

ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรม
การจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จ
ของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย*
Leadership, Organizational Management Policy, Management
Innovation, Competitive Potential, and the Success of Clean
Energy Business in Thailand

โศลยา นิมสมุท, ธนพล ก่อฐานะ และนันทิยา น้อยจันทร์
Soraya Nimsamoot, Tanapol Kortana and Nuntiya Noichun
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, ประเทศไทย
Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand
Corresponding Author, E-mail: S64584945074@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย 2) ศึกษาอิทธิพล ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน ที่มีต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย 3) พัฒนารูปแบบการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน โดยการวิจัยเชิงปริมาณมีประชากรคือ ผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย จำนวน 3,784 ราย และกำหนดกลุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณ จำนวน 300 คน ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยกำหนดผู้ให้ข้อมูลสำคัญเป็นผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยและผู้เชี่ยวชาญด้านธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย รวมทั้งสิ้น 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถามสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึกในเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติโดยใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง ขณะที่การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

*ได้รับบทความ: 20 พฤษภาคม 2568; แก้ไขบทความ: 16 ธันวาคม 2568; ตอปรับตีพิมพ์: 22 ธันวาคม 2568
Received: May 20, 2025; Revised: December 16, 2025; Accepted: December 22, 2025



ผลการวิจัยพบว่า

1. สภาพปัจจุบัน ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ได้แก่ ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ และศักยภาพการแข่งขัน อยู่ในระดับสูง
2. การวิเคราะห์สมการโครงสร้างแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาและปรับแก้แล้ว แสดงให้เห็นว่า ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร และนวัตกรรมจัดการ มีอิทธิพลทางตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อศักยภาพในการแข่งขันของธุรกิจพลังงานสะอาด
3. การพัฒนารูปแบบการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยใน ได้แก่ รูปแบบ LOMC ประกอบด้วย 1) ภาวะผู้นำ 2) นโยบายการจัดการองค์กร 3) นวัตกรรมจัดการ และ 4) ศักยภาพการแข่งขัน เพื่อใช้เป็นแนวทางการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย

คำสำคัญ: ภาวะผู้นำ; นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร; นวัตกรรมจัดการ; ธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย

Abstract

This research aimed to: (1) examine the current conditions of leadership, organizational management policies, management innovation, competitive capability, and business success of clean energy enterprises in Thailand; (2) investigate the influence of leadership, organizational management policies, management innovation, and competitive capability on the success of clean energy businesses in Thailand; and (3) develop a model for enhancing the success of clean energy entrepreneurs in Thailand. The study employed a mixed-methods research design. In the quantitative phase, the population consisted of 3,784 clean energy entrepreneurs in Thailand, from which a sample of 300 respondents was selected. In the qualitative phase, 20 key informants were purposively selected, comprising clean energy entrepreneurs and experts in the clean energy business sector in Thailand. Research instruments included a questionnaire for quantitative data collection and a semi-structured interview guide for in-depth qualitative interviews. Quantitative data were analyzed using Structural Equation Modeling (SEM), while qualitative data were analyzed through content analysis.



The findings revealed that:

1. The overall conditions of leadership, organizational management policies, management innovation, competitive capability, and business success of clean energy enterprises in Thailand were at a high level, particularly in terms of leadership, organizational management policies, management innovation, and competitive capability.
2. The modified and validated structural equation model indicated that leadership, organizational management policies, and management innovation exerted statistically significant direct effects on the competitive capability of clean energy businesses at the .05 level.
3. The developed model for enhancing the success of clean energy entrepreneurs in Thailand, referred to as the LOMC Model, comprises four key components: (1) Leadership, (2) Organizational Management Policy, (3) Management Innovation, and (4) Competitive Capability. This model can serve as a practical guideline for enhancing the success and sustainability of clean energy entrepreneurs in Thailand.

Keywords: Leadership; Organizational Management Policy; Management Innovation; Clean Energy Business in Thailand

1. บทนำ

ปัจจุบันหลายภาคส่วนทั่วโลกกำลังตื่นตัวและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้มเรื่อง disruption, technology, greener practices และ sustainability โดยเฉพาะนโยบายของสหประชาชาติที่มุ่งเน้นเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals-SDGs) ทั้ง 17 ประการ ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ พลังงานสะอาดที่ทุกคนเข้าถึงได้ (Affordable and Green Energy) สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่าด้านพลังงานจำเป็นต้องพัฒนาให้ยั่งยืนและเข้าถึงได้มากขึ้น (Marzouk, 2024, p. 4769) การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนมีบทบาทสำคัญในบริษัทนี้ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีการศึกษาถึงแนวทางการบริหารจัดการระบบโซลาร์ขนาดเล็กในชุมชนชนบทเพื่อเพิ่มการเข้าถึงพลังงานสะอาด (Barsei et al., 2024, pp. 1-8) โดยที่ผ่านมาพลังงานทั่วโลกพึ่งพาแหล่งเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองจากฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน แต่ปัจจุบันปริมาณเชื้อเพลิงเหล่านี้ลดลง และยังมี ความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบจากการเผาไหม้ ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาดมากขึ้น (Marzouk, 2024) แม้จะมีการพัฒนาพลังงานสีเขียว (Green Energy) หรือ พลังงานสะอาดมากขึ้น แต่กระแสการตระหนักรู้ในแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable Energy) ยังคง



เติบโต โดยแหล่งพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม น้ำ แสงอาทิตย์ และชีวมวล กำลังถูกพัฒนาเพื่อสร้างความยั่งยืนด้านพลังงาน (Wenten, Khoiruddin, & Siagian, 2024, pp. 143-192) นอกจากนี้ แนวทางการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนผ่านการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานสีเขียวยังเป็นหัวใจสำคัญของนโยบายด้านพลังงานของหลายประเทศ เช่น การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ประเภท Perovskite เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเสถียรของแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Manit et al., 2024, pp. 1-13) การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในเมืองใหญ่เพื่อบรรลุเป้าหมาย Net-Zero ก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ได้รับความสนใจ ทั้งนี้ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังเป็นแหล่งกำเนิดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) และภาวะโลกร้อน (global warming) ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว แม้ว่าพลังงานนิวเคลียร์จะเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ แต่ก็มีข้อกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัย เนื่องจากอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ เช่น เหตุการณ์ที่โรงไฟฟ้าฟูกูชิมะในปี 2011 ได้สร้างผลกระทบร้ายแรงต่อประชากรและสิ่งแวดล้อม เหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้หลายประเทศ รวมถึงไทย มีความกังวลเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า (Sarker et al., 2023, p. 7718)

สำหรับประเทศไทย กระทรวงพลังงาน (2563) ระบุว่า ปริมาณการนำเข้าพลังงานจากประเทศเพื่อนบ้านสูงกว่าการผลิตภายในประเทศ ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อความมั่นคงด้านพลังงาน หากเกิดปัญหาด้านการจัดหาพลังงานจากแหล่งต่างประเทศ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ รัฐบาลไทยได้ผลักดันการพัฒนาพลังงานทดแทนจากแหล่งธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม และน้ำ ซึ่งได้รับการสนับสนุนให้เป็นแนวทางสำคัญในการลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิลและเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงานในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2018 Rev.1) มีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนจากร้อยละ 20 เป็นร้อยละ 21 ภายในปี 2580 และเพิ่มกำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์จาก 6,000 เมกะวัตต์เป็น 15,574 เมกะวัตต์ การลงทุนในพลังงานหมุนเวียนไม่เพียงช่วยลดต้นทุนพลังงานในระยะยาว แต่ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการพัฒนาเศรษฐกิจและลดความผันผวนของตลาดพลังงาน (Batool et al., 2023, pp. 82045-82067; Manit et al., 2024; Wenten et al., 2024)

ความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดประเภทระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับผลจากการบูรณาการของตัวแปรหลายด้าน เช่น ภาวะผู้นำที่มีวิสัยทัศน์และความสามารถในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำพาธุรกิจไปสู่การเติบโตอย่างยั่งยืน (Barsei et al., 2024) การบริหารจัดการที่มีนโยบายชัดเจนและสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของตลาดพลังงานสะอาด เป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างศักยภาพในการแข่งขัน (Rastegar, Eweje, & Sajjad, 2024, pp. 3859-3876) นอกจากนี้ การนำเอานวัตกรรมการจัดการเข้ามาปรับใช้ในกระบวนการผลิตและการบริการ ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและสร้างความแตกต่างในตลาด (Johansson et al., 2024) ในส่วนของศักยภาพในการแข่งขัน



ที่มาจาก การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและตอบสนองต่อความต้องการของตลาดเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความยั่งยืนให้กับธุรกิจ (Sarker et al., 2023) ส่งผลต่อการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตพลังงานช่วยลดต้นทุนการผลิตและการใช้งานพลังงาน โดยทำให้ธุรกิจสามารถเสนอราคาที่แข่งขันได้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้บริโภคที่ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ซึ่งการลงทุนในเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง แต่ยังช่วยให้ผู้บริโภคลดการใช้พลังงานจากแหล่งที่มีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งมีผลดีทั้งในด้านการประหยัดต้นทุนและเพิ่มความพึงพอใจในสินค้า (Manit et al., 2024)

ปัจจัยภายในองค์กรที่มีผลต่อความสำเร็จหรือไม่สำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดนั้นประกอบด้วยหลายปัจจัยที่สำคัญ เช่น ภาวะผู้นำของผู้นำองค์กรที่มีวิสัยทัศน์และความสามารถในการนำพาทีมงานไปสู่เป้าหมายในระยะยาว โดยผู้นำที่มีทักษะในการตัดสินใจและการสื่อสารสามารถสร้างแรงบันดาลใจให้กับพนักงานและส่งเสริมการทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและการพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดอย่างต่อเนื่องผ่านนวัตกรรมการจัดการ ยังช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งทั้งหมดนี้จะส่งผลต่อการสร้างรายได้ที่มั่นคงและการขยายฐานลูกค้าในทั้งตลาดท้องถิ่นและตลาดต่างประเทศ (Barsei et al., 2024; Rastegar et al., 2024) โดยผู้นำที่มีวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์มีความสามารถในการคาดการณ์แนวโน้มของอุตสาหกรรมและกำหนดทิศทางให้กับองค์กรเพื่อให้สามารถปรับตัวและเติบโตได้ในระยะยาว (Gilmanishin, 2024)

การลงทุนในเทคโนโลยีเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ช่วยขับเคลื่อนการเติบโตของธุรกิจพลังงานสะอาด ควรมีการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับองค์กร ทั้งในด้านการผลิต การจัดการทรัพยากร และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนการดำเนินงานอย่างยั่งยืน (Johansson et al., 2024; Rastegar et al., 2024) การจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืนก็ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญอีกอย่างของธุรกิจพลังงานสะอาด องค์กรต้องมีความสามารถในการพัฒนากลยุทธ์การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพทางธุรกิจ การนำหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน มาใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยลดของเสียจากกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ นอกจากนี้ การจัดการที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างความน่าเชื่อถือในสายตาของผู้บริโภคและนักลงทุน และสุดท้าย องค์กรที่สามารถนำแนวคิดที่ทันสมัยมาใช้สามารถช่วยให้องค์กรปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลงของตลาดได้อย่างรวดเร็ว การนำระบบดิจิทัลมาใช้ในการบริหารจัดการองค์กร เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และระบบอัตโนมัติ (Automation) ช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ธุรกิจพลังงานสะอาดสามารถเติบโตได้อย่างมั่นคงในระยะยาว (Manit et al., 2024; Marzouk, 2024)



การพัฒนาอุปกรณ์และระบบพลังงานแบบกระจาย (distributed energy systems) ที่ช่วยให้ภาคธุรกิจและครัวเรือนสามารถผลิตและใช้พลังงานสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Barsei et al., 2024; Batool et al., 2023) ส่วนนวัตกรรมในกระบวนการผลิตพลังงานสะอาดมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) และระบบอัตโนมัติมาใช้ในการบริหารจัดการกระบวนการผลิตช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดการสูญเสียพลังงาน นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนยังช่วยให้สามารถติดตามการใช้พลังงานในระบบอัจฉริยะ (smart grids) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกแนวโน้มสำคัญคือการพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวที่ใช้พลังงานหมุนเวียนทั้งหมด เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนจากภาคอุตสาหกรรม การปรับปรุงกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีส่วนช่วยให้ธุรกิจสามารถแข่งขันได้ในระยะยาวและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Gilmanashin, 2024) และสุดท้ายนวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการแล้ว การพัฒนาด้านบริการเป็นอีกปัจจัยที่ช่วยให้ธุรกิจพลังงานสะอาดสามารถขยายตลาดและเพิ่มมูลค่าให้แก่ลูกค้า การให้บริการด้านพลังงานแบบอัจฉริยะ (smart energy services) เช่น การให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการพลังงานสำหรับอาคารและโรงงาน หรือบริการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบพลังงานหมุนเวียนผ่านเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ช่วยให้ผู้ใช้สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้ง บริการซื้อขายพลังงานผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล (peer-to-peer energy trading) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถซื้อขายพลังงานสะอาดโดยตรงระหว่างกัน ยังเป็นแนวทางที่ช่วยให้พลังงานหมุนเวียนได้รับการยอมรับและใช้งานในวงกว้างมากขึ้น (Sarker et al., 2023) ทั้งนี้ การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยังช่วยให้สินค้าของธุรกิจพลังงานสะอาดสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ธุรกิจสามารถแข่งขันได้ในตลาดที่มีการแข่งขันสูง คือการสร้างอำนาจทางการตลาดในธุรกิจพลังงานสะอาดมาจากการเสริมสร้างคุณค่าของแบรนด์ให้เป็นที่รู้จักและเชื่อมั่นในตลาด เทคโนโลยีที่ทันสมัยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงช่วยเสริมสร้างความไว้วางใจจากผู้บริโภค ซึ่งนำไปสู่การขยายฐานลูกค้าและการสร้างความสัมพันธ์ที่ยั่งยืน ดังนั้น การสร้างอำนาจทางการตลาดที่มีความแข็งแกร่ง (Rastegar et al., 2024; Manit et al., 2024) และสุดท้ายการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในสายตาของผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นใจและความภักดีในระยะยาว ผู้บริโภคในปัจจุบันมักมองหาผลิตภัณฑ์และบริการที่ไม่เพียงแต่มีคุณภาพสูง แต่ยังสะท้อนถึงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย การสร้างภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่ยั่งยืนช่วยให้ธุรกิจพลังงานสะอาดได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและนักลงทุน ซึ่งสามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและความยั่งยืนในธุรกิจได้ในระยะยาว (Sarker et al., 2023) ดังนั้น ความสำคัญกับการเปลี่ยนผ่านสู่การพัฒนา โดยเฉพาะด้านพลังงานสะอาดตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนของสหประชาชาติ (SDGs) ซึ่งมุ่งลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



การพัฒนาและใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม และชีวมวล จึงมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางพลังงานและเศรษฐกิจของประเทศ สำหรับประเทศไทย รัฐได้ส่งเสริมพลังงานสะอาดอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับความต้องการพลังงานในอนาคต ความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดจึงขึ้นอยู่กับการบูรณาการภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการ นวัตกรรมการจัดการ และศักยภาพในการแข่งขันเพื่อสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมการจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาอิทธิพล ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมการจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน ที่มีต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย
3. เพื่อพัฒนารูปแบบการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดระเบียบวิธีการแบบผสมผสาน (Mixed methods research) โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มีประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้วิจัย คือผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดในประเทศไทย จำนวน 3,784 ราย (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2567) ขนาดกลุ่มตัวอย่างกำหนดจากหลักการของ Nunnally & Bernstein (1967) และ Hair, Ringle & Sarstedt (2011, pp. 139-151) ซึ่งแนะนำให้มิขนาดไม่น้อยกว่า 20 เท่าของตัวแปรสังเกต จำนวน 15 ตัวแปร จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 คน และการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย และผู้เชี่ยวชาญด้านธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย จำนวน 20 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาเรียบเรียงจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ ตีความ เชื่อมโยงข้อมูล หาข้อสรุป เพื่อใช้อธิบายผลการวิเคราะห์ เชิงปริมาณ ให้มีความละเอียดลึกมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยใช้แบบสอบถามชนิดปลายปิดเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย โดยแบ่งเครื่องมือออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อใช้วัดลักษณะพื้นฐานด้านประชากรศาสตร์
- 2) แบบสอบถามเพื่อวัดระดับของตัวแปรหลักในการวิจัย ประกอบด้วย ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมการจัดการ ศักยภาพในการแข่งขัน และความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจ



พลังงานสะอาด และ 3) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้วัดมุมมอง ประสบการณ์ และข้อเสนอแนะเชิงลึกของผู้ประกอบการและผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดในบริบทประเทศไทย

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดในประเทศไทย จำนวน 300 ราย โดยดำเนินการประสานงานเพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลผ่านช่องทางออนไลน์ และเก็บรวบรวมแบบสอบถามให้ครบตามจำนวนภายในระยะเวลาที่กำหนด เมื่อได้รับแบบสอบถามครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลก่อนนำไปประมวลผลและวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยประเมินความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ผ่านดัชนีต่างๆ เช่น ค่าไคสแควร์สัมพันธ์ (χ^2/df) ไม่เกิน 2.0, RMSEA และ RMR ไม่เกิน 0.05, GFI, NFI และ CFI มากกว่า 0.90 และ PGFI กับ PNFI มากกว่า 0.50 ตามเกณฑ์ที่เสนอ (Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008, pp. 53-60; MacCallum, Browne, & Sugawara, 1996, pp. 130-149; Diamantopoulos & Siguaw, 2000)

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย สามารถสรุปผลวิจัยได้ดังนี้

1. สภาพปัจจุบัน ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ผลการศึกษา ตัวแปรภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพในการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยอยู่ในระดับสูง

2. สมการเส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงเชิงสาเหตุ (Independent Variable) ที่ส่งผลทางตรง (Direct Effect) ต่อตัวแปรแฝงเชิงผล (Dependent Variable) ในแบบจำลองที่พัฒนาและปรับแก้แล้ว (Adjust Model) แสดงให้เห็นว่า ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ มีอิทธิพลทางตรงต่อศักยภาพในการแข่งขัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพในการแข่งขัน มีอิทธิพลทางตรงต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสมการเส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกที่ส่งผลโดยรวม (Total Effect) ต่อตัวแปรแฝงภายใน (Reduced equations) ที่ได้ทำการศึกษาในแบบจำลองที่พัฒนาและปรับแก้แล้ว (Adjust



Model) แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรแฝงภายนอก ได้แก่ ตัวแปรภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร และนวัตกรรมจัดการ ส่งผลโดยรวมต่อศักยภาพในการแข่งขัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และตัวแปรแฝงภายนอก ได้แก่ ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารการจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ส่งผลโดยรวมต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การพัฒนารูปแบบปัจจัยความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ซึ่งในการส่งเสริมความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยนั้นต้องให้ความสำคัญกับตัวแปรศักยภาพในการแข่งขันมากที่สุด เพราะตัวแปรศักยภาพในการแข่งขัน ที่ประกอบด้วย สินค้ามีคุณภาพ ภาพลักษณ์ที่ดีจากลูกค้า และอำนาจทางการตลาด สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร และนวัตกรรมจัดการ ในการส่งเสริมความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหลังจากที่ได้ข้อค้นพบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ประกอบด้วย ได้แก่ รูปแบบ LOMC ประกอบด้วย 1) ภาวะผู้นำ 2) นโยบายการจัดการองค์กร 3) นวัตกรรมจัดการ และ 4) ศักยภาพการแข่งขัน

ดังนั้น นโยบายการบริหารจัดการองค์กรมีอิทธิพลมากกว่าภาวะผู้นำในบริบทของประเทศไทย เนื่องจากธุรกิจพลังงานสะอาดต้องดำเนินงานภายใต้กรอบกฎหมาย ระเบียบ และนโยบายภาครัฐที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงสูง นโยบายองค์กรที่ชัดเจนและสอดคล้องกับทิศทางภาครัฐจึงช่วยลดความเสี่ยงในการดำเนินธุรกิจและเอื้อต่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์มากกว่าคุณลักษณะของผู้นำเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ วัฒนธรรมการบริหารขององค์กรไทยยังให้ความสำคัญกับโครงสร้าง ระบบ และแนวปฏิบัติอย่างเป็นทางการ ซึ่งส่งผลให้บทบาทของนโยบายองค์กรมีอิทธิพลต่อศักยภาพการแข่งขันมากยิ่งขึ้น

5. อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. สภาพปัจจุบัน ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย พบว่า ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพในการแข่งขัน และความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ต้องมีองค์ประกอบภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Farhan (2024, pp. 1-11) เน้นว่า การพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องอาศัยภาวะผู้นำที่มีแนวคิดเชิงนวัตกรรม และสามารถปรับกลยุทธ์ให้ตอบสนองต่อ



การเปลี่ยนแปลงของตลาดได้อย่างเหมาะสม

2. อิทธิพล ภาวะผู้นำ นโยบายการบริหารจัดการองค์กร นวัตกรรมจัดการ ศักยภาพการแข่งขันมีต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทุกตัวแปรที่กล่าวมาล้วนมีความสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Juniarti et al. (2024) ที่พบว่า นวัตกรรมจัดการสามารถส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขัน ทั้งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร รวมถึงการลดต้นทุนการดำเนินงาน ตัวอย่างที่น่าสนใจคือ การลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานหมุนเวียน ซึ่งช่วยให้องค์กรมีความได้เปรียบในด้านความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อันเป็นประเด็นที่ผู้บริโภคและนักลงทุนในยุคปัจจุบันให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก

3. รูปแบบการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย ประกอบด้วย ได้แก่ รูปแบบ LOMC ประกอบด้วย 1) ภาวะผู้นำ (L = Leadership) 2) นโยบายการจัดการองค์กร (O = Organizational Management Policy) 3) การจัดการนวัตกรรม (I = Innovation Management) และ 4) การได้เปรียบทางการแข่งขัน (C = Competitive Advantage) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะภาวะผู้นำที่ผลมีต่อตัวแปรความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Barsei et al. (2024); Hussain, & Li (2022) ที่ชี้ให้เห็นว่า ผู้นำที่มีวิสัยทัศน์และสามารถปรับตัวได้ดีจะมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนองค์กร โดยเฉพาะในภาคพลังงานสะอาดซึ่งต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของข้อกำหนดและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง และนวัตกรรมจัดการที่ประกอบด้วยด้านผลิตภัณฑ์ ด้านกระบวนการ และด้านการบริการ ซึ่งสามารถทำให้ธุรกิจพลังงานสะอาดมีศักยภาพในการแข่งขัน สอดคล้องกับข้อค้นพบ Batool et al. (2023) ที่ระบุว่า นวัตกรรมจัดการที่เน้นการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการผลิตพลังงานทดแทน เช่น การนำระบบพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในพื้นที่ชนบทสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองความต้องการของตลาด พร้อมทั้งช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้นวัตกรรมเหล่านี้กลายเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแข่งขันขององค์กร รวมถึงศักยภาพในการแข่งขันที่ประกอบด้วยสินค้ามีคุณภาพ อำนาจทางการตลาดและภาพลักษณ์ที่ดีจากลูกค้า ซึ่งทำให้ ธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทยประสบความสำเร็จ สอดคล้องกับข้อค้นพบของนักวิชาการหลายท่าน เช่น Barsei et al. (2024) ชี้ให้เห็นว่า การนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาใช้สามารถลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่ Manit et al. (2024) กล่าวว่า การพัฒนาวัสดุและกระบวนการผลิตที่มีเสถียรภาพช่วยเพิ่มความทนทานและประสิทธิภาพของเทคโนโลยีพลังงานสะอาด ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน



6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรขยายขอบเขตการวิจัยไปยังผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดประเภทอื่นๆ นอกเหนือจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น พลังงานลม พลังงานชีวมวล หรือไฮโดรเจนสีเขียว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จและศักยภาพในการแข่งขันในแต่ละประเภทธุรกิจ

2. ควรนำตัวแปรบริบทเพิ่มเติมเข้ามาศึกษา เช่น นโยบายภาครัฐด้านพลังงานในระดับพื้นที่ การสนับสนุนทางการเงิน เทคโนโลยีดิจิทัล และปัจจัยด้านวัฒนธรรมองค์กร เพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างให้มีความครอบคลุมและสามารถอธิบายความสำเร็จของธุรกิจพลังงานสะอาดในบริบทประเทศไทยได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น

7. องค์ความรู้ที่ได้รับ

จากข้อค้นพบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้พัฒนา LOMC Model ซึ่งเป็นองค์ความรู้เชิงบูรณาการที่ใช้เป็นแนวทางในการยกระดับความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดของประเทศไทย โดยแบบจำลองดังกล่าวประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (L = Leadership) ภาวะผู้นำที่มีวิสัยทัศน์และความรับผิดชอบต่อสังคม (O = Organizational Management Policy) นโยบายการบริหารจัดการองค์กรที่ชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทเชิงนโยบายของประเทศ (M = Management Innovation) นวัตกรรมจัดการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการดำเนินธุรกิจ (C = Competitive Potential) ศักยภาพในการแข่งขันที่นำไปสู่ความสำเร็จและความยั่งยืนของธุรกิจพลังงานสะอาด แบบจำลอง LOMC จึงสะท้อนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยสำคัญที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกรอบแนวคิดเชิงกลยุทธ์ในการพัฒนาผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาดในบริบทประเทศไทยอย่างเป็นระบบและยั่งยืน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ความรู้ที่ได้รับ

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (2567). ข้อมูลผู้ประกอบการธุรกิจพลังงานสะอาด. เข้าถึงได้จาก <https://datawarehouse.dbd.go.th/stats/35101?type=business>
- กระทรวงพลังงาน. (2563). รายงานประจำปี 2562. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- Barsei, A. N., Pamungkasih, E., Sabtohadhi, J., Asmoro, B. T., Anindyasari, Y., & Saputra, A. (2024). Community-based centralized solar mini-grid management for rural electrification: Evidence from remote villages. *E3S Web of Conferences*, 506, 1-8.
- Batool, K., Zhao, Z. Y., Irfan, M., Ullah, S., & Işık, C. (2023). Assessing the competitiveness of Indian solar power industry using the extended Five Forces Model: A green innovation perspective. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(34), 82045-82067.
- Diamantopoulos, A., & Sigauw, J. A. (2000). *Introducing LISREL: A guide for the uninitiated*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.



- Farhan, B. Y. (2024). Visionary leadership and innovative mindset for sustainable business development: *Case studies and practical applications*. *Research in Globalization*, 8, 1-11.
- Gilmanshin, I. (2024). Modeling the operating modes of solar power plants for powering reclamation plants for water treatment and wastewater reuse. *E3S Web of Conferences*, 542, 01001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454201001>
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139-151. <https://doi.org/10.2753/MTP10696679190202>
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53-60. <https://doi.org/10.21427/D7CF7R>
- Hussain, N., & Li, B. (2022). Entrepreneurial leadership and entrepreneurial success: The role of knowledge management processes and knowledge entrepreneurship. *Frontiers in Psychology*, 13, 829959. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.829959>
- Johansson, B., Despeisse, M., Bokrantz, J., Braun, G., Cao, H., Chari, A., Fang, Q., González Chávez, C. A., Skoogh, A., Söderlund, H., Wang, H., Wärmeffjord, K., Nyborg, L., Sun, J., Örtengren, R., Schumacher, K. A., Espinal, L., Morris, K. C., Nunley, J. Jr., Kishita, Y., Umeda, Y., Acerbi, F., Pinzone, M., Persson, H., Charpentier, S., Edström, K., Brandell, D., Gopalakrishnan, M., Rahnama, H., Abrahamsson, L., Öhrwall Rönnbäck, A., & Stahre, J. (2024). Challenges and opportunities to advance manufacturing research for sustainable battery life cycles. *Frontiers in Manufacturing Technology*, 4, 1360076. <https://doi.org/10.3389/fmtec.2024.1360076>
- Juniarti, A. T., Setia, B. I., Alghifari, E. S., & Sya'roni, D. A. W. (2024). Green leadership and competitive advantage: The role of mediation from knowledge management and talent management. *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 11(3). <https://doi.org/10.15549/jeecar.v11i3.1648>



- MacCallum, R. C., Browne, M. W., & Sugawara, H. M. (1996). Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling. *Psychological Methods*, 1(2), 130-149. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.2.130>
- Manit, J., Kanjanaboos, P., Naweephattana, P., Naikaew, A., Srathongsian, L., Seriwattanachai, C., Supruangnet, R., Nakajima, H., Eiamprasert, U., & Kiatisevi, S. (2024). Towards device stability of perovskite solar cells through low-cost alkyl-terminated SFX-based hole transporting materials and carbon electrodes. *Scientific Reports*, 14(1), 1-13.
- Marzouk, O. A. (2024). Portrait of the decarbonization and renewables penetration in Oman's energy mix, motivated by Oman's national green hydrogen plan. *Energies*, 17(19), 4769.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1967). *Psychometric Theory*. New York: McGraw Hill.
- Rastegar, H., Eweje, G., & Sajjad, A. (2024). The impact of environmental policy on renewable energy innovation: A systematic literature review and research directions. *Wiley Sustainable Development*, 32(4), 3859-3876.
- Sarker, M. T., Haram, M. H. S. M., Ramasamy, G., Al Farid, F., & Mansor, S. (2023). Solar photovoltaic home systems in Malaysia: A comprehensive review and analysis. *Energies*, 16(23), 7718.
- Wenten, I. G., Khoiruddin, K., & Siagian, U. W. (2024). Green energy technologies: A key driver in carbon emission reduction. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 56(2), 143-192.