

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

การวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของรถแท็กซี่สาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อการเปลี่ยนผ่านสู่รถยนต์พลังงานสะอาด (Zero Emission Vehicles) อย่างยั่งยืน

Total Cost of Ownership Analysis for Electric Taxi in the Bangkok Metropolitan Area:

Sustainable Transition to Zero Emission Vehicles

ปฐวี สิริสุนทร¹ และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ²Puree Sirasootorn¹ and Petchtharin Wongcharoen²

Received : March 18, 2022 / Revised : May 24, 2022 / Accepted : October 20, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นรถแท็กซี่สาธารณะแทนรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปในปัจจุบัน โดยใช้แนวคิดต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ (Total cost of ownership: TCO) ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ บทความนี้ยังได้ใช้แบบจำลองสถานะเสมอภาคของต้นทุนการเป็นเจ้าของ (TCO parity) ครอบคลุมระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578 เพื่อวิเคราะห์ความสามารถแข่งขันในระยะยาวของรถแท็กซี่ไฟฟ้าตลอดจนประเมินประสิทธิผลของนโยบายส่งเสริมของภาครัฐเพื่อเร่งให้เกิดการเปลี่ยนผ่านไปสู่การขนส่งสาธารณะพลังงานสะอาด

ผลการศึกษาพบว่า การนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการแท็กซี่เกิดความคุ้มค่าในรถยนต์ไฟฟ้าที่ราคาไม่สูงมาก อย่างไรก็ตาม เมื่อราคาแบตเตอรี่จะลดลงในอนาคต ราคาซื้อรถยนต์ไฟฟ้าจะลดลงด้วยเช่นกัน ผลการศึกษาจากแบบจำลอง TCO parity พบว่า รถยนต์ไฟฟ้าจะสามารถนำมาใช้แทนรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในได้ อย่างคุ้มค่าหากเริ่มใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2568-2569 เป็นต้นไป การเปลี่ยนผ่านสู่รถยนต์พลังงานสะอาดจะเกิดเร็วขึ้นหากรัฐบาลปรับโครงสร้างราคาภาษีปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการแทรกแซงราคาจากกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ การผสมผสานระหว่างมาตรการส่งเสริมทางภาษีและมิใช่ภาษีเป็นเครื่องมือของรัฐบาลที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะการยกเว้นภาษีนำเข้าจะช่วยให้รถยนต์ไฟฟ้าที่อื่น ๆ เข้ามาแข่งขันในตลาดรถไฟฟ้าได้มากขึ้นและช่วยให้ผู้ประกอบการรถแท็กซี่ในปัจจุบันมีรถยนต์ไฟฟ้าที่หลากหลายให้เลือกเพื่อนำมาให้บริการต่อไป

คำสำคัญ: การขนส่งสาธารณะ รถแท็กซี่สาธารณะ รถยนต์ไฟฟ้า ต้นทุนการเป็นเจ้าของ แบบจำลองสถานะเสมอภาคของต้นทุนการเป็นเจ้าของ

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อีเมลล์: puree.sirasootorn@econ.tu.ac.th

² อาจารย์ประจำคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อีเมลล์: petchtharin.w@econ.tu.ac.th

Abstract

This paper aims to assess the economic value of electric taxi in replace of internal combustion engine taxi by using the total cost of ownership (TCO). TCO includes private costs and external costs from greenhouse gas emissions and air pollution. This paper also adopts the TCO parity model during 2021–2035 to analyze the long-term competitiveness of electric taxis, as well as to assess the effectiveness of the government measures to promote and accelerate the transition to zero emission vehicles in public transport.

The findings revealed that electric taxi is cost-effective, particularly electric cars with low purchase prices. Due to declining cost of batteries, the cost of electric taxis will decline accordingly in the future. The study of TCO parity model found that electric taxis could be a cost-effective replacement for internal combustion-engine taxis from 2025 to 2026. The transition to zero emission vehicles will occur faster if the government restructures liquefied petroleum gas (LPG) prices by eliminating price interventions from the Oil Fund. Furthermore, combination of tax and non-tax incentives is a very effective approach. The exemption from import tariff, in particular, will allow the other brands of electric vehicles to penetrate competitively into the electric vehicle market. Taxi operators will have a variety of electric vehicles to choose for providing their services.

Keyword: Public transport, Public taxi, Electric vehicles, Total cost of ownership, TCO parity

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

1. บทนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปัญหามลพิษทางอากาศที่ทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมในภาคขนส่ง World Resource Institution (2019) พบว่าภาคขนส่งก่อให้เกิดมลพิษทั่วโลกกว่าร้อยละ 72 มาจากการใช้ยานพาหนะบนท้องถนน และภาคขนส่งยังมีอัตราการเติบโตของการปล่อยมลพิษสูงที่สุด โดยมลพิษที่เพิ่มขึ้นในระหว่างปี ค.ศ. 1970-2010 คิดเป็นร้อยละ 80 ของมลพิษที่เพิ่มขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1970-2010 ดังนั้นรัฐบาลในหลายประเทศต่างร่วมมือกันผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนผ่านจากการใช้รถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) ในภาคขนส่งมาเป็นรถยนต์ไฟฟ้า โดยเริ่มต้นจากกลุ่มผู้ให้บริการขนส่งสาธารณะเป็นกลุ่มแรก ก่อนที่จะขยายผลไปยังกลุ่มผู้ใช้ทั่วไป เช่น การกำหนดให้ผู้ให้บริการรถแท็กซี่ในกรุงปักกิ่ง เซินเจิ้น และไท่หยวน ต้องใช้รถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด (Dunne, 2017) หรือการบังคับให้รถแท็กซี่ใหม่ในกรุงลอนดอนต้องเป็นรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2561 (Vaughan, 2018) เป็นต้น

สาเหตุสำคัญของการมุ่งเป้าไปที่กลุ่มรถโดยสารสาธารณะ เนื่องจาก ราคาของรถยนต์ไฟฟ้ายังสูงอยู่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของรถยนต์ ICE ถึงแม้ว่ารถยนต์ไฟฟ้าจะมีข้อได้เปรียบจากค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าแล้วก็ตาม ก็ไม่สามารถทำให้ต้นทุนในการเป็นเจ้าของรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลตลอดช่วงอายุการใช้งานต่ำกว่ารถยนต์ ICE ได้ ในขณะที่ รถโดยสารสาธารณะมีระยะเดินทางต่อปีสูง จึงทำให้ค่าเชื้อเพลิงตลอดช่วงอายุการใช้งานของรถโดยสารสาธารณะไฟฟ้าต่ำกว่าค่าเชื้อเพลิงจากการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในอดีตที่พบว่าการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามีความคุ้มค่ากว่ายานยนต์ ICE เมื่อระยะทางวิ่งต่อปีสูงมากพอ (Plötz et al. 2012; Tseng et al. 2013)

คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติของประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายให้การใช้รถยนต์ในประเทศทั้งหมดต้องเป็นรถยนต์พลังงานสะอาด (Zero Emission Vehicle: ZEV) ภายในปี พ.ศ. 2578 (เป้าหมาย ZEV) โดยภาครัฐมีบทบาทในการสนับสนุนให้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ ICE ในการใช้งานส่วนบุคคลควบคู่ไปกับการให้บริการขนส่งสาธารณะอื่นได้แก่ รถโดยสารไม่ประจำทาง (หรือรถแท็กซี่สาธารณะ) รถโดยสารประจำทาง ตลอดจนรถยนต์ที่ใช้ในหน่วยงานราชการต่าง ๆ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 แต่ถึงกระนั้น รถยนต์ไฟฟ้ายังไม่ได้รับผลตอบแทนที่ดีนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ประกอบการรถแท็กซี่สาธารณะ³ เนื่องจากราคารถยนต์ไฟฟ้าที่จำหน่ายในประเทศไทยยังอยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับราคารถยนต์ ICE จึงทำให้รถแท็กซี่สาธารณะที่ใช้ในปัจจุบันเป็นรถยนต์ ICE ถึงแม้ว่าจะมีผู้ให้บริการบางรายนำรถยนต์ไฟฟ้า BYD e6 จากจีนมาให้บริการให้เห็นตามท้องถนนอยู่บ้าง ก็เป็นรถที่ได้รับการสนับสนุนจากความร่วมมือระหว่างรัฐบาลและเอกชนมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561⁴ และ

³ รถแท็กซี่สาธารณะในบทความนี้ หมายถึงรถยนต์ประเภท รถ.6 หรือรถยนต์รับจ้างที่มีกำลังเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 1,500 cc ตามข้อกำหนดของกรมขนส่งทางบก

⁴ โครงการ EV Taxi VIP ในความร่วมมือของกรมขนส่งทางบก บริษัท โรเซน เอนเนอร์จี จำกัด และบริษัท อีวี โซลูชั่น จำกัด (ประชาชาติธุรกิจ, 2561)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

คิดเป็นสัดส่วนที่น้อยมากเพียงร้อยละ 0.12 ของรถแท็กซี่จดทะเบียนสะสมในปี พ.ศ. 2564 เท่านั้น (กรมการขนส่งทางบก, 2564)

อย่างไรก็ตาม ราคารถยนต์ไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและลดลงเร็วกว่าที่ได้คาดการณ์ไว้ อันเนื่องมาจากราคาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้ามีแนวโน้มราคาที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง (Bloomberg, 2020) ผสมกับผลของการแข่งขันในตลาดรถยนต์ไฟฟ้าที่รุนแรงของผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำทั่วโลก ตัวอย่างเช่น ผู้ผลิต GM ได้ประกาศเป้าหมายในการผลิตรถยนต์ไร้คนขับทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 2035 (Boudette & Davenport, 2021) ในขณะเดียวกันผู้ผลิต Mercedes-Benz, Ford และ Volvo ก็ได้ประกาศเป้าหมายในทำนองเดียวกัน (Plumer & Tabuchi, 2021) ผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติญี่ปุ่น Honda ได้ประกาศจุดยืนชัดเจนว่าจะเลิกผลิตรถยนต์ ICE ทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 2040 (Inagaki, 2021) และแม้แต่ผู้ผลิต Toyota เองที่เชื่อมั่นว่ารถยนต์ในอนาคตจะเป็นรถยนต์ไฮบริดมาโดยตลอด ก็จำเป็นต้องผลิตรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อรักษาส่วนแบ่งทางการตลาดของตนเช่นกัน (ฐานเศรษฐกิจ, 2564a)

การเข้าสู่ตลาดของผู้ผลิตรายใหม่อันได้แก่ Tesla และผู้ผลิตจากประเทศจีนที่ตั้งเป้าเพื่อที่จะเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 2009 จนปัจจุบันมีโรงงานผลิตแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ (Mega factory) กว่าร้อยแห่ง ทำให้ผู้ผลิตรายเดิมต้องใช้กลยุทธ์ตอบโต้เพื่อรักษาสถานะลูกค้าของตนไว้ รวมไปถึงการสร้างพันธมิตรทางธุรกิจ ดังที่เห็นเป็นปรากฏการณ์ความร่วมมือกันระหว่างผู้ผลิตรถยนต์และผู้ผลิตแบตเตอรี่รายใหญ่จากประเทศจีนเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยราคาที่ลดลง เช่น การร่วมมือระหว่างผู้ผลิต BMW กับ CATL (Nikkei Asia, 2018) และผู้ผลิต Mercedes-Benz เข้าเป็นพันธมิตรทางธุรกิจกับ Farasis Energy (Tabeta, 2020)

ผลดังกล่าวเมื่อผนวกกับผลของการทำตลาดเชิงรุกของผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนที่นำมาจำหน่ายในประเทศไทย ทำให้ราคารถยนต์ไฟฟ้าของจีนรุ่นใหม่มีราคาไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของรถยนต์ไฟฟ้าของคู่แข่งในตลาดที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน⁵ และราคาดังกล่าวเริ่มเข้าใกล้กับราคาของรถยนต์ ICE มากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนบางรายยังใช้กลยุทธ์เพื่อขยายฐานลูกค้าไปยังกลุ่มรถขนส่งสาธารณะ เช่นผู้ผลิต MG ประกาศนำรถยนต์ MG EP เข้ามาเพื่อแปลงเป็นรถแท็กซี่โดยเฉพาะ พร้อมเงื่อนไขการรับประกันแบตเตอรี่ที่นานกว่ารุ่นปกติ (ฐานเศรษฐกิจ, 2564b) ทำให้ผู้ประกอบการรถแท็กซี่สาธารณะมีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นตัวเลือกในการให้บริการมากยิ่งขึ้น

ความคุ้มค่าในการเปลี่ยนมาใช้รถแท็กซี่ไฟฟ้าแทนรถยนต์แบบเดิมเพื่อให้บริการขนส่งสาธารณะเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาให้รอบด้าน วิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมแพร่หลายคือการวิเคราะห์ “ต้นทุนรวมการเป็นเจ้าของ (Total cost of ownership: TCO)” เนื่องจากสามารถประเมินความคุ้มค่าในการใช้งานรถแท็กซี่ ICE เปรียบเทียบกับรถแท็กซี่ไฟฟ้า โดยคำนึงถึงต้นทุนเอกชน (Private cost) ซึ่งประกอบด้วยราคาซื้อรถแท็กซี่รวมกับค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

⁵ ในกรณีรถยนต์ไฟฟ้าของจีนที่ขายในประเทศไทยส่วนหนึ่งเป็นผลจากการได้รับยกเว้นภาษีนำเข้าภายใต้กรอบความตกลงการค้าเสรีอาเซียน-จีน ในขณะที่รถยนต์ไฟฟ้านำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และยุโรปต้องเสียภาษีนำเข้าในอัตราร้อยละ 20 40 และ 80 ตามลำดับ (ฐานเศรษฐกิจ, 2564c)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

และต้นทุนที่เกิดกับสังคมจากผลกระทบภายนอก (External cost) ตลอดจนอายุการใช้งานของรถแท็กซี่ทั้งสองประเภท อีกทั้งยังสามารถประเมินประสิทธิผลของมาตรการส่งเสริมของรัฐทั้งที่เป็นมาตรการทางภาษีและมีใช้ภาษีเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนผ่านสู่การขนส่งสาธารณะที่ใช้ยานยนต์พลังงานสะอาดได้อีกด้วย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแนวคิด TCO มาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการใช้รถแท็กซี่ ICE กับรถแท็กซี่ไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยรวมต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ รวมถึงวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันแข่งขันในระยะยาวของรถแท็กซี่แต่ละประเภทภายใต้กรอบระยะเวลาของเป้าหมาย ZEV ในระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578 โดยใช้ “แบบจำลองสถานะเสมอภาคของ TCO หรือที่เรียกว่า TCO parity” เพื่อประเมินประสิทธิผลของมาตรการส่งเสริมของภาครัฐที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนผ่านสู่การขนส่งสาธารณะที่ใช้ยานยนต์พลังงานสะอาดได้เร็วขึ้น

ในส่วนถัดไปของบทความนี้จะกล่าวถึงกรอบแนวคิด และวิธีการคำนวณ TCO และ TCO parity ของรถแท็กซี่ ICE และรถแท็กซี่ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลและข้อสมมติที่จะกล่าวถึงในส่วนที่ 3 ในส่วนที่ 4 จะนำเสนอผลการศึกษาในกรณีฐานและผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) และส่วนสุดท้ายคือบทสรุปและนัยยะเชิงนโยบาย

2. กรอบแนวคิดและวิธีการศึกษา

หลักการคำนวณค่า TCO คือการหาผลรวมมูลค่าปัจจุบัน (Present value) ของค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตตลอดช่วงอายุที่เป็นเจ้าของและใช้งานสินค้านั้น การนำค่า TCO มาประเมินความคุ้มค่าจึงมีความเหมาะสมกว่าการประเมินความคุ้มค่าด้วยราคาซื้อรถยนต์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ หากค่า TCO ของรถยนต์ที่คำนวณได้มีค่าต่ำ แสดงว่ารถยนต์ประเภทนั้นจะมีความคุ้มค่าในการใช้งานกว่ารถยนต์ที่มีค่า TCO สูง

งานของ Delucchi and Lipman (2001) เป็นงานศึกษากลุ่มแรกที่น่าแนวคิด TCO มาใช้วิเคราะห์ความคุ้มค่าของรถยนต์ ก่อนจะถูกนำไปปรับปรุงและใช้อย่างแพร่หลายตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งผลการศึกษามีความหลากหลาย แตกต่างกันไปตามข้อสมมติ พื้นที่ และเวลาที่ศึกษา เช่น Kromer and Heywood (2007) ศึกษาต้นทุนของรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศอเมริกา แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่ารถยนต์ประเภทใดมีต้นทุนต่ำที่สุดได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เป็นไปได้ที่มีอยู่หลากหลาย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Proppe et al. (2012) ที่ศึกษากรณีตลาดรถยนต์ในประเทศเยอรมัน หรือ Hagman et al. (2018) ที่นำแนวคิด TCO ไปประยุกต์เพื่อศึกษาความคุ้มค่าของนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นแท็กซี่ในกรุงสต็อกโฮล์มประเทศสวีเดน โดยสร้างฟังก์ชันรายรับอย่างง่ายเพื่อประเมินกำไรสุทธิของธุรกิจ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า รถแท็กซี่ไฟฟ้าจะสร้างกำไรให้มากกว่ารถแท็กซี่ ICE หากมีสถานีอัดประจุไฟฟ้ามากเพียงพอ งานของ Breetz and Salon (2018) นำแนวคิด TCO ไปประเมินต้นทุนของรถยนต์ ICE รถยนต์ไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้า ในเมืองต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา และพบว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีต้นทุนจากราคาซื้อและค่าเสื่อมราคาสูง หักล้างกับข้อได้เปรียบจากค่าเชื้อเพลิง หรือ Pavlenko et al. (2019) ที่นำแนวคิด TCO ไปประเมินต้นทุนในธุรกิจการแบ่งปัน

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ยานพาหนะ (Shared mobility) ในรูปแบบต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งพบว่ารถยนต์ไฟฟ้าจะมีต้นทุนต่ำกว่ารถยนต์ ICE และรถไฮบริด เป็นต้น

งานศึกษาเหล่านี้จะเริ่มต้นโดยการนำเสนอผลการคำนวณค่า TCO ในกรณีฐาน (Base) และใช้สถานการณ์จำลองต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของค่า TCO โดยมักจะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่า TCO ที่มีต่อมาตรการส่งเสริมของภาครัฐ ซึ่งช่วยให้ภาครัฐสามารถวิเคราะห์ประสิทธิผลของมาตรการส่งเสริมที่ภาครัฐควรใช้เพื่อทำให้รถยนต์ไฟฟ้ามีต้นทุนที่ต่ำกว่ารถยนต์ ICE ได้

บทความนี้ได้นำวิธีการคำนวณ TCO โดยเฉพาะ “ต้นทุนเอกชน” จากงานศึกษาของ Wu et al. (2015) มาประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับบริบทของการประกอบกิจการรถแท็กซี่ของประเทศไทย ดังนี้

$$TCO_t = \sum_{t=1}^N \left[\frac{(P-R)\delta_t + F_t + M_t + I_t + S_t + T_t}{(1+r)^t} \right] \quad (1)$$

โดยที่ t คือ ปีที่ใช้งานตั้งแต่ปีแรกจนถึงปีสิ้นสุด N หรือ $t \in [1, 2, \dots, N]$, P คือ ราคาซื้อรถยนต์, R คือ ราคาขายต่อรถยนต์, δ คือ ค่าปรับสภาพตามอายุการใช้งาน, F คือ ค่าเชื้อเพลิง, M คือ ค่าบำรุงรักษา, I คือ ค่าดอกเบี้ยจ่ายที่เกิดจากการเช่าซื้อรถยนต์, S คือ ค่าประกันภัยรถยนต์, T คือ ค่าภาษีประจำปี และ r คือ อัตราคิดลด (Discount rate)

จากสมการที่ 1 ค่าของ TCO ประกอบด้วย ต้นทุนค่าเสื่อมราคารถยนต์ (Depreciation) ที่คำนวณจากส่วนต่างระหว่างราคาซื้อและราคาขายต่อรถยนต์ ที่ถูกปรับสภาพตามอายุการใช้งาน (δ) ตัวปรับสภาพอายุการใช้งานที่นำมาคำนวณค่าเสื่อมราคามีหลากหลายวิธี แต่หนึ่งในวิธีที่นิยมใช้ในกรณีคิดค่าเสื่อมรถยนต์คือวิธี Sum of year' digits ที่กำหนดให้ค่าเสื่อมจากการใช้งานในปีแรกสูงกว่าปีท้าย ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของรถยนต์ที่ราคาในปีต้นจะลดลงเร็วกว่าในปีท้าย (สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง, 2548) ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวปรับสภาพกับอายุการใช้งานได้เป็น $\delta_t = 2(N - t + 1)/N(N + 1)$

ค่าเชื้อเพลิงต่อปี (F) คำนวณจาก ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วย (P_F) จำนวนกิโลเมตรที่เดินทางต่อปีของรถยนต์ (Vehicle Kilometer Traveled: VKT) และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Kilometer per unit: KPU) ดังนั้นค่าเชื้อเพลิง ณ ปีที่ t ของรถแท็กซี่ ICE สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$F_{ICE,t} = P_{Fuel,t} \times (VKT/KPU_{Fuel}) \quad (2)$$

โดยที่ P_{Fuel} คือราคาต่อหน่วยเชื้อเพลิงของรถ ICE และ KPU_{Fuel} คือ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลเมตรต่อหน่วยเชื้อเพลิง) ค่าเชื้อเพลิงของรถแท็กซี่ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสูตรเดียวกัน คือ

$$F_{Electricity,t} = P_{Electricity,t} \times (VKT/KPU_{Electricity}) \quad (3)$$

โดยที่ $P_{Electricity}$ คือราคาต่อหน่วยไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) และ $KPU_{Electricity}$ คืออัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า (กิโลเมตรต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ค่าบำรุงรักษาต่อปี (M) ประกอบด้วย ผลรวมของค่าใช้จ่ายเพื่อเปลี่ยนอะไหล่สิ้นเปลืองต่าง ๆ เช่น ผ้า เบรก ยางล้อ การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ น้ำมันเบรก น้ำมันหล่อลื่น ตลอดจนค่าดำเนินการรายชั่วโมง ของศูนย์บริการ ฯลฯ กรณีของรถแท็กซี่ไฟฟ้าจะมีค่าใช้จ่ายเพื่อเปลี่ยนแบตเตอรี่เพิ่มเติมเมื่อถึงจำนวนกิโลเมตรที่กำหนด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนที่ 3)

ดอกเบี้ยจ่ายรายปีในกรณีเช่าซื้อรถยนต์ คำนวณได้จาก $I_t = (P - D)i_t$ โดยที่ จำนวนเงินกู้สำหรับเช่าซื้อเท่ากับส่วนต่างระหว่างราคาซื้อและเงินดาวน์ (D) และ i_t คืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่อปี (ร้อยละ) ค่าประกันภัยต่อปี (S) กำหนดให้เป็นไปตามการประกันภัยยานยนต์ภาคบังคับ และ ค่าภาษีรถยนต์ประจำปี (T) ให้เป็นไปตามอัตราที่กำหนดใน พ.ร.บ. การขนส่งทางบก

ต้นทุนที่กล่าวมาข้างต้นรวมกันเรียกว่าต้นทุนเอกชนหรือต้นทุนในรูปตัวเงินที่เกิดกับผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม การใช้งานรถยนต์ยังมีต้นทุนผลกระทบภายนอก (External cost) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการใช้รถยนต์ ICE ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ งานศึกษาของ Theil et al. (2010), van Vliet et al. (2011) และ Bubeck et al. (2016) ได้คำนวณมูลค่าผลกระทบภายนอกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่จะลดลงหากเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ไฟฟ้า ในขณะที่งานศึกษาอีกจำนวนหนึ่ง ครอบคลุมไปถึงต้นทุนผลกระทบภายนอกจากมลพิษทางอากาศด้วย (Prud'homme & Koning, 2012 และ Zhao et al., 2015) แต่งานเหล่านี้ไม่ได้นำค่าที่คำนวณได้เข้าไปรวมกับ TCO ของรถยนต์โดยตรงต่างจากงานของ Tseng et al. (2013) และ Danielis et al. (2019) ที่รวมต้นทุนส่วนนี้เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของ TCO และแยกการวิเคราะห์เป็น TCO จากต้นทุนเอกชน และ TCO ของสังคม

ในบทความนี้ จะคำนวณ “ต้นทุนผลกระทบภายนอก” จากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและจากปริมาณมลพิษทางอากาศ โดยกำหนดให้ต้นทุนผลกระทบภายนอกจากก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย ผลกระทบจากการปล่อย CO_2 และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในขณะที่ต้นทุนผลกระทบภายนอกจากปริมาณมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วย ผลกระทบภายนอกจากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ไนโตรเจนไตรไฮไดรด์ (NH_3) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่ใช่มีเทน (NMVOC) และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้ถูกปล่อยจากท่อไอเสียของรถยนต์ ICE ขณะขับเคลื่อน (Vehicle operation) สามารถคำนวณปริมาณมลพิษทั้งหมดได้จาก

$$Emission_{i,t} = e_i \times VKT \quad (4)$$

โดยที่ $Emission_{i,t}$ คือ ปริมาณมลพิษชนิดที่ i ที่ถูกปล่อยทั้งหมด ณ เวลา t และ e_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยมลพิษ (Emission factor) มีหน่วยเป็นกรัมต่อกิโลเมตร

แม้การใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจะไม่มี การปล่อยสารมลพิษ และไม่สร้างต้นทุนผลกระทบภายนอกขณะขับเคลื่อน แต่ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง (Fuel production) ทั้งเชื้อเพลิงฟอสซิล และไฟฟ้า ยังมีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 บทความนี้จะรวมต้นทุนผลกระทบภายนอกจาก CO_2 ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เพื่อให้การวิเคราะห์ครอบคลุมต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นตั้งแต่การผลิตเชื้อเพลิงจนถึงการใช้งานรถยนต์ (Well-to-Wheel) โดยสามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CO_2 จากกระบวนการผลิต

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

เชื้อเพลิงต่อหน่วยกับจำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด จากนั้นจึงนำปริมาณมลพิษที่คำนวณได้ทั้งหมดไปคูณกับมูลค่าผลกระทบต่อหน่วยในรูปตัวเงิน (Social cost factor: SCF_i) เพื่อแปลงเป็นมูลค่าต้นทุนผลกระทบภายนอก (External social cost: ESC) โดยปรับปรุงจากแนวทางการคำนวณที่เสนอโดย World Resource Institution (2016) และ European commission (2020) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 5

$$ESC_t = \sum_i (Emission_{i,t} \times SCF_{i,t}) \quad (5)$$

ดังนั้นค่า TCO ณ ปีที่ t ที่สะท้อนต้นทุนของสังคมหรือต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ คำนวณจากผลรวมของต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอก ดังนี้

$$TCO_t + \sum_{t=1}^N ESC_t / (1 + r)^t \quad (6)$$

อย่างไรก็ตาม ค่า TCO ที่คำนวณได้ข้างต้น เป็นเพียงการพิจารณาต้นทุน ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง จึงไม่สามารถแสดงแนวโน้มของ TCO ในระยะยาวได้ งานศึกษาหลายงานจึงได้นำแนวคิด TCO parity มาพิจารณาแนวโน้มค่า TCO ในอนาคตของรถยนต์แต่ละประเภท เช่น Theil et al. (2010), van Vliet et al. (2011), Wu et al. (2015), Bubeck et al. (2016), Harvey (2018), van Velzen (2019), Scorrano et al. (2020) และ Element energy (2021)) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สถานการณ์ที่ราคาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีแนวโน้มลดลง ค่า TCO ของรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคตจึงน่าจะมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ตรงข้ามกับแนวโน้มของรถยนต์ ICE ที่อาจจะคงที่ (หรือเพิ่มขึ้น) จากแรงกดดันด้านราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นต่อเนื่องทุกปี สมมติฐานนี้นำไปสู่การตั้งข้อสังเกตว่า ณ จุดหนึ่งของเวลา ค่า TCO ของรถยนต์ที่ศึกษาจะเท่ากันในปีใดปีหนึ่ง และรถยนต์ไฟฟ้าจะสามารถแทนที่รถยนต์ ICE ได้ในที่สุด

แบบจำลอง TCO parity จึงเป็นการนำค่า TCO หลาย ๆ ค่าที่ต่างช่วงเวลากันในอนาคตมาสร้างเป็นแนวโน้ม (Trend) เพื่อศึกษาว่าเมื่อเวลาผ่านไปแนวโน้มค่า TCO ของรถยนต์ไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรตลอดช่วงอายุในอีก 10-20 ปีข้างหน้า และ ณ เวลาใดที่ค่า TCO ของรถยนต์ไฟฟ้าจะเท่ากับ (หรือต่ำกว่า) รถยนต์ ICE ณ จุดที่เส้นแนวโน้มของค่า TCO ตัดกันจึงเรียกว่าสถานะเสมอภาค (Parity) การศึกษานี้ต้องการหา “จุดของเวลา” ที่เกิด TCO parity นั้นเอง

ในการคำนวณค่า TCO จะต้องคำนวณทั้งสิ้น 15 ค่า ตั้งแต่เวลา ณ ปีที่ t จนถึง $t + 14$ ($TCO_t, TCO_2, \dots, TCO_{t+14}$) โดยกำหนดให้ปีที่ t เท่ากับปี พ.ศ. 2564 และปีสุดท้าย $t + 14$ เท่ากับ พ.ศ. 2578 ซึ่งเป็นปีที่สิ้นสุดตามเป้าหมาย ZEV ของคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ ดังนั้นค่าตัวแปรที่ใช้คำนวณตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 เป็นต้นไป จึงเป็นค่าพยากรณ์ตามข้อสมมติที่ใช้ในการศึกษา

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

3. ข้อมูลและข้อสมมติที่ใช้ในการศึกษา

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในบทความนี้ คือ จะต้องเป็นรถยนต์ที่จำหน่ายในตลาดรถยนต์ของประเทศไทยและนำไปใช้ให้บริการเป็นรถรับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 ที่นั่ง ในระหว่างที่ทำการศึกษา

จากข้อมูลจดทะเบียนสะสมของกรมขนส่งทางบก ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ยี่ห้อรถยนต์ที่นิยมนำมาจดทะเบียนเป็นรถแท็กซี่มากที่สุดคือ Toyota คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 96.6 ของรถยนต์ที่จดทะเบียนเป็นรถแท็กซี่ทั้งหมด และรุ่นที่ได้รับความนิยมสูงสุด คือ Toyota Corolla ALTIS ดังนั้น ในบทความนี้ ตัวแทนของรถแท็กซี่ ICE คือ Toyota Corolla ALTIS 1.6Limo รุ่นปี 2021 ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า Toyota ALTIS ในการให้บริการรถแท็กซี่รุ่นนี้จะติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์ (Natural Gas Vehicles: NGV) หรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน⁶

รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างมีด้วยกัน 2 รุ่น คือรถยนต์ BYD e6 MY2021 ซึ่งเป็นรถแท็กซี่ไฟฟ้ารุ่นเดียวกับรถแท็กซี่ไฟฟ้าภายใต้โครงการ EV Taxi VIP ในปี พ.ศ. 2561 แต่รถยนต์ไฟฟ้าที่นำมาเป็นตัวแทนในงานศึกษานี้จะเป็นรุ่นใหม่ที่มีราคาซื้อถูกลง ขนาดแบตเตอรี่เล็กลงและประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองพลังงานดีขึ้นสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าอีกรุ่นคือ MG EP ที่นำมาจำหน่ายเพื่อใช้เป็นรถแท็กซี่โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2564 (ฐานเศรษฐกิจ, 2564b)

3.1 ราคาซื้อและค่าเสื่อมราคารถยนต์

บทความนี้อ้างอิงราคารถยนต์ทุกประเภทจากตัวแทนจำหน่ายอย่างเป็นทางการในประเทศ โดย Toyota ALTIS มีราคาจากตัวแทนอยู่ที่ 839,000 บาท เมื่อรวมกับค่าใช้จ่ายเพื่อทำสีตัวถังและติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแท็กซี่ และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งตัวถังสำหรับบรรจุก๊าซ NGV (หรือ LPG) จะมีราคาซื้อรวมประมาณ 969,000 บาท⁷ สำหรับรถแท็กซี่ไฟฟ้า BYD e6 มีราคาจำหน่ายจากตัวแทนอยู่ที่ 1,390,000 บาท และเมื่อรวมอุปกรณ์สำหรับรถแท็กซี่ ราคาจะอยู่ที่ 1,486,100 บาท ในขณะที่ MG EP มีราคาจำหน่ายรวมอุปกรณ์สำหรับรถแท็กซี่เท่ากับ 1,067,000 บาท

ค่าเสื่อมราคาของรถแท็กซี่ ICE คำนวณโดยกำหนดให้รถยนต์ที่นำมาใช้งานมีอายุทั้งสิ้น 9 ปี ($N = 9$) และขายต่อในรูปแบบของรถแท็กซี่ปลดป้ายในตลาดรถมือสอง เนื่องจากเป็นรถที่ผ่านการใช้งานหนักมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน กำหนดให้ราคาขายต่อเหลือเพียงร้อยละ 5 ของราคาซื้อ ซึ่งใกล้เคียงกับราคาของรถแท็กซี่ปลดป้ายในตลาดรถมือสอง ในกรณีราคาขายต่อของรถแท็กซี่ไฟฟ้า กำหนดให้มีมูลค่าคงเหลือในสัดส่วนเดียวกันกับรถแท็กซี่ ICE เนื่องจากการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าของไทยยังอยู่ในระยะเริ่มแรก และยังไม่ปรากฏข้อมูลราคาในตลาดรถมือสองที่ผ่านการใช้งาน

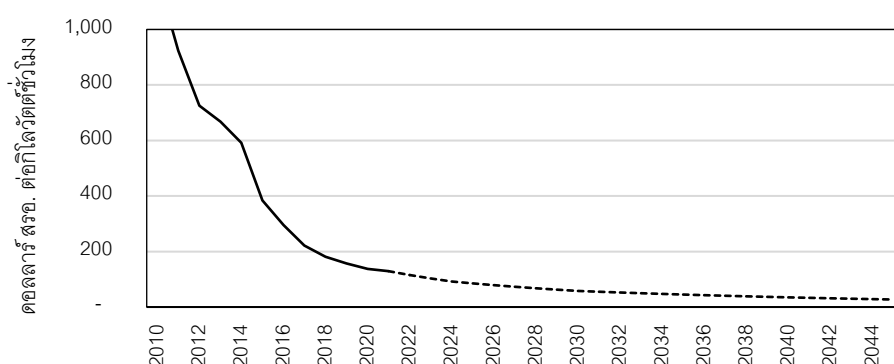
⁶ คิดเป็นสัดส่วนรวมสูงกว่าร้อยละ 97.1 ของจำนวนรถแท็กซี่จดทะเบียนสะสมจำแนกตามเชื้อเพลิง ณ วันที่ 31 ธ.ค. 2564 ของกรมขนส่งทางบก

⁷ ข้อมูลราคาอุปกรณ์และการค่าใช้จ่ายทำสีจากบริษัทโตโยต้า เอ็มไพร์ส จำกัด

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ในงานศึกษานี้ ได้กำหนดให้ราคาซื้อของรถแท็กซี่ ICE ในอนาคตมีราคาคงที่ ในขณะที่ ได้กำหนดให้ราคาซื้อของรถแท็กซี่ไฟฟ้าในอนาคตเปลี่ยนแปลงตามราคาแบตเตอรี่ที่เป็นองค์ประกอบต้นทุนที่สำคัญที่สุด รายงานของ Bloomberg New Energy Finance (2020) พยากรณ์ว่าราคาแบตเตอรี่จะลดลงอย่างรวดเร็วจากที่เคยสูงเกินกว่า 1,000 ดอลลาร์ สหรัฐ. ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี ค.ศ. 2010 คาดว่าจะลดลงเหลือ 45 ดอลลาร์ สหรัฐ. ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ภายในปี ค.ศ. 2035 หรือลดลงเฉลี่ยร้อยละ 7.4 ต่อปีจนถึงปี ค.ศ. 2030 และลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.9 ต่อปีจนถึงปี ค.ศ. 2035 งานศึกษานี้สมมติให้ราคาของแบตเตอรี่ลดลงในอัตราเดียวกันจนถึงปี ค.ศ. 2043 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของข้อมูลที่ต้องการสำหรับการคำนวณ⁸ แนวโน้มราคาแบตเตอรี่แสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แนวโน้มราคาแบตเตอรี่ต่อหน่วยของรถแท็กซี่ไฟฟ้า



ที่มา: Bloomberg New Energy Finance 2020 และปรับปรุงค่าในอนาคตโดยผู้เขียน

ราคาของรถแท็กซี่ไฟฟ้าในอนาคตคำนวณจากราคาของรถยนต์ที่รวมเฉพาะค่าประกันและค่าขนส่ง (Cost, Insurance and Freight: CIF) ไม่รวมแบตเตอรี่ ในปี t ($P_{CIF,t}$) จากนั้นนำราคา CIF ที่คำนวณได้ไปรวมกับราคาแบตเตอรี่ที่ประมาณการไว้ ดังนั้น ราคา CIF ของรถยนต์ไฟฟ้าในปี $t + j$ โดยที่ $j \in [1, 2, \dots, 14]$ สามารถแสดงด้วยความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$P_{CIF,t+j} = P_{CIF,t} + P_{Battery,t+j} \quad (7)$$

โดยที่ ราคาแบตเตอรี่ในปี t ($P_{Battery,t}$) คำนวณจากราคาแบตเตอรี่ต่อหน่วยคูณกับค่าความจุแบตเตอรี่ของรถยนต์แต่ละรุ่นและปรับค่าให้เป็นสกุลเงินบาทโดยใช้ค่าเฉลี่ยอัตราแลกเปลี่ยนของปี พ.ศ. 2564 ของธนาคารแห่งประเทศไทย (32.0 บาทต่อดอลลาร์สหรัฐ) ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้คำนวณอ้างอิงจากเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของค่ายรถยนต์ โดยกำหนดให้ความจุแบตเตอรี่ของ BYD e6 และ MG EP เท่ากับ 71.7 และ 50.3 กิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ

⁸ ปีสุดท้ายที่ซื้อรถยนต์ภายใต้เป้าหมาย ZEV และรวมระยะเวลาถือครองอีก 9 ปี ดังนั้นปีสิ้นสุดที่ต้องการข้อมูลคือปี พ.ศ. 2586

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ในลำดับต่อมาคือการคำนวณราคาซื้อรถแท็กซี่ในอนาคต โดยใช้ราคา CIF ที่คำนวณได้บวกด้วยภาษีประเภทต่าง ๆ กำหนดให้การนำเข้าได้รับยกเว้นภาษีนำเข้า แต่ต้องเสียภาษีสรรพสามิตร้อยละ 8 ภาษีเพื่อมหาดไทยร้อยละ 10 ของภาษีสรรพสามิตที่ถูกเรียกเก็บ และภาษีมูลค่าเพิ่มร้อยละ 7 หรือ $P_{t+j} = 1.07[P_{CIF,t+j} + 0.88P_{CIF,t+j}]$

3.2 ค่าเชื้อเพลิง

ราคาเชื้อเพลิงที่นำมาคำนวณค่าเชื้อเพลิง อ้างอิงราคาขายปลีกก๊าซ NGV และ LPG เฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2564 จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เท่ากับ 14.8 บาทต่อกิโลกรัม และ 10.2 บาทต่อลิตร ตามลำดับ

ราคาก๊าซ NGV ในอนาคตกำหนดให้มีอัตราการเติบโตต่อปีเท่ากับร้อยละ 2 เท่ากับค่าเฉลี่ยของอัตราการเติบโตของราคาก๊าซ NGV ย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2558-2564 ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่ไม่มีการตรึงราคาก๊าซ NGV ในขณะที่ราคาก๊าซ LPG ในอนาคตเติบโตในอัตราที่เท่ากัน ภายใต้ข้อสมมติว่าก๊าซ NGV และ LPG สามารถนำมาใช้งานกับรถยนต์ ICE ได้ทั้งคู่ และเพื่อให้ราคาก๊าซทั้งสองชนิดเติบโตในอัตราที่ไม่แตกต่างกันจนเกินไป อีกทั้งทั้งก๊าซ NGV และ LPG ที่ใช้งานส่วนใหญ่มาจากการผลิตใช้เองในประเทศ นอกจากนี้ โครงสร้างราคาก๊าซ LPG ของไทยได้รับการแทรกแซงจากรัฐผ่านเครื่องมือทางด้านภาษีและกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง จึงไม่สามารถนำค่าพยากรณ์ราคาก๊าซธรรมชาติในตลาดโลกมาใช้อ้างอิงกับประเทศไทยได้

ในการคำนวณค่าไฟฟ้าของรถแท็กซี่ไฟฟ้าจะใช้อัตราค่าไฟฟ้าตามมติของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) และมติคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) เท่ากับ 2.6369 บาทต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง จนถึงปี พ.ศ. 2568 และใช้อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับกิจการขนาดเล็กหลังปี พ.ศ. 2568 เป็นต้นไปสำหรับผู้ประกอบการสหกรณ์แท็กซี่ โดยคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราช่วงเวลการใช้ (Time of use: TOU) และมีการชาร์จในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำเท่านั้น (Off-peak) สำหรับกรณีรถแท็กซี่ส่วนบุคคล สมมติให้ชาร์จไฟในที่พักอาศัยในช่วง Off-peak ซึ่งมีอัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 2.6369 บาทต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมงเช่นกัน สำหรับค่าไฟฟ้าตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) กำหนดให้เท่ากับค่า Ft เฉลี่ยของปี พ.ศ. 2564

ทั้งนี้ ราคาไฟฟ้าในอนาคตกำหนดให้ปรับตัวเท่ากับอัตราการเติบโตของราคาน้ำมันโลกที่ประมาณการโดย U.S. Energy Information Administration (2021)⁹ และสมมติให้ปรับเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 3.0 ทุก ๆ 4 ปี ตามรอบการพิจารณาโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของ กกพ. เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าของไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก ราคาซื้อขายก๊าซธรรมชาติอ้างอิงตามราคาน้ำมันดิบ จึงส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าและค่า Ft ได้รับผลกระทบจากราคาน้ำมันดิบในตลาดโลก

อัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถแท็กซี่ Toyota ALTIS ที่ใช้ก๊าซ NGV และ LPG กำหนดให้เท่ากับ 11.1 กิโลเมตรต่อลิตร และ 15.26 กิโลเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อ้างอิงจากการทดสอบของกรมธุรกิจพลังงาน (บุญสม, 2549) สำหรับรถแท็กซี่ไฟฟ้า BYD e6 กำหนดให้มีอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้าเท่ากับ 5.85 กิโลเมตรต่อกิโลวัตต์

⁹ EIA ประมาณการณ์อัตราการเติบโตของน้ำมันดิบระหว่างปี ค.ศ. 2020-2050 อยู่ที่ร้อยละ 3.0 ต่อปี (Reference case)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ชั่วโมง อ้างอิงจากเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของผู้ผลิตรถยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ไฟฟ้า MG EP กำหนดให้เท่ากับ 6.49 กิโลเมตรต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่ระบุใน Eco-sticker ของกระทรวงการคลังและกระทรวงอุตสาหกรรม การคำนวณในบทความนี้กำหนดให้อัตราการสิ้นเปลืองของรถยนต์ทุกประเภทคงที่ตลอดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ ยังกำหนดให้รถแท็กซี่ทุกประเภทมีระยะทางวิ่งต่อปีเท่ากับ 120,000 กิโลเมตร¹⁰

3.3 ค่าบำรุงรักษา

ค่าบำรุงรักษารายปีอ้างอิงตามเกณฑ์การบำรุงรักษาของผู้ผลิตรถยนต์แต่ละราย รายการอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละรายการจะเกิดเมื่อระยะทางใช้งานถึงกำหนด ซึ่งรายการซ่อมบำรุงของรถแท็กซี่ไฟฟ้าจะต่ำกว่ารถแท็กซี่ ICE เนื่องจากไม่มีระบบเครื่องยนต์ที่ซับซ้อน ราคาอะไหล่ จำนวนชั่วโมง และค่าแรงต่อชั่วโมงใช้ข้อมูลที่กำหนดจากผู้ผลิตรถยนต์และศูนย์บริการดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

สำหรับรถแท็กซี่ไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนของรถแท็กซี่ไฟฟ้าจะต่างจากรายการอื่น เนื่องจากเป็นรายการที่เกิดขึ้นในอีก 4-5 ปีข้างหน้า นับจากวันที่ซื้อ ข้อมูลราคาแบตเตอรี่จึงเป็นค่าพยากรณ์ราคาแบตเตอรี่ตามรายละเอียดที่ปรากฏในหัวข้อ 3.1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการซ่อมบำรุงของรถแท็กซี่ที่ใช้ในงานศึกษา

รายการ	ชั่วโมง	Toyota ALTIS		BYD e6		MG EP	
		กำหนดเปลี่ยน	ราคา (บาท)	กำหนดเปลี่ยน	ราคา (บาท)	กำหนดเปลี่ยน	ราคา (บาท)
เช็กระยะ	1.00	ทุก 10,000 กม.	495.00	ทุก 10,000 กม.	460.00	ทุก 10,000 กม.	450.00
น้ำมันเครื่อง	0.25	ทุก 10,000 กม.	1,038.00	-	-	-	-
กรองน้ำมันเครื่อง	0.25	ทุก 10,000 กม.	225.00	-	-	-	-
ไส้กรองอากาศ	0.20	ทุก 20,000 กม.	444.00	-	-	-	-
ไส้กรองแอร์	0.20	ทุก 20,000 กม.	460.00	ทุก 20,000 กม.	430.00	ทุก 40,000 กม.	700.00
หัวเทียน	1.80	ทุก 60,000 กม.	3,300.00	-	-	-	-
น้ำมันเกียร์ ^{1/}	0.90	ทุก 40,000 กม.	1,142.00	-	-	ทุก 80,000 กม.	1,511.00
น้ำมันเบรก ^{2/}	1.10	ทุก 40,000 กม.	220.00	ทุก 40,000 กม.	282.00	ทุก 60,000 กม.	489.00
ยาง	1.00	ทุก 40,000 กม.	7,850.00	ทุก 40,000 กม.	7,850.00	ทุก 40,000 กม.	7,850.00
ผ้าเบรก	2.00	ทุก 50,000 กม.	2,380.00	ทุก 50,000 กม.	1,910.00	ทุก 50,000 กม.	1,910.00
แบตเตอรี่	0.20	ทุก 3 ปี	2,300.00	ทุก 3 ปี	2,300.00	ทุก 3 ปี	2,300.00
แบตเตอรี่ลิเทียม ^{3/}	1.50	-	-	ทุก 500,000 กม.	ค่าพยากรณ์	ทุก 600,000 กม.	ค่าพยากรณ์

ที่มา: โดยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย เอ็มจี เซลส์ (ประเทศไทย) และ ภูรี และคณะ (2562)

หมายเหตุ:

^{1-2/} MG EP ใช้เวลาเปลี่ยนน้ำมันเกียร์และน้ำมันเบรก 0.6 และ 0.9 ชั่วโมง ตามลำดับ

^{3/} BYD e6 ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ในปีที่ 5 และ 9 MG EP ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ปีที่ 5

กม. ย่อมาจาก กิโลเมตร

¹⁰ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ตัวแทนสหกรณ์แท็กซี่ (ภูรี และ เพ็ชรรินทร์, 2563)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

3.4 ดอกเบี้ย อัตราคิดลด ภาษีรถยนต์ และค่าเบี้ยประกันภัย

กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยสำหรับเช่าซื้อเป็นอัตราคงที่ (Flat Interest Rate) โดยผู้ซื้อต้องเสียดอกเบี้ยคงที่ตลอดเวลาผ่อนชำระ เนื่องจากอัตราดอกเบี้ยที่ผู้ซื้อเผชิญมีหลายอัตรา ขึ้นอยู่กับเงินดาวน์ และระยะเวลาผ่อนชำระ บทความนี้จึงกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเช่าซื้อเท่ากับร้อยละ 6 ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยดอกเบี้ยสินเชื่อรถยนต์ใหม่ในปี พ.ศ. 2564 ของธนาคารพาณิชย์ 6 แห่ง และกำหนดให้ต้องวางเงินดาวน์ร้อยละ 20 ของราคาซื้อรถยนต์ชำระรวมทั้งสิ้น 48 งวด ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการได้รับอัตราดอกเบี้ยที่เป็นค่ากลางของธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่¹¹

บทความนี้กำหนดให้อัตราคิดลดสำหรับใช้ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง (Risk free rate) ในอัตราร้อยละ 2.5 เท่ากับอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยพันธบัตรรัฐบาลอายุ 10 ปี ของกระทรวงการคลัง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

ในการเก็บภาษีรถยนต์ประจำปี รถแท็กซี่จัดอยู่ในประเภทรถยนต์รับจ้าง จึงเข้าเกณฑ์การจดทะเบียนภาษีรถยนต์ประจำปีตามน้ำหนัก และในกรณีของรถแท็กซี่ไฟฟ้าจะได้รับการยกเว้นภาษีหนึ่ง (กรมการขนส่งทางบก 2559) ดังนั้นภาษีรถยนต์ประจำปีของ Toyota ALTIS, BYD e6 และ MG EP เท่ากับ 685, 530 และ 437.5 บาทต่อปี ตามลำดับ

ค่าเบี้ยประกันภัยต่อปีสำหรับรถแท็กซี่ กำหนดให้เป็นการทำประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (Compulsory Motor Insurance) หรือประกันภัย พ.ร.บ. ซึ่งกำหนดเป็นอัตราเบี้ยคงที่อัตราเดียวที่ 2,036.2 บาทต่อปี (รวมค่าอากรแสตมป์และภาษีมูลค่าเพิ่ม)

3.5 ต้นทุนผลกระทบภายนอก

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสารมลพิษแต่ละชนิดที่ถูกปลดปล่อยจากการขับเคลื่อนของรถแท็กซี่ ICE คำนวณโดยใช้ค่า Emission factor ในภาคขนส่งทางถนนจากฐานข้อมูล European Monitoring and Evaluation Program / European Environment Agency (2019) (EMEP/EEA, 2019) ที่รายงานจำนวนกรัมของสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยต่อกิโลเมตรที่ขับเคลื่อน จำแนกตามประเภทรถยนต์และเชื้อเพลิงที่ใช้ (Tier 2 emission factor)¹²

ในขณะที่ค่า Emission factor ของ CO₂ ที่ถูกปลดปล่อยต่อหน่วยการผลิตก๊าซ NGV และ LPG กำหนดให้เท่ากับ 754.4 กรัมต่อกิโลกรัม 463.8 กรัมต่อลิตร อ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และค่า Emission factor ของปริมาณ CO₂ ที่ถูกปลดปล่อยจากการผลิตไฟฟ้าอ้างอิงจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานปี พ.ศ. 2564 กำหนดให้เท่ากับ 421.0 กรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และกำหนดให้การผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 เป็นต้นไป มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นไปตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 (PDP2018 Revision 1)

¹¹ เฉลี่ยจากค่ากลางอัตราดอกเบี้ยสินเชื่อเช่าซื้อรถยนต์ใหม่ของธนาคารพาณิชย์ 6 ราย ได้แก่ 1) ธนาคารกรุงศรีอยุธยา 2) ธนาคารกสิกรไทย 3) ธนาคารกรุงไทย 4) ธนาคารไทยพาณิชย์ 5) ธนาคารทหารไทยธนชาต และ 6) ธนาคารเกียรตินาคินภัทร

¹² แม้ว่าสัมประสิทธิ์การปล่อยมลพิษจะถูกกำหนดจากประเภทเชื้อเพลิง ประเภทรถยนต์ และพฤติกรรมการใช้ของผู้ขับบนท้องถนนจริง แต่ในบริบทของไทย ยังไม่มีหน่วยงานกลางใดของรัฐที่เก็บรวบรวมหรือรวมผลการทดสอบการปล่อยมลพิษไว้ในปัจจุบัน

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ปริมาณสารมลพิษทุกชนิดจะถูกแปลงให้เป็นมูลค่าในรูปตัวเงิน โดยใช้ค่า Social cost factor ในภาคการขนส่งของ European Commission (2020) และ Intergovernmental Panel on Climate Change (2013) (IPCC, 2013) ที่ประเมินมูลค่าผลกระทบภายนอกในรูปตัวเงินจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันได้แก่ CO₂ และ N₂O โดยคำนวณจากต้นทุนของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศจากก๊าซเรือนกระจก แบ่งการประมาณการมูลค่าเป็นสองช่วงเวลา คือ ระหว่างปี ค.ศ. 2020-2030 และปีหลังปี ค.ศ. 2031-2060 โดยแปลงมูลค่าผลกระทบภายนอกของสารมลพิษให้เทียบเท่าต่อหนึ่งตัน CO₂ (หรือ tCO₂) ในขณะที่มูลค่าผลกระทบภายนอกจากมลพิษทางอากาศอันได้แก่ NO_x, NH₃, NMVOC และ PM_{2.5} คำนวณจากผลรวมมูลค่าความเสียหายต่าง ๆ เช่น มูลค่าผลกระทบภายนอกที่เกิดจากการเจ็บป่วย การสูญเสียของผลผลิตการเกษตร การเสื่อมสภาพของอาคารและอุปกรณ์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมูลค่าผลกระทบภายนอกมักมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่จากปัจจัยด้านรายได้ของประชากรหรือสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน การนำค่า Social cost factor ที่มาจากการศึกษาในพื้นที่อื่นมาใช้จำเป็นต้องปรับมูลค่าให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่เสียก่อน การปรับมูลค่าในงานศึกษานี้ใช้วิธีการถ่ายโอนค่าต่อหน่วยของผลกระทบ (Unit value transfer with income adjustments) ที่ปรับความแตกต่างด้านรายได้และความแตกต่างด้านค่าครองชีพในแต่ละพื้นที่ แสดงด้วยความสัมพันธ์ดังนี้

$$WTP_{THA} = WTP_{EU} \left(\frac{I_{THA}}{I_{EU}} \right)^{\varepsilon} \quad (8)$$

โดยที่ WTP_{THA} คือ มูลค่าผลกระทบภายนอกที่ถ่ายโอนมา, WTP_{EU} คือ มูลค่าผลกระทบภายนอกในงานศึกษาที่ต้องการอ้างอิง, I_{THA} และ I_{EU} คือ รายได้ต่อหัวของประเทศไทยและประเทศในกลุ่ม EU ตามลำดับ โดยได้ปรับอำนาจซื้อและอัตราเงินเฟ้อแล้ว (PPP-adjusted GDP per capita) และ ε คือ ค่าความยืดหยุ่นของมูลค่าผลกระทบภายนอกต่อรายได้ โดยกำหนดให้ ε เท่ากับ 0.8 (European Commission, 2019) สามารถคำนวณมูลค่าถ่ายโอนผลกระทบต่อหน่วยของมลพิษแต่ละชนิดได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และมลพิษทางอากาศ

รถยนต์	ก๊าซเรือนกระจก (กรัมต่อกิโลเมตร)		มลพิษทางอากาศ (กรัมต่อกิโลเมตร)			
	CO ₂	N ₂ O	NO _x	NH ₃	NMVOC	PM _{2.5}
Toyota ALTIS NGV	0.398	0.001	0.056	0.034	0.036	0.001
Toyota ALTIS LPG	0.398	0.004	0.056	0.034	0.100	0.001
BYD e6	-	-	-	-	-	-
MG EP	-	-	-	-	-	-

ที่มา: EMEP/EEA (2019)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ตารางที่ 3 มูลค่าผลกระทบภายนอกต่อหน่วยและมูลค่าถ่ายโอนผลกระทบภายนอกต่อหน่วยด้วยวิธี Unit transfer

สารมลพิษ	มูลค่าผลกระทบภายนอกต่อหน่วย (ยูโร ₂₀₁₆ ต่อตัน)		มูลค่าถ่ายโอนผลกระทบภายนอกต่อหน่วย (บาท ₂₀₂₁ ต่อตัน) ^{3/}	
	ปี ค.ศ. 2021-2030	ปี ค.ศ. 2031-2060	ปี ค.ศ. 2021-2030	ปี ค.ศ. 2031-2060
ก๊าซเรือนกระจก				
CO ₂	100.00	269.00	1,980.00	5,320.00
N ₂ O ^{1/}	29,800.00	80,162.00	588,890.00	1,584,100.00
มลพิษทางอากาศ				
NO _x	21,300.00	21,300.00	420,920.00	420,920.00
NH ₃	17,500.00	17,500.00	345,820.00	345,820.00
NM VOC	1,200.00	1,200.00	23,710.00	23,710.00
PM _{2.5} ^{2/}	381,000.00	381,000.00	7,529,050.00	7,529,050.00

ที่มา: European Commission (2019), IPCC (2013) และคำนวณมูลค่าถ่ายโอนจากโดยใช้ข้อมูล PPP-adjusted GDP per capita จาก World bank ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเฉลี่ย และอัตราเงินเฟ้อจากธนาคารแห่งประเทศไทย

หมายเหตุ:

^{1/} N₂O แปลงเป็นมูลค่าผลกระทบต่อหน่วยเทียบเท่า tCO₂ โดยใช้ค่า Global warming potential (GWP) จาก IPCC (2013) ซึ่งกำหนดให้ 1 หน่วย N₂O เท่ากับ 298 หน่วย CO₂

^{2/} มูลค่าผลกระทบต่อหน่วยของ PM_{2.5} เลือกใช้ค่าเฉลี่ยการขนส่งในเมืองใหญ่ (Metropole) ที่มีจำนวนประชากรเกิน 5 แสนคนขึ้นไป

^{3/} ปรับด้วยอัตราเงินเฟ้อให้เป็นมูลค่าในปี ค.ศ. 2021

4. ผลการศึกษา

รูปที่ 2 แสดงผลการคำนวณค่า TCO ใน “กรณีฐาน” โดยพบว่า “ในกรณีที่ไม่นวมต้นทุนผลกระทบภายนอก” ค่า TCO ของรถแท็กซี่ไฟฟ้า MG EP มีค่าต่ำที่สุดอยู่ที่ 2.1 ล้านบาท รองมาคือรถแท็กซี่ LPG และ NGV ที่มีต้นทุนใกล้เคียงกันที่ 2.5 และ 2.6 ล้านบาท ตามลำดับ และสูงที่สุดคือ BYD e6 ที่ 2.8 ล้านบาท ดังนั้น หากคำนึงเฉพาะ “ต้นทุนเอกชน” การใช้รถแท็กซี่ไฟฟ้า MG EP ในการให้บริการจะมีความคุ้มค่ามากที่สุด สามารถประหยัดต้นทุนได้ 3.9-4.3 แสนบาท เมื่อเปรียบเทียบกับรถแท็กซี่ ICE ในปัจจุบัน

ถึงแม้ TCO ของรถแท็กซี่ไฟฟ้า MG EP จะต่ำที่สุด แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบย่อยของต้นทุน กลับพบว่า ต้นทุนค่าเสื่อมราคา ค่าบำรุงรักษา และค่าดอกเบี้ยยังสูงกว่ารถแท็กซี่ ICE โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต้นทุนค่าเสื่อมราคามีสัดส่วนสูงที่สุดเกินร้อยละ 40 ของต้นทุนเอกชนทั้งหมด รองมาคือต้นทุนค่าบำรุงรักษา (ร้อยละ 28) และท้ายสุดคือต้นทุนค่าดอกเบี้ยที่ถูกกำหนดจากราคาซึ่งรถแท็กซี่ (ร้อยละ 10) ในการใช้งานรถแท็กซี่ไฟฟ้าจะมีต้นทุนค่าซ่อมบำรุงต่ำกว่ารถยนต์ ICE แต่ผลการคำนวณกลับพบว่าค่าซ่อมบำรุงของรถ

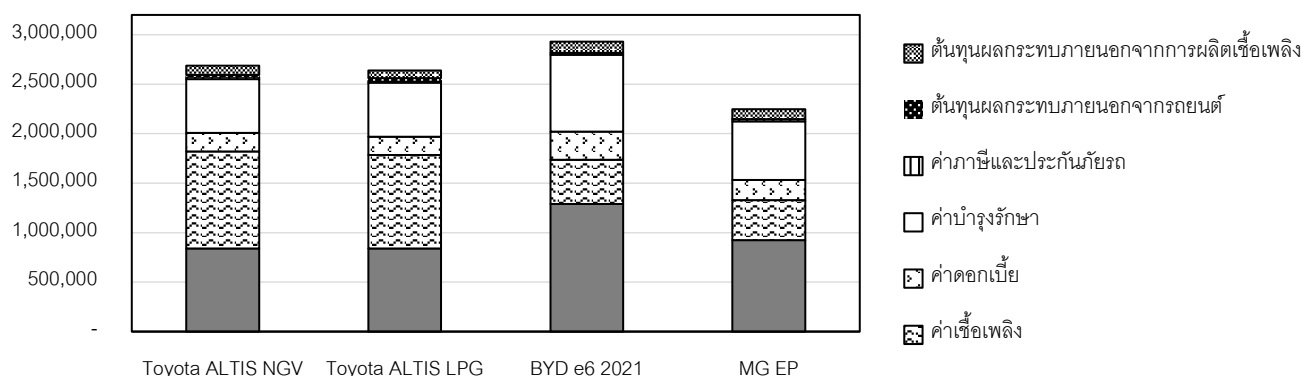
ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

แท็กซี่ไฟฟ้าสูงกว่าอันเนื่องมาจากการถือครองรถแท็กซี่ไฟฟ้านานถึง 9 ปี และระยะทางวิ่งให้บริการต่อปีสูง ทำให้ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่มีมูลค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถแท็กซี่ไฟฟ้า BYD e6 มีต้นทุนค่าบำรุงรักษาสูงมาก เพราะต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ถึง 2 ครั้ง ขณะที่ MG EP เปลี่ยนแบตเตอรี่เพียงครั้งเดียว

ข้อได้เปรียบของการนำรถแท็กซี่ไฟฟ้าไปให้บริการแท็กซี่ที่ชัดเจนที่สุด คือค่าเชื้อเพลิงที่ต่ำ โดยต้นทุนค่าไฟฟ้าจะเท่ากับ 4.0-4.4 แส่นบาท คิดเป็นสัดส่วนของต้นทุนเอกชนเพียงร้อยละ 15-18 เท่านั้น เปรียบเทียบกับต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของรถแท็กซี่ LPG และ NGV ที่ 9.4-9.8 แส่นบาท ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 37-38 กล่าวคือ การเปลี่ยนไปใช้รถแท็กซี่ไฟฟ้าสามารถลดต้นทุนส่วนนี้ลงได้ถึงร้อยละ 50

เมื่อพิจารณา “TCO ที่ รวมต้นทุนผลกระทบภายนอก” พบว่ายังได้ข้อสรุปเช่นเดิม อย่างไรก็ตาม ต้นทุนผลกระทบภายนอกของรถแท็กซี่ไฟฟ้ากลับมีค่าสูงที่สุด แม้จะไม่มีต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดจากตัวรถ แต่มีต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปล่อยก๊าซ CO₂ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าเชื้อเพลิงอื่น

รูปที่ 2 ผลการคำนวณ TCO: กรณีฐาน



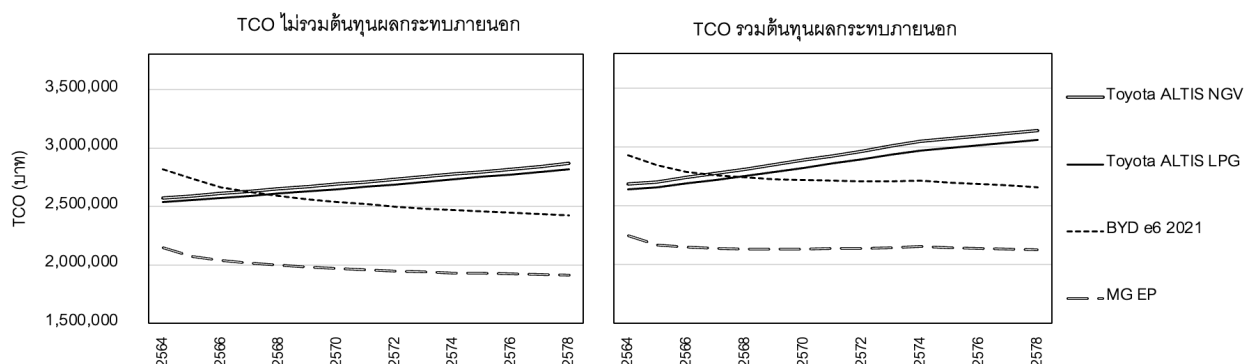
ที่มา: คำนวณโดยผู้เขียน

เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มของค่า TCO ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578 ทั้งกรณีที่รวมและไม่รวมต้นทุนผลกระทบภายนอกดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าเส้นแนวโน้มของค่า TCO ของรถแท็กซี่ไฟฟ้ามีลักษณะลดลงต่อเนื่อง แต่ลดลงช้าในกรณีที่รวมต้นทุนผลกระทบภายนอก ซึ่งเป็นผลจากต้นทุนผลกระทบภายนอกในการผลิตไฟฟ้าในอนาคตที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตาม เส้นแนวโน้มของรถแท็กซี่ไฟฟ้า MG EP อยู่ต่ำกว่าเส้นของรถแท็กซี่ NGV และ LPG ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งหมายถึง สภาวะเสมอภาคของรถทั้งสองประเภทเกิดขึ้นตั้งแต่แรกแล้ว อย่างไรก็ตาม ค่า TCO ของรถแท็กซี่ไฟฟ้า BYD e6 จะเข้าสู่สภาวะเสมอภาคกับรถแท็กซี่ NGV ภายในปี พ.ศ. 2566 และเสมอภาคกับรถแท็กซี่ LPG ภายในปี พ.ศ. 2567 และจะใช้เวลามากขึ้นเล็กน้อยเมื่อคำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอก และจะเริ่มมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์กว่ารถแท็กซี่ ICE หากนำมาใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2568-2569 เป็นต้นไป

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ผลการศึกษาในกรณีฐานแสดงให้เห็นว่า การใช้รถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นรถแท็กซี่สาธารณะในปัจจุบันจะคุ้มค่าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่ราคาไม่สูงเท่านั้น และต้องใช้เวลาอีกอย่างน้อย 4-5 ปี จึงสามารถนำรถยนต์ไฟฟ้ารุ่นอื่นที่มีราคาสูงกว่ามาใช้งานได้อย่างแพร่หลายมากขึ้น โดยที่สภาวะเสมอภาคด้านต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์จะใช้เวลามากกว่าเล็กน้อย

รูปที่ 3 ค่า TCO ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578: กรณีฐาน



ที่มา: คำนวณโดยผู้เขียน

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโครงสร้างราคาก๊าซ LPG ในปัจจุบันถูกบิดเบือนจากกลไกภาษีและกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงจนไม่สะท้อนต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่แท้จริงของรถแท็กซี่ LPG และมีผลทำให้ค่า TCO ของรถแท็กซี่ LPG กรณีฐานต่ำเกินจริง ดังนั้นเพื่อให้ราคาก๊าซ LPG สะท้อนต้นทุนเอกชนที่แท้จริง การศึกษาในส่วนนี้จึงทดสอบความอ่อนไหว ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่มีการแทรกแซงราคาก๊าซ LPG ด้วยภาษีและกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง ผลดังกล่าวทำให้ราคาขายปลีกเฉลี่ยของก๊าซ LPG ที่สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานที่ 10.4 เป็น 14.4 บาทต่อลิตร ผลดังกล่าวทำให้ค่าเชื้อเพลิงและค่า TCO ของรถแท็กซี่ LPG เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4 แสดงผลกระทบของการปรับโครงสร้างราคาก๊าซ LPG เส้นแนวโน้มค่า TCO ของรถแท็กซี่ LPG ในกรณีนี้จะย่ำขึ้น และเส้นอยู่สูงกว่ารถแท็กซี่ประเภทอื่น และเข้าสู่สภาวะเสมอภาคกับ TCO ของรถแท็กซี่ไฟฟ้าทันทีที่ รถแท็กซี่ไฟฟ้าจึงมีความคุ้มค่าทั้งทางต้นทุนเอกชนและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ารถแท็กซี่ LPG ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า ความสามารถแข่งขันของรถยนต์ไฟฟ้าถูกลดทอนอย่างมีนัยยะสำคัญจากโครงสร้างราคาก๊าซ LPG ที่ถูกบิดเบือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอุดหนุนราคาจากกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงที่เปรียบเสมือนอุปสรรคทางอ้อมต่อการเปลี่ยนผ่านไปใช้รถแท็กซี่ไฟฟ้า การปรับโครงสร้างราคาก๊าซ LPG ให้สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการเปลี่ยนผ่านได้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ บทเรียนจากประเทศที่ประสบความสำเร็จในการผลักดันให้เกิดการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าคือภาครัฐเข้าไปมีส่วนสำคัญเพื่อขับเคลื่อนผ่านมาตรการสนับสนุนทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน สำหรับมาตรการที่เป็นตัวเงินมักอยู่ในรูปการให้สิทธิพิเศษทางภาษีหรือการให้สิทธิพิเศษทางการเงินจากการลดหย่อนดอกเบี้ยหรือให้เงินอุดหนุน ซึ่งการศึกษานี้จะวิเคราะห์ประสิทธิผลของมาตรการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้าของรัฐบาล

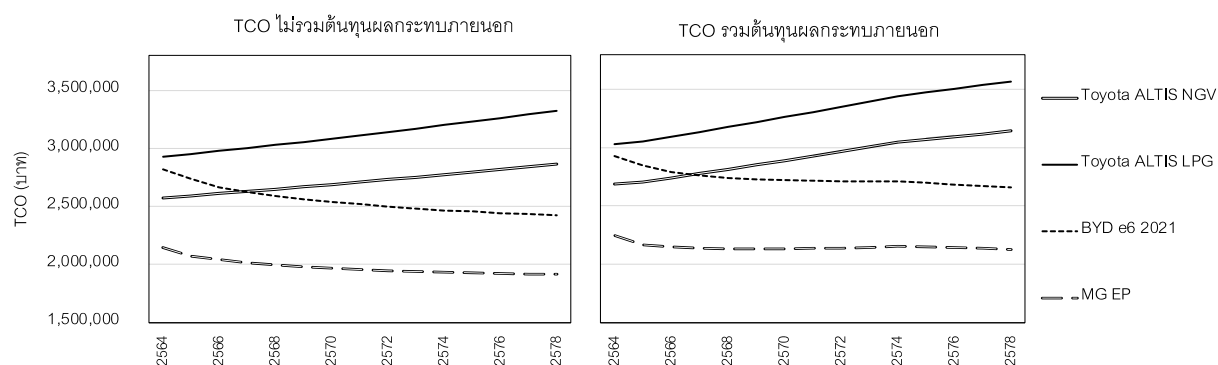
ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ตามเป้าหมายของคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติที่กำหนดให้การใช้รถยนต์ในประเทศทั้งหมดต้องเป็น ZEV รัฐจึงมีแนวทางในการส่งเสริมการใช้รถแท็กซี่ไฟฟ้าโดยมีมาตรการดังต่อไปนี้ (1) มาตรการทางภาษี ประกอบด้วย การยกเว้นภาษีนำเข้า และลดอัตราภาษีสรรพสามิตจากร้อยละ 8 เหลือร้อยละ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2565-2568 และ (2) มาตรการที่มีใช้ภาษี คือการให้เงินอุดหนุนเป็นจำนวน 150,000 บาท หากซื้อรถยนต์ไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2565-2568 แต่เนื่องจากราคาของรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีฐานอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ได้ยกเว้นภาษีนำเข้าอยู่แล้ว เพื่อให้เห็นผลจากการยกเว้นภาษีนำเข้าจึงจะวิเคราะห์ในลักษณะย้อนกลับว่า หากไม่มีการยกเว้นภาษีนำเข้าจะเป็นอย่างไร โดยสมมติให้การนำเข้ารถยนต์มาขายต้องเผชิญกับภาษีนำเข้าสูงร้อยละ 40 เท่ากับอัตราที่ได้ยกเว้น ผลการคำนวณในสถานการณ์ที่ใช้มาตรการทางภาษีจะแสดงในรูปที่ 5-6 และสถานการณ์ที่ให้เงินอุดหนุนจะแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 4 แสดงแนวโน้มค่า TCO ในสถานการณ์ที่หากไม่ได้ยกเว้นภาษีนำเข้า จะเห็นได้ว่าการเก็บภาษีนำเข้ามีผลต่อราคาซื้อรถและค่า TCO อย่างมาก ในกรณีนี้ รถแท็กซี่ไฟฟ้า BYD e6 จะไม่เกิดความคุ้มค่าในการนำมาใช้แทนรถแท็กซี่ ICE เลย ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ไม่ว่าจะพิจารณาเฉพาะต้นทุนเอกชน หรือต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ การยกเว้นภาษีนำเข้าจึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้รถยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่เคยมีราคาสูงจากกำแพงภาษี ให้เข้ามาแข่งขันในตลาดรถแท็กซี่ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การลดภาษีสรรพสามิตจะสามารถลดต้นทุนได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะเสมอภาคไปจากกรณีฐาน (รูปที่ 5) ในขณะที่ การให้เงินอุดหนุนโดยตรง เป็นอีกเครื่องมือของรัฐที่ให้ผลคล้ายกับการยกเว้นภาษี จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าค่า TCO ของรถยนต์ไฟฟ้าลดลงและเร่งให้เกิดสถานะเสมอภาคได้ภายในปี พ.ศ. 2565 เร็วขึ้นจากกรณีฐานเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รูปที่ 6)

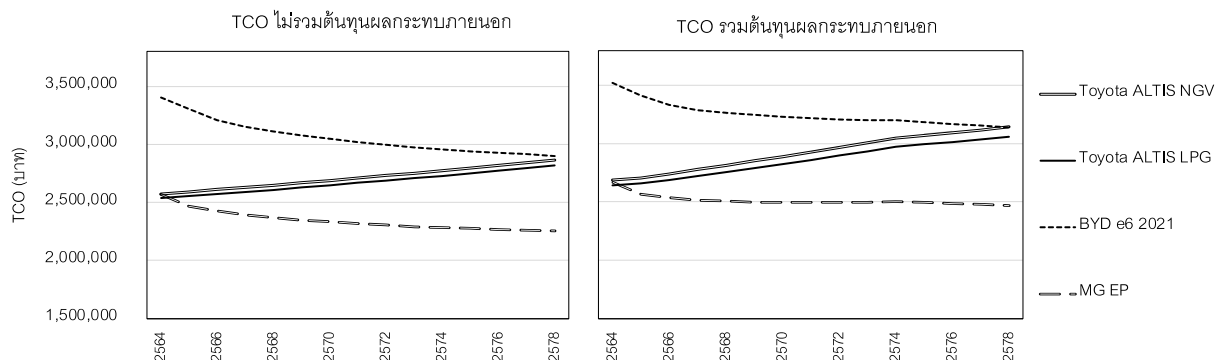
ผลสรุปที่ได้ชี้ให้เห็นว่ามาตรการทางภาษีจะมีส่วนช่วยให้รถแท็กซี่ไฟฟ้ามีความสามารถในการแข่งขันทางด้านต้นทุนเพิ่มขึ้น ความสามารถในการแข่งขันนี้จะเพิ่มขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประเภทของภาษี ที่นำมาใช้เป็นมาตรการในการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า หากเป็นมาตรการด้านภาษีสรรพสามิตที่มีสัดส่วนต่อราคาขายที่ไม่สูงนัก ผลต่อสถานะเสมอภาคก็น้อยตามไปด้วย ต่างจากการมาตรการด้านภาษีนำเข้าที่มีสัดส่วนต่อราคาสูง จึงส่งผลต่อการเข้าสู่สถานะเสมอภาคได้มากยิ่งขึ้น

รูปที่ 4 ค่า TCO ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578: สถานการณ์ที่ปรับโครงสร้างราคาก๊าซ LPG

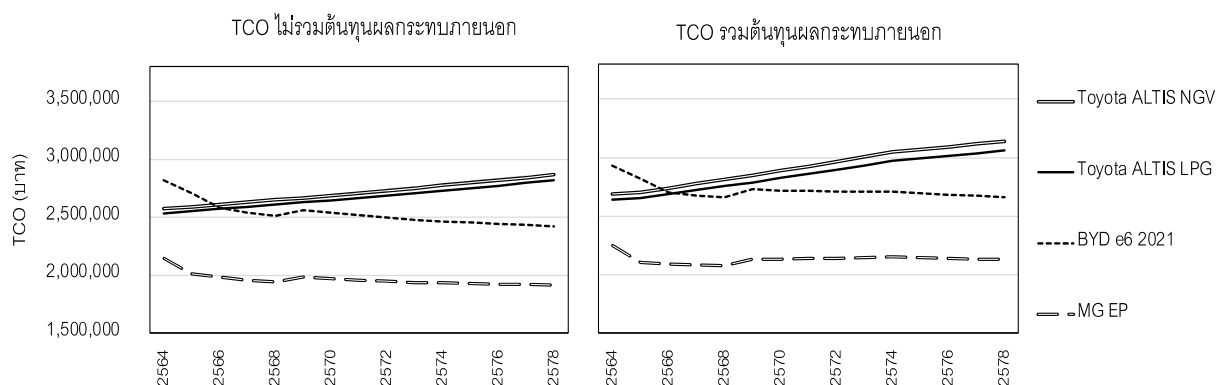


ที่มา: คำนวณโดยผู้เขียน

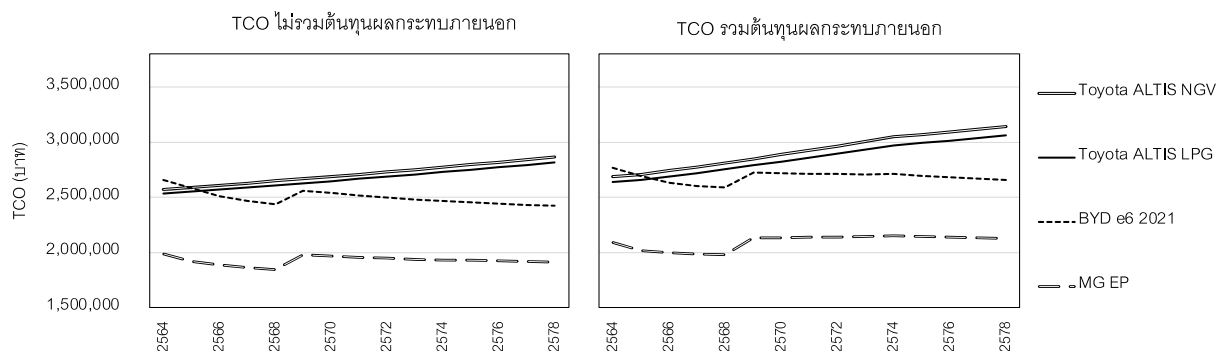
ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

รูปที่ 5 ค่า TCO ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578: สถานการณ์ที่เก็บภาษีนำเข้าร้อยละ 40

ที่มา: คำนวณโดยผู้เขียน

รูปที่ 6 แนวโน้มของค่า TCO ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578: สถานการณ์ที่ลดภาษีสรรพสามิตระหว่างปี พ.ศ. 2565-2568

ที่มา: คำนวณโดยผู้เขียน

รูปที่ 7 ค่า TCO ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578: สถานการณ์ที่ให้เงินอุดหนุน 150,000 บาทระหว่างปี พ.ศ. 2565-2568

ที่มา: คำนวณโดยผู้เขียน

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

5. บทสรุปและนัยยะเชิงนโยบาย

บทความนี้นำเสนอความคิดเห็นรวมการเป็นเจ้าของ (TCO) มาประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการเป็นรถแท็กซี่สาธารณะแทนรถยนต์ ICE ในปัจจุบัน รวมถึงวิเคราะห์สามารถแข่งขันในระยะยาวของรถแท็กซี่แต่ละประเภทด้วยแนวคิด TCO parity ครอบคลุมระหว่างปี พ.ศ. 2564-2578 ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับกรอบระยะเวลาของเป้าหมาย ZEV ที่ต้องการให้เกิดการเปลี่ยนผ่านไปสู่การใช้รถยนต์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2578

กลุ่มตัวอย่างรถยนต์ที่ใช้ในการศึกษามีทั้งสิ้น 4 รุ่นด้วยกัน โดยตัวแทนรถแท็กซี่ ICE อ้างอิงจากรถยนต์ ICE รุ่นที่มีการนำมาจดทะเบียนใช้งานจริง ครอบคลุมรถแท็กซี่ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV และ LPG ในขณะที่ตัวแทนรถแท็กซี่ไฟฟ้าคัดเลือกจากรถยนต์ไฟฟ้าที่มีจำหน่ายในประเทศ ซึ่งมีทั้งรุ่นที่เคยนำมาทำเป็นรถแท็กซี่ไฟฟ้าในประเทศแล้ว แต่เป็นโมเดลใหม่ที่มีราคาถูกลงกว่าเดิม และรุ่นที่นำเข้ามาจำหน่ายสำหรับทำเป็นรถแท็กซี่โดยเฉพาะ

ผลการศึกษาค่า TCO ในกรณีฐาน พบว่าปัจจัยที่ทำให้รถแท็กซี่ไฟฟ้าสามารถทดแทนรถแท็กซี่ ICE ได้อย่างคุ้มค่า โดยไม่ว่าจะพิจารณาเฉพาะต้นทุนเอกชนหรือต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ คือ ต้นทุนค่าเสื่อมราคา ค่าซ่อมบำรุง และค่าดอกเบี้ยจ่ายสำหรับการเช่าซื้อ ซึ่งต้นทุนทั้งสามส่วนนี้ของรถแท็กซี่ไฟฟ้าสูงกว่ารถแท็กซี่ ICE ทั้งสิ้น และส่งผลจากราคาซื้อรถยนต์ไฟฟ้าที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม ภายใต้ข้อสมมติที่กำหนดให้ราคาแบตเตอรี่ในอนาคตที่ลดลง จะทำราคาซื้อและต้นทุนทั้ง 3 ส่วนนี้ลดลงในอนาคตด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของค่า TCO ในกรณีฐาน พบว่า รถแท็กซี่ไฟฟ้าทุกรุ่นจะเข้าสู่สภาวะ TCO parity และเริ่มคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์กว่ารถแท็กซี่ ICE หากเริ่มใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2568-2569 เป็นต้นไป อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากต้นทุนรวมการเป็นเจ้าของ เช่น ความเชื่อมั่นต่อค่ายรถยนต์ ความคุ้นเคยกับรถยนต์ ICE รุ่นเดิมอยู่คู่กับวงการแท็กซี่ไทยมาอย่างยาวนาน การเปลี่ยนผ่านไปสู่ ZEV ของกลุ่มผู้ประกอบการรถแท็กซี่สาธารณะจึงควรดำเนินการในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไปในช่วงเริ่มต้น เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้าที่มีให้เลือกในตลาดยังมีจำกัด แต่คาดว่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปอีกอย่างน้อย 4-5 ปีนับจาก ณ เวลาที่ศึกษา

ปัจจัยสำคัญที่ลดทอนความสามารถในการแข่งขันด้านต้นทุนของรถแท็กซี่ไฟฟ้าในปัจจุบัน คือ การบิดเบือนโครงสร้างราคาก๊าซ LPG จากการแทรกแซงผ่านเครื่องมือภาษีและการอุดหนุนผ่านกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่าการปรับโครงสร้างราคาของก๊าซ LPG ให้สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงจะทำให้รถแท็กซี่ไฟฟ้าคุ้มค่ากว่ารถแท็กซี่ LPG ทันที หากภาครัฐต้องการส่งเสริมให้ใช้รถแท็กซี่ไฟฟ้าทันที ก็ควรที่จะทบทวนนโยบายแทรกแซงราคา LPG

นอกจากนี้ มาตรการส่งเสริมทางภาษีและมีใช้ภาษีของคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติมีผลต่อช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะเสมอภาคอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยกเว้นภาษีนำเข้า ซึ่งเป็นมาตรการทางภาษีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด จากเดิมที่รถยนต์ไฟฟ้าบางรุ่นจะไม่สามารถทดแทนรถยนต์ ICE ได้เลยหากไม่ได้ยกเว้นภาษี อีกทั้งมาตรการนี้ยังเป็นการเปิดกว้างให้มีตัวเลือกของรถยนต์ไฟฟ้ารุ่นอื่น หรือจากยี่ห้ออื่นเข้ามาแข่งขันในตลาดได้เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้ประกอบการ ยิ่งไปกว่านั้น การเข้าสู่สภาวะเสมอภาคจะเกิดเร็วขึ้นเป็นภายในปี พ.ศ. 2565-2566 เมื่อใช้มาตรการทางภาษีร่วมกับการเงินอุดหนุนโดยตรง การ

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ผสมผสานของมาตรการส่งเสริมจึงเป็นสิ่งที่ช่วยเร่งรัดกระบวนการเปลี่ยนผ่านไปสู่ ZEV ในกลุ่มผู้ให้บริการแท็กซี่สาธารณะให้เร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Bloomberg (2020). New Energy Outlook 2020. Bloomberg New Energy Finance: New York, NY, USA.
Retrieved from <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
- Breetz H. & Salon D. (2017). Do electric vehicles need subsidies? ownership costs for conventional, hybrid, and electric vehicles in 14 U.S. cities. *Energy Policy*, 120, 238-249.
- Boudette, N. E. & Davenport, C. (2021 January 28). G.M. Will Sell Only Zero-Emission Vehicles by 2035. The New York Times. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2021/01/28/business/gm-zero-emission-vehicles.html>
- Bubeck, S., Tomaschek, J. & Fahl, U. (2016). Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany. *Transport Policy*, 50, 63-77.
- Danielis, R., Giansoldati, M. & Rotaris, L. (2018). A probabilistic total cost of ownership model to evaluate the current and future prospects of electric cars uptake in Italy. *Energy Policy*, 119, 268-281.
- Delucchi, M. A. & Lipman, T. E. (2001). An analysis of the retail and lifecycle cost of battery-powered electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(6), 371-404
- Dunne, M. J. (2017, February 28). China Deploys Aggressive Mandates to Take Lead in Electric Vehicles. *Forbes*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/michaeldunne/2017/02/28/china-deploys-aggressive-mandates-to-take-lead-in-electric-vehicles/?sh=1985b2946a82>
- Element Energy (2021). Electric Cars: Calculating the Total Cost of Ownership for Consumers (technical report). The European Consumer Organization.
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, Essen, H., Fiorello, D., El Beyrouthy, K. (2020). Handbook on the external costs of transport : version 2019 – 1.1, Publications Office.
- European Environment Agency (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- Hagman, J. & Langbroek, J.H.M. (2018). Conditions for electric vehicle taxi: A case study in the greater Stockholm region. *Transportation Research Board 97th Annual Meeting*. Washington D.C., United States.
- Harvey, L.D.D. (2018). Cost and energy performance of advanced light duty vehicles: Implications for standards and subsidies. *Energy Policy*, 114, 1–12.

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

- Inaki, K. (2021 April 3). Honda pledges to end sale of petrol and diesel cars by 2040. *Financial Times*. Retrieved from <https://www.ft.com/content/f664ce57-b44c-44b6-9114-94ca6a188fce>
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kromer, M. A. & Heywood, J. B. (2007). Electric Powertrains: Opportunities and Challenges in the U.S. Light-Duty Vehicle Fleet. *MIT Laboratory for Energy and the Environment*, Cambridge, Massachusetts.
- Nikkei Asia (2018 July 9). BMW agrees to \$4.7bn contract with China's CATL for battery cells. Retrieved from <https://asia.nikkei.com/Business/Business-deals/BMW-agrees-to-4.7bn-contract-with-China-s-CATL-for-battery-cells>
- Pavlenko, N., Slowik, P. & Lutsey, N. (2019). When does electrifying shared mobility make economic sense? *Working paper 2019-01*. The International Council of Clean Transportation.
- Plötz, P., Gnann, T. & Wietschel, M. (2012). Total Ownership Cost Projection for the German Electric Vehicle Market with Implications for its Future Power and Electricity Demand. 7th Conference on Energy Economics and Technology Infrastructure for the Energy Transformation.
- Plumer, B. & Tabuchi, H. (2021 November 9). 6 Automakers and 30 Countries Say They'll Phase Out Gasoline Car Sales. *The New York Times*. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2021/11/09/climate/cars-zero-emissions-cop26.html>
- Propfe, B., Redelbach, M., Santini, D.J. & Friedrich, H. (2012). Cost analysis of plug-in hybrid electric vehicles including maintenance & repair costs and resale values. *EVS26 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium*, Los Angeles.
- Prud'homme, R. & Koning, M. (2012), Electric Vehicles: A Tentative Economic and Environmental Evaluation. *Transport Policy*, 23, 60-69.
- Scorrano, M., Danielis, R. & Giansoldati, M. (2020). Dissecting the total cost of ownership of fully electric cars in Italy: The impact of annual distance travelled, home charging and urban driving. *Research in Transportation Economics*, 80, 100799
- Song, S. (2016). Transport Emissions & Social Cost Assessment: Methodology Guide. World Resources Institute.

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

- Tabeta, S. (2020 July 4). Mercedes-Benz takes 3% stake in Chinese EV battery supplier. *Nikkei Asia*. Retrieved from <https://asia.nikkei.com/Business/Automobiles/Mercedes-Benz-takes-3-stake-in-Chinese-EV-battery-supplier>
- Thiel, C., Perujo, A. & Mercier, A. (2010). Cost and CO₂ aspects of future vehicle options in Europe under new energy policy scenarios. *Energy Policy*, 38, 7142-7151.
- Tseng, H. & Wu, J. (2013). Affordability of electric vehicles for a sustainable transport system: An economic and environmental analysis. *Energy Policy*, 61, 441-447.
- van Velzen, A., Annema, J. A., van de Kaa, G. & van Wee, B. (2019). Proposing a more comprehensive future total cost of ownership estimation T framework for electric vehicles. *Energy Policy*, 129, 1034-1046
- van Vilet, O., Brower, A.S., Kuramochi, T., van Den Broek, M. & Faaid, A. (2011). Energy use, cost and CO₂ emissions of electric cars. *Journal of Power Sources*, 196, 2298-2310.
- Vaughan, A. (2018, April 26). TfL to spend £18m on preparing London for new electric black cabs. *The Guardian*. Retrieved from <https://www.theguardian.com/uk-news/2017/apr/26/electric-black-cabs-transport-for-london-tfl-charging-stations>
- Wang, S. & Ge, M. (2019). Everything You Need to Know About the Fastest-Growing Source of Global Emissions: Transport. World Resources Institute.
- Wu, G., Inderbitzin, A., & Bening, C. (2015). Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market. *Energy Policy*, 80, 196-214.
- Zhao, X., Doering, O. C. & Tyner, W. E. (2015). The economic competitiveness and emissions of battery electric vehicles in China. *Applied Energy*, 156, 666-675
- ฐานเศรษฐกิจ (2564a, 24 ธันวาคม). เผยโฉม Toyota EV เก่งเล็ก เอสยูวี ปิกอัพ รุ่นใหม่ขายในไทย. สืบค้นจาก <https://www.thansettakij.com/motor/507888>
- ฐานเศรษฐกิจ (2564b, 11 มีนาคม). MG EP แท็กซี่พลังไฟฟ้า Taxi EV ราคา 1.067 ล้านบาท. สืบค้นจาก <https://www.thansettakij.com/motor/471562>
- ฐานเศรษฐกิจ (2564c, 10 พฤศจิกายน). EV ลดภาษีนำเข้า0% แลกขึ้นไลน์ผลิต โชกสรพสามิตรถน้ำมัน อีโคคาร์-ไฮบริด. สืบค้นจาก <https://www.thansettakij.com/motor/502768>
- บุญสม สุวรรณปิฎกกุล. (2549). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ NGV และ LPG. วารสารสำนักการจราจรและขนส่ง สจส. ทางสะดวก, 5(3), 14-18. สืบค้นจาก http://203.155.220.99/dotat/periodical_5_3_2549/5-3-2549.pdf
- ประชาชาติธุรกิจ (2561, 24 สิงหาคม). BYD ขึ้นแท่นป็นรถยนต์ไฟฟ้า กอดแท็กซี่ไฟฟ้ากว่า 100 คัน. สืบค้นจาก <https://www.prachachat.net/facebook-instant-article/news-209614>

ปีที่ 13 ฉบับที่ 26 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

ภูรี สิริสุนทร, ศุภวัจน์ รุ่งสุริยะวิบูลย์, รุ่งนภา โอภาสปัญญาสาร และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ. (2562). โครงการประเมินมาตรการส่งเสริมการใช้นานยนต์ไฟฟ้าต่อการยอมรับของผู้บริโภคและประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคขนส่ง (รายงานการวิจัย). การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ภูรี สิริสุนทร และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ. (2563). โครงการศึกษาและประเมินการให้บริการขนส่งทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการใช้นานยนต์ไฟฟ้า (รายงานการวิจัย). การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม