทุนลงทุนเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว โดยงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่าหากนำต้นทุนภายนอก จากการปล่อยมลพิษมาบูรณาการเข้ากับการวิเคราะห์ต้นทุนวงจรชีวิต ความคุ้มค่าของการทดแทนด้วยยานยนต์สะอาดจะยิ่งชัดเจนมากขึ้น ซึ่งเป็นมิติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับองค์กรภาครัฐที่มีพันธกิจด้านความยั่งยืน

## 3. ทางเลือกที่เหมาะสมในการทดแทนทรัพย์สินด้านยานยนต์

การวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สินชี้ให้เห็นว่าไม่มีทางเลือกใดที่เหมาะสมกับยานพาหนะทุกประเภท แต่จำเป็นต้องพิจารณาเป็นรายกลุ่มตามบริบทการใช้งานและข้อจำกัดทางการเงิน

ทางเลือก EV และ Hybrid สำหรับรถเก๋ง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า EV สามารถลดต้นทุนดำเนินงานได้เฉลี่ยร้อยละ 82.15 ขณะที่ Hybrid ลดได้ร้อยละ 60.79 สอดคล้องกับ Electrification Coalition & Atlas Public Policy (2021) และ Kulkolkarn (2025) ที่ยืนยันว่าโครงสร้างเครื่องยนไฟฟ้าที่เรียบง่ายกว่าทำให้ค่าซ่อมบำรุงต่ำกว่ายานยนต์สันดาปอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังพบรถเก๋งที่มีระยะทางใช้งานต่ำกว่า 1,000 กม./ปี แม้จะเปลี่ยนเป็น EV ก็ไม่สามารถกระจายต้นทุนคงที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นทางเลือก Car Sharing จึงเหมาะสมกว่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

ทางเลือก EV สำหรับรถตู้ด้วยแนวทาง Two-Track Approach ผลการวิเคราะห์พบว่ารถตู้ EV สามารถลดต้นทุนได้ร้อยละ 74.53 และลดการปล่อย CO2 ได้ร้อยละ 58.7 สอดคล้องกับ Furch et al. (2022) ที่ยืนยันว่าต้นทุนรวมของ EV ต่ำกว่าในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาคืนทุนที่ยาวถึง 21 ปีภายใต้ Base Case เป็นข้อจำกัดสำคัญ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทาง Two-Track Approach คือใช้ B20 หรือ Hybrid ในระยะสั้นเพื่อสร้างผลประหยัดทันทีควบคู่กับการทดลอง EV แบบ Pilot Project เพื่อประเมินประสิทธิภาพก่อนขยายผล ซึ่งถือเป็นกรอบการตัดสินใจเชิงปฏิบัติที่สมดุลระหว่างความคุ้มค่าระยะสั้นและเป้าหมายความยั่งยืนระยะยาว

ทางเลือกไบโอดีเซล B20 สำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ จากผลการวิเคราะห์พบว่า การเปลี่ยนรถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีอายุเกิน 20 ปีทั้ง 3 คัน ไปใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล B20 สามารถลดต้นทุนดำเนินงานได้ร้อยละ 53 - 67 คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้รวม 453,728 บาท/ปี และยังลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ได้ร้อยละ 15 โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนโครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติมแต่อย่างใด ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบสำคัญเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนเป็น EV ที่ยังมีข้อจำกัดทั้งด้านราคาและความพร้อมของสถานีชาร์จในบริบทของมหาวิทยาลัย สอดคล้องกับที่ Laoonual & Nantasaksiri (2025) ระบุว่าเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นทางเลือกเชื่อมช่วงเปลี่ยนผ่าน (Bridge Solution) ที่เหมาะสมสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่ในระยะที่เทคโนโลยี EV ขนาดใหญ่ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย

กรอบการตัดสินใจแบบบูรณาการ ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนากรอบการตัดสินใจแบบบูรณาการที่พิจารณาปัจจัยทั้ง 3 มิติ ได้แก่ เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และการปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทาง Triple Bottom Line ที่ Akkermans et al. (2024) เสนอว่าการบริหารสินทรัพย์ยานยนต์สมัยใหม่ต้องพิจารณาทั้งมิติกำไร (Profit) สิ่งแวดล้อม (Planet) และคน (People) ร่วมกัน เพื่อให้การตัดสินใจสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์กรในระยะยาว

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### 1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ประยุกต์ใช้หลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมวิเคราะห์ยานพาหนะ 20 คันของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่ายานพาหนะที่มีอายุเกิน 20 ปีจำนวน 5 คัน มีสมรรถนะต่ำกว่าเกณฑ์ในทุกมิติ ทั้งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เกินมาตรฐานสูงสุดร้อยละ 74.80 ดัชนี Cp และ Cpk ที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 110,105.63 kgCO<sub>2</sub>eq ต่อปี ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ยานพาหนะกลุ่มนี้มีต้นทุนรวมสูงถึง 2.72 ล้านบาทต่อปี และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบสูงสุดถึง -1,012,108 บาท ซึ่งยืนยันว่าการใช้งานต่อไปไม่มีความคุ้มค่าและควรได้รับการทดแทนโดยเร่งด่วน สำหรับทางเลือกการทดแทนที่เหมาะสม งานวิจัยนี้เสนอว่ารถแท็กซี่มีระยะทางใช้งานสูงควรเปลี่ยนเป็น EV หรือ Hybrid ที่ลดต้นทุนได้ร้อยละ 82.15 และ 60.79 ตามลำดับ รถตู้ควรใช้แนวทาง Two-Track Approach โดยเริ่มจาก B20 หรือ Hybrid แล้วขยายผลสู่ EV ในระยะกลางที่ลดต้นทุนได้ร้อยละ 74.53 รถโดยสารขนาดใหญ่ควรเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซล B20 ที่ลดต้นทุนได้ร้อยละ 53 - 67 โดยไม่ต้องลงทุนโครงสร้างพื้นฐานเพิ่ม และยานพาหนะที่มีระยะทางใช้งานต่ำมากควรยกเลิกการถือครองและใช้ระบบ Car Sharing แทน ในด้านการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ กรอบการตัดสินใจแบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับองค์กร ผู้บริหารมหาวิทยาลัยสามารถนำไปกำหนดนโยบายการทดแทนยานพาหนะที่มีหลักเกณฑ์ชัดเจน โปร่งใส และตรวจสอบได้ แทนการใช้ดุลพินิจส่วนบุคคล ระดับภาคส่วน สถาบันการศึกษา โรงพยาบาล และหน่วยงานราชการที่มีกองยานพาหนะสามารถนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทของตนเองได้ และระดับนโยบาย ผลการวิจัยให้ข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบมาตรการสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่ยานยนต์สะอาดในภาครัฐให้สอดคล้องกับนโยบาย EV 30@30 และเป้าหมาย SDGs ข้อที่ 11 และ 13 คุณูปการสำคัญของการวิจัยนี้อยู่ที่การบูรณาการเครื่องมือวิเคราะห์หลายศาสตร์เข้าด้วยกันเป็นครั้งแรกในบริบทองค์กรภาครัฐไทย ทั้งดัชนีความสามารถกระบวนการ (Cp, Cpk) คาร์บอนฟุตพริ้นต์ ต้นทุนวงจรชีวิต (LCC) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ภายใต้กรอบเดียวกัน ซึ่งช่วยให้การตัดสินใจทดแทนสินทรัพย์มีความรอบด้านและเป็นระบบมากกว่าการวิเคราะห์เพียงมิติใดมิติหนึ่ง และยังเป็นต้นแบบสำหรับงานวิจัยด้านการบริหารสินทรัพย์ยานยนต์ในองค์กรภาครัฐต่อไป

## 2. ข้อเสนอแนะ

### 2.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

มหาวิทยาลัยควรกำหนดนโยบายการทดแทนยานพาหนะเป็นลายลักษณ์อักษร โดยใช้เกณฑ์ที่วัดได้จริง ได้แก่ อายุการใช้งาน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าบำรุงรักษา และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เพื่อให้การตัดสินใจโปร่งใส และตรวจสอบได้ พร้อมกำหนดให้ยานยนต์ไฟฟ้าหรือพลังงานทางเลือกเป็นทางเลือกหลักในการจัดซื้อใหม่ และบูรณาการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์เข้าในกระบวนการจัดซื้อจัดจ้าง เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบาย EV 30@30 และเป้าหมาย SDGs ข้อที่ 11 และ 13

### 2.2 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ระยะสั้น (1 - 2 ปี) เร่งทดแทนยานพาหนะ 5 คันที่อายุเกิน 20 ปี โดยรถเก่าที่ใช้งานสูงเปลี่ยนเป็น EV รถตู้และรถโดยสารขนาดใหญ่เปลี่ยนเป็น B20 หรือ Hybrid พร้อมลงทุนสถานีชาร์จอย่างน้อย 2 - 3 จุด และนำระบบฐานข้อมูล Physical Condition of Replacement ไปใช้จริง ระยะกลาง (3 - 5 ปี) ขยายผลสู่ EV ทั้งหมด ยกเลิกการถือครองยานพาหนะที่ใช้งานต่ำกว่า 1,000 กม./ปี และพัฒนาระบบวางแผนการใช้งานตามหลักโลจิสติกส์ ระยะยาว (6 - 10 ปี) เปลี่ยนผ่านรถโดยสารขนาดใหญ่สู่เทคโนโลยีสะอาด มุ่งสู่กองยานพาหนะไร้มลพิษร้อยละ 100

### 2.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาความเป็นไปได้ของการติดตั้งโซลาร์เซลล์ร่วมกับสถานีชาร์จเพื่อลดต้นทุนพลังงาน EV วิเคราะห์ผลกระทบด้านสุขภาพและสังคมจากการลดมลพิษเพื่อคำนวณต้นทุนภายนอก (External Cost) ที่แท้จริง ขยายกรอบการวิจัยไปยังหน่วยงานภาครัฐอื่นเพื่อสร้าง Benchmark ระดับชาติ พัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ต่อความผันผวนของราคาเชื้อเพลิงและมาตรการอุดหนุนภาครัฐ และติดตามประเมินผลหลังการทดแทนจริง (Post-Implementation Evaluation) เพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้แม่นยำยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- Akkermans, H., van der Valk, W., Van Wassenhove, L. N., & Wynstra, F. (2024). All Along the Asset Life Cycle: Research Opportunities for Operations and Supply Chain Management. *Journal of Operations Management*, 70(6), 864-874. <https://doi.org/10.1002/joom.1326>
- Medina, A. F. (2025). *Thailand's Automotive Industry: Key Investment Insights*. ASEAN Briefing. <https://www.aseanbriefing.com/news/thailands-automotive-industry-a-guide-for-foreign-investors/>
- Chiparo, J.P., Tukuta, M. & Musanzikwa, M. (2022) Vehicle Fleet Management Practices and Service Delivery in State Owned Enterprises in Zimbabwe. *Journal of Transportation Technologies*, 12(2),159-171. <https://doi.org/10.4236/jtts.2022.122010>
- Electrification Coalition & Atlas Public Policy. (2021). *Federal Fleet Electrification Assessment*. Atlas Public Policy. [https://atlaspolicy.com/wp-content/uploads/2021/09/Federal\\_Fleet\\_Electrification\\_Assessment.pdf](https://atlaspolicy.com/wp-content/uploads/2021/09/Federal_Fleet_Electrification_Assessment.pdf)
- Festus, O., & Edokpia, R. O. (2025). Determining the Impact of the Maintenance and Salvage Cost's Function Parameters on an Equipment Optimal Replacement Time Computation Under the Economic Life Cycle Strategy: Case Study of a Commuter Bus. *World Journal of Innovation and Modern Technology*, 9(4), 18-35.
- Furch, J., Konečný, V., & Krobot, Z. (2022). Modelling of Life Cycle Cost of Conventional and Alternative Vehicles. *Scientific Reports*, 12(1), 10661.

- Gao, Z., Xie, H., Yang, X., Zhang, L., Yu, H., Wang, W., Liu, Y., Xu, Y., Ma, B., Liu, X., & Chen, S. (2023). Electric Vehicle Lifecycle Carbon Emission Reduction: A Review. *Carbon Neutralization*, 2(5), 528-550. <https://doi.org/10.1002/cnl2.81>
- Government Fleet. (2024). *How to Prepare Your Data for a Life-Cycle Analysis*. <https://www.government-fleet.com/340746/how-to-prepare-your-data-for-a-life-cycle-analysis>
- Hamade, R. (2025). *Understanding Vehicle Lifecycle Costs in Fleet Management*. Utilimarc. <https://www.utilimarc.com/blog/understanding-vehicle-lifecycle-costs-in-fleet-management>
- Kulkolkarn, K. (2025). *Impact of Electric Vehicles on Thailand's Automotive Industry Implications for Auto-Parts Suppliers and Workforce*. Friedrich Ebert Stiftung. <https://library.fes.de/pdf files/bueros/thailand/22299.pdf>
- Laoonual, Y., & Nantasaksiri, K. (2023). *The Green Revolution in Thailand Steering by Electric Buses*. SLOCAT. <https://slocat.net/the-green-revolution-in-thailand-steering-by-electric-buses/>
- Oyinade, T. C. (2025). Optimization of Vehicle Fleet Replacement Decisions and Fuel Cost Dynamics in the Nigerian Transport Sector. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, 10(4), 1148-1180.
- Rakhimova, A. (2019). *Lifecycle Costing Tool for Selecting New Fleet Vehicles*. University of British Columbia. [https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/2019-12\\_Lifecycle%20Costing%20Tool%20for%20Selecting\\_Rakhimova.pdf](https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/2019-12_Lifecycle%20Costing%20Tool%20for%20Selecting_Rakhimova.pdf)
- Redmer, A. (2022). Strategic Vehicle Fleet Management: A Joint Solution of Make-or-Buy, Composition and Replacement Problems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(2), 327-349. <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2020-0026>
- Yang, X., Li, B., Cui, X., Zhang, S., Ji, Z., Ren, Y., Kaku, I., & Xiao, Y. (2025). Reliability-Based Optimization of Economic Life Forward Design for Complex Systems in Uncertain Task Environments. *Reliability Engineering & System Safety*, 264, 111443. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2025.111443>
- Woody, M., Adderly, S. A., Bohra, R., & Keoleian, G. A. (2024). Electric and Gasoline Vehicle Total Cost of Ownership Across US Cities. *Journal of Industrial Ecology*, 28(2), 194-215. <https://doi.org/10.1111/jiec.13463>