

**การพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อวางแผนติดตั้ง
เซลล์แสงอาทิตย์ตามเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย
กรณีศึกษา เทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอมะแมะ จังหวัดลำปาง**

วันที่รับ : 11 พฤศจิกายน 2568
วันที่แก้ไข : 24 เมษายน 2569
วันที่ตอบรับ : 27 เมษายน 2569

ธัญญพัทธ์ ทิพย์สุภวงค์^{1*}, พงศธร คำใจหนัก²,
ประภาพร แสงบุญเรือง³, อัญธิชา รุ่งแสง³,
เอกรัฐ อินท๊ะวงศา⁴ และ วราคม วงศ์ชัย⁴

¹หน่วยปฏิบัติการส่วนหน้า อว. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง

²คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง

³คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง

⁴คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง

*Corresponding author e-mail:Thunyapat_jeab@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอมะแมะ จังหวัดลำปาง และเพื่อวางแผนการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณ ดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาในช่วงปี พ.ศ. 2561-2566 จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนร่วมกับดัชนีฤดูกาล เพื่อพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงปี พ.ศ. 2567-2573 ผู้วิจัยทำการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกที่ต้องการตามเป้าหมาย และคำนวณขนาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่จำเป็นต้องติดตั้งโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3.41 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน สุดท้ายทำการสำรวจพื้นที่ว่างเปล่าของเทศบาลเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการติดตั้ง จากการศึกษาพบว่าเทศบาลตำบลแม่เมาะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 115,234.16 kgCO₂e ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2566 ผลการพยากรณ์แสดงให้เห็นว่าในช่วงปี พ.ศ. 2567-2573 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 133,222.55 kgCO₂e ต่อปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 17,988.39 kgCO₂e เมื่อเทียบกับปัจจุบัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 46,796.93 kgCO₂e ต่อปี ซึ่งจะต้องผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ 91,525.39 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี หรือเท่ากับ 250.75 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน จากผลการวิจัยนี้ เทศบาลตำบลแม่เมาะสามารถดำเนินการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 73.46 กิโลวัตต์ บนพื้นที่ว่างเปล่าที่มีอยู่ เพื่อสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามนโยบายประเทศไทย 4.0 และเป็นแนวทางเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการตัดสินใจเชิงนโยบาย เช่น การบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรบูรณาการผลการวิจัยนี้เข้ากับแผนยุทธศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน

ของเทศบาลแม่เมาะ เพื่อให้การดำเนินงานด้านพลังงานทดแทนเกิดความต่อเนื่องในระยะยาว ควรดำเนินการขยายผลการศึกษา ไปยังหน่วยงานท้องถิ่นอื่นในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก, เซลล์แสงอาทิตย์, การพยากรณ์

FORECASTING GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM ELECTRICITY CONSUMPTION FOR SOLAR PV INSTALLATION PLANNING TO MEET THAILAND'S EMISSIONS REDUCTION TARGETS: A CASE STUDY OF MAE MOH SUBDISTRICT MUNICIPALITY, MAE MOH DISTRICT, LAMPANG PROVINCE

Received: November 11, 2025

Revised: April 24, 2026

Accepted: April 27, 2026

Thanyapat Thipsupawong^{1*}, Pongsatorn Khamjainuk²

Prapaporn Sangboonruang³, Anthicha Rungsang³,

Aekarath Intawongsa⁴, and Warakhom Wongchai⁴

¹Operation unit Rajabhat University, Lampang, Thailand

²Faculty of Education, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand

³Faculty of Humanities and Social Sciences, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand

⁴Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand

*Corresponding author e-mail:Thunyapat_jeab@hotmail.co.th



Abstract

The objectives of this research were to 1) forecast greenhouse gas emissions from electricity consumption in the Mae Moh Subdistrict Municipality, Mae Moh Subdistrict Lampang Province, and 2) develop a solar photovoltaic (PV) installation plan to reduce emissions by 25 percent, with target year of 2030. A quantitative research approach was used. Data on electricity use and associated greenhouse gas emissions from 2018 to 2023 were collected and calculated. These data were analyzed using the Decomposition Method with a Seasonal Index to forecast emissions for 2024–2030. The required emission-reduction target was determined, and the necessary PV system size was estimated based on prior studies indicating that a 1 kW solar PV system can generate 3.41 kWh of electricity per day. An assessment of available municipal land was conducted to evaluate installation feasibility. Results show that the Mae Moh Subdistrict Municipality emitted an average of 115,234.16 kgCO₂ eq per year from electricity consumption during 2018–2023. Forecasts indicate that emissions will average 133,222.55 kgCO₂ eq per year between 2024 and 2030, representing an annual increase of 17,988.39 kgCO₂ eq relative to current levels. To achieve the 25 percent reduction target by 2030, the municipality must reduce emissions by 46,796.93 kgCO₂ eq per year. This requires generating 91,525.39 kWh of electricity annually, or approximately 250.75 kWh per day, through a solar PV system. Based on these calculations, a 73.46 kW solar PV system is recommended for installation on available open land within the municipality to support national emission reduction goals. The findings suggest that the installation of a solar PV system is both feasible and aligned with Thailand's strategic direction for renewable energy



under the Thailand 4.0 policy and serves as a crucial strategic guideline for policy decision-making, such as efficient resource management. Integrating the study's results into the municipality's environmental and energy strategic plans can help ensure the long-term sustainability of renewable energy initiatives. Additionally, expanding this research model to nearby local administrative units may enhance the overall effectiveness of greenhouse gas reduction efforts at the national level.

Keywords: Greenhouse gas, Solar cell, Forecast

บทนำ

ประเทศไทยมีมาตรการการขับเคลื่อนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) สอดคล้องกับการกำหนดแนวทางในการพัฒนาประเทศ ภายหลังจากคณะรัฐมนตรีเข้าร่วมประชุมรัฐภาคีอนุสัญญา สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (Conference of Parties: COP21) ณ กรุงปารีส เมื่อปลายปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา ได้นำนโยบายจากมติที่ประชุมที่มีเป้าหมายในการรักษาระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส ด้วยการจำกัดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อลดความเสี่ยงจากผลกระทบรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศไทยมีการกำหนดเป้าหมายไว้ว่าจะลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างน้อย 20-25 ภายในปี พ.ศ. 2573 มุ่งเน้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในแผนพลังงานประเทศให้มากขึ้น และการขับเคลื่อนตามเป้าหมายของแผนอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2558-2579 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2568) ปัจจุบัน ประเทศไทยได้อยู่ภายใต้เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้เสนอไว้กับประชาคมโลก (National Determined Contribution: NDC) โดยภายในปี 2030 จะต้องลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างน้อย 20-25 จากกรณีดำเนินการตามปกติ โดยการคำนวณคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยน่าจะอยู่ที่ 555 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO₂e) หากจะลดลงร้อยละ 20-25 นั้นจะต้องลดลงอย่างน้อย 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบร่างแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี 2021-2030 เพื่อให้ทุกภาคส่วนได้มีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้บรรลุได้ตามเป้าหมายได้มากกว่า 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีรายละเอียดดังนี้ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2563) ภาควิชาพลังงานและการขนส่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 113 ล้านตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็น 20.4% โดยส่งเสริมให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรม, การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร, การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์, การใช้ระบบขนส่งสาธารณะ, การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในยานพาหนะ, การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า, การใช้พลังงานลม, การใช้พลังงานแสงอาทิตย์, การใช้พลังงานทดแทน และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในครัวเรือน ภาคการจัดการของเสียลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 2 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็น 0.3% โดยการจัดการขยะมูลฝอย, การจัดการน้ำเสียชุมชน, การนำกากขี้เถ้ากลับมาใช้ประโยชน์ และการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม ภาคกระบวนการทางอุตสาหกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 0.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็น 0.1% โดยส่งเสริมการใช้วัสดุทดแทนปูนเม็ด และการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น ในปี 2567 ภาคการผลิตไฟฟ้า มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.1 เมื่อเทียบกับปีก่อน สอดคล้องกับการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.5 เพื่อรองรับความต้องการใช้ที่สูงขึ้นตามเศรษฐกิจที่ขยายตัวและสภาพอากาศที่ร้อนจัด สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2566) การลดก๊าซเรือนกระจกเป็นเป้าหมายสำคัญของประเทศไทย และเพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะถูกปล่อยออกมา เพื่อให้สามารถวางแผนและดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีที่มีอัตราการลดก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการลงทุนที่คุ้มค่าที่สุด และเป็นเทคโนโลยีหลักที่หลายประเทศใช้เพื่อบรรลุการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Jäger-Waldau et al., 2020)

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของการมีส่วนร่วม ในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อตอบสนองนโยบายของประเทศไทยในการลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างน้อย ร้อยละ 20-25 โดยตระหนักว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นคือกลไกพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยให้เป้าหมายระดับประเทศสัมฤทธิ์ผลได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

จึงได้ทำการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อวางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมายของประเทศไทย โดยใช้เทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นกรณีศึกษาในการวางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



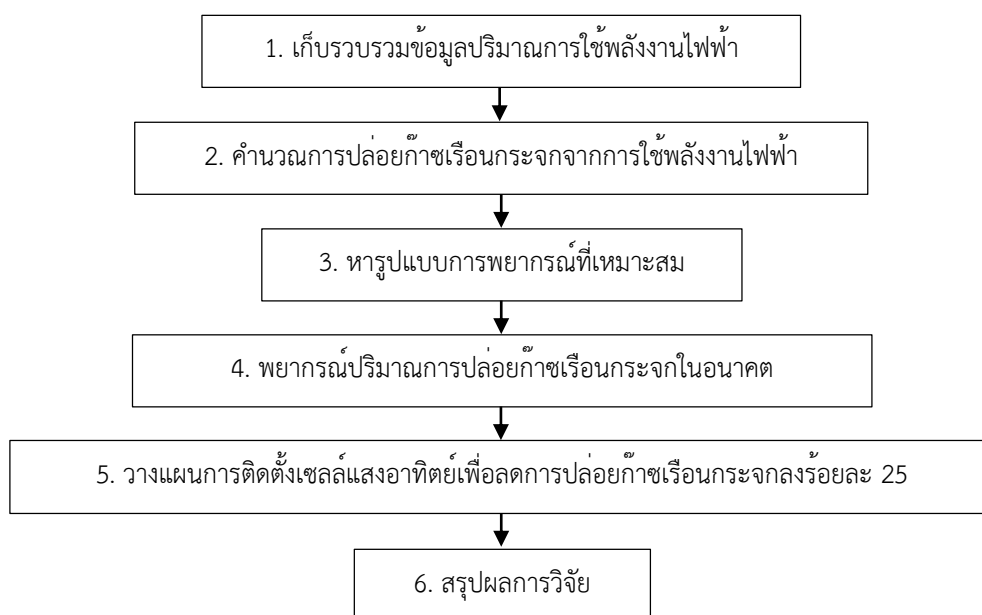
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของเทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
2. เพื่อประเมินวางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573



วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังภาพ 1



ภาพ 1 วิธีการดำเนินการวิจัยการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
เพื่อวางแผนติดตั้งโซลาร์เซลล์ของประเทศไทย

1. เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยงานทั้งหมดภายในเทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตั้งแต่เดือนมกราคมปี พ.ศ.2561 ถึง ธันวาคมปี พ.ศ. 2566 เก็บข้อมูลจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าของแต่ละเดือน โดยใช้แบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยข้อมูลดังกล่าวจะใช้ในการคำนวณทั้งหมด โดยไม่มีการคัดลอกหรือสุ่มตัวอย่าง

2. คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้สมการที่ 1 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2568) โดยใช้ค่า EF_i เท่ากับ 0.5193 kgCO₂eq/kWh อ้างอิงตามสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าในปี 2561 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2561)

$$GHG_i = A_i \times EF_i \quad (1)$$

โดยที่

GHG_i	คือ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ eq)
A_i	คือ	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (kWh)
EF_i	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

3. หารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Mean absolute deviation: MAD), (Residual standard error: RSE), (Mean squared error: MSE), (Mean absolute percentage error: MAPE) จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธีดังนี้

3.1 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average)

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ในช่วงระยะสั้น ๆ โดยใช้ข้อมูลในอดีตคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาถัดไป โดยใช้สมการดังนี้ (ประจักษ์ พรหมงาม, 2563)

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_{t-i}}{n} \quad (2)$$

โดยที่

Y_t	คือ	ค่าพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับช่วงเวลา t
D_t	คือ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของช่วงเวลา t
D_{t-1}	คือ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของช่วงเวลา t-1
n	คือ	จำนวนจุดของข้อมูลในการหาค่าเฉลี่ย

3.2 การถดถอยแบบโพลีโนเมียล (Polynomial regression)

การวิเคราะห์ด้วยการถดถอยแบบโพลีโนเมียลแบบหลายตัวแปร เป็นการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นโค้ง โดยศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป มีรูปแบบสมการถดถอยดังนี้ (ธรรศกรณ์ เสวตสุทธิพันธ์ และพีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, 2564)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 \quad (3)$$

โดยที่

Y_t	คือ	ค่าของตัวแปรตาม
β	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย
X	คือ	ค่าของตัวแปรอิสระ

3.3 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple linear regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเป็นสถิติที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) รวมไปถึงการสร้างสมการเชิงเส้นตรงที่สามารถใช้ในการทำนายตัวแปรตามที่น่าสนใจในระบบได้ โดยใช้สมการดังนี้ (ณิชาณซ์ เกศมุกดา, 2564)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X \quad (4)$$

โดยที่

Y	คือ	ค่าของตัวแปรตาม
β	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์
X	คือ	ค่าของตัวแปรอิสระ

3.4 วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วน และดัชนีฤดูกาล (Decomposition method and seasonal index)

วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ คือ วิธีการพยากรณ์ที่สามารถแยกส่วนประกอบข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 4 ส่วน คือ แนวโน้ม (Trend: T) ความแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal variation: S) ความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical variation: C) และเหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular variation: I) การแยกส่วนประกอบของข้อมูลทำให้สามารถศึกษาอิทธิพลของส่วนประกอบที่มีผลต่อลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุปสงค์อาจเกิดขึ้นจากอิทธิพลของแนวโน้มและความผันแปรตามฤดูกาล สมการดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังนี้ (จุฑาทิพย์ ลีลาธนาพิพัฒน์ และคนอื่น ๆ, 2565)

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times R_t \quad (5)$$

โดยที่

Y_t	คือ	ข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลาที่ t
T_t	คือ	แนวโน้มแสดงอัตราการเพิ่มหรือลดลงของข้อมูล ณ เวลาที่ t
S_t	คือ	ดัชนีฤดูกาล ณ เวลาที่ t
C_t	คือ	ความผันแปรตามวัฏจักร ณ เวลา t
R_t	คือ	ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า เฉลิมชาติธีระวิริยะ (2560) ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม โดยใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจังหวัดนครพนม เปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เกณฑ์พิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAD) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) ที่ต่ำที่สุด ใช้วิธีการพยากรณ์ 6 วิธี คือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์ 6) วิธีแยกส่วนประกอบ ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดคือการพยากรณ์โดยวิธีแยกส่วนประกอบ ณภัฏจันทร์ ด้านสวัสดิ์ (2566) ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบ

ความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีได้แก่ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 3) วิธีปรับเรียบ เอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) วิธีแยกส่วนประกอบจากนั้นจะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษามากที่สุด จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

4. พยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

5. วางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีลงร้อยละ 25 เริ่มตั้งแต่ปี 2567 ถึง ปี 2573



ผลการวิจัย

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

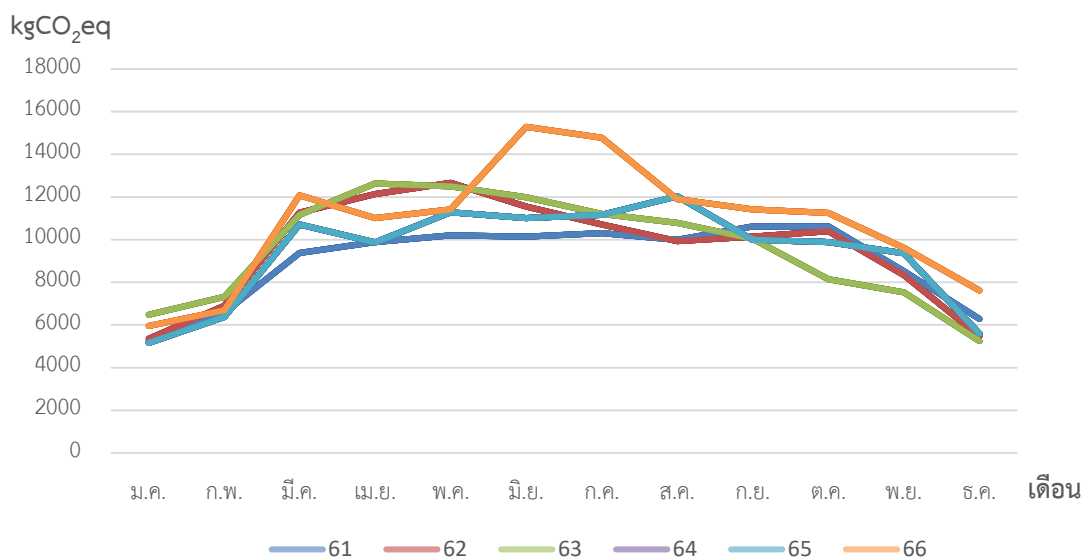
ตั้งแต่เดือนมกราคมปี พ.ศ.2561 ถึง ธันวาคมปี พ.ศ. 2566 เทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีการใช้ไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 2



จากภาพ 2 แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณที่ไม่คงที่ ช่วงต้นปีมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และจะลดลงในช่วงปลายปี โดยมีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 18,781.24 หน่วยต่อเดือน

2. ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากการใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงดังภาพ 3 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 115,234.16 kgCO₂eq ต่อปี



ภาพ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน (kgCO₂eq)

3. การหาค่าพยากรณ์ที่เหมาะสม

เป็นการหาค่าพยากรณ์ที่เหมาะสมในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือน

3.1 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ได้หาค่าเฉลี่ย 2 ช่วงเวลา

3.2 การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial regression) วิธีการถดถอยแบบพหุนามได้รูปแบบสมการในการพยากรณ์ดังนี้

$$y = 0.3821x^2 + 8.0282x + 9,221.8$$

3.3 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple linear regression analysis) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายได้รูปแบบสมการในการพยากรณ์ดังนี้

$$y = 8,877.76 + 19.87x$$

3.4 วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วน และดัชนีฤดูกาล (Decomposition method) ได้ค่าดัชนีฤดูกาลในแต่ละเดือนดังแสดงในตาราง 1 และมีรูปแบบ สมการเส้นตรงที่ปราศจากอิทธิพลฤดูกาล (Deseasonalizing) เพื่อใช้สมการเส้นตรงพยากรณ์แนวโน้มในอนาคต แล้วนำ ดัชนีฤดูกาล คูณกลับเข้าไปเพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ โดยสมการเส้นตรงแสดงดังนี้

$$y = 8,927.48 + 19.01x$$

ตาราง 1 ค่าดัชนีฤดูกาลในแต่ละเดือน

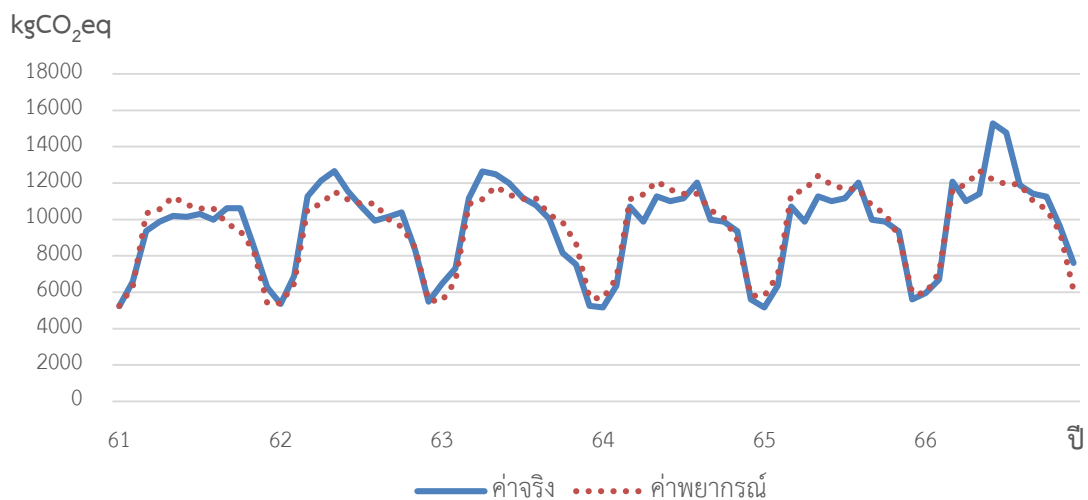
เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	0.5877	กรกฎาคม	1.1702
กุมภาพันธ์	0.7034	สิงหาคม	1.1687
มีนาคม	1.1499	กันยายน	1.0751
เมษายน	1.1746	ตุลาคม	1.0281
พฤษภาคม	1.2472	พฤศจิกายน	0.9038
มิถุนายน	1.1967	ธันวาคม	0.5917

จากการใช้วิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีการถดถอยแบบโพลีโนเมียล, การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วน และดัชนีฤดูกาล ได้ค่า MAD, RSE, MSE และ MAPE ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแต่ละวิธี

วิธีการพยากรณ์	MAD	RSE	MSE	MAPE
วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	1,634.06	2,171.93	4,651,779.90	18.81
วิธีการถดถอยแบบโพลีโนเมียล	2,209.11	2,992.86	8,832,782.30	31.16
การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย	1,944.76	2,372.96	5,552,734.55	24.41
วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาล	690.35	899.37	797,631.50	7.10

จากตาราง 2 พบว่าวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาลมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอดีตเทียบกับค่าการพยากรณ์วิธีแบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาลแสดงดังภาพที่ 4 จึงใช้วิธีการดังกล่าวในการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2567-2573



ภาพ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอดีตเทียบกับค่าการพยากรณ์

4. พยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต

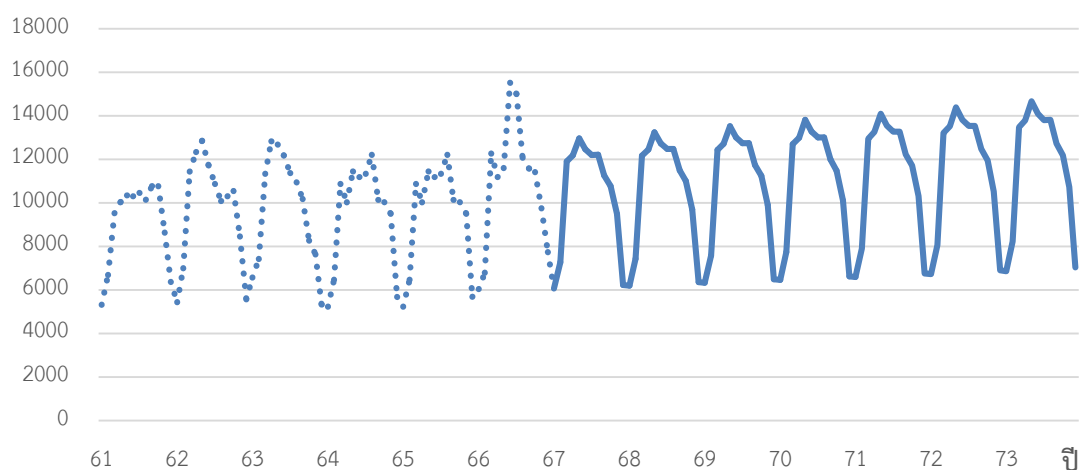
ผลการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2567-2573 แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2567-2573

ปี	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปี (kgCO ₂ eq)	เพิ่มขึ้นจากปีฐาน (kgCO ₂ eq)
67	125,011.09	9,776.93
68	127,748.24	12,514.08
69	130,485.40	15,251.24
70	133,222.55	17,988.39
71	135,959.71	20,725.55
72	138,696.86	23,462.70
73	141,434.02	26,199.86
เฉลี่ยเท่ากับ 133,222.55 kgCO ₂ eq ต่อปี		เฉลี่ยเท่ากับ 17,988.39 kgCO ₂ eq ต่อปี

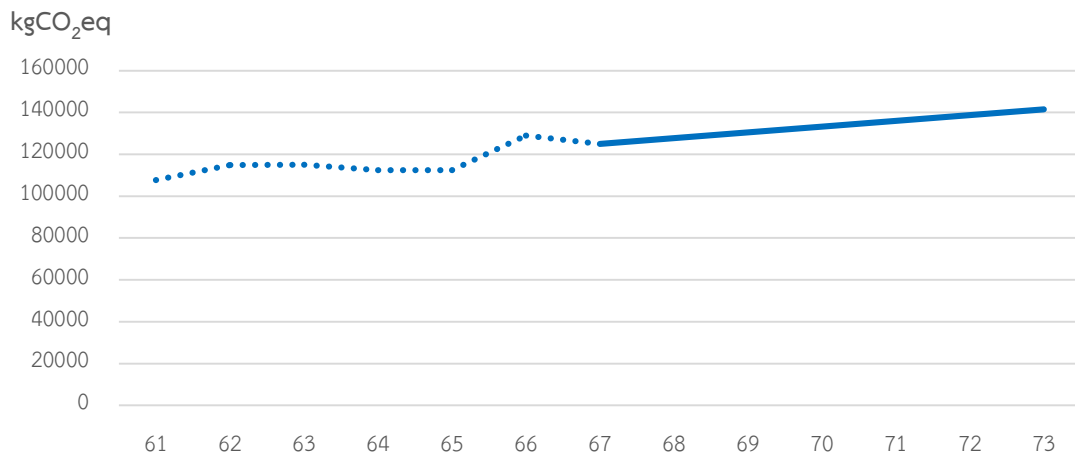
จากผลการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีพ.ศ. 2567 ถึง พ.ศ.2573 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 133,222.55 kgCO₂eq ต่อปี และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน(ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี 2561-2566) เฉลี่ย 17,988.39 kgCO₂eq ต่อปี ผลการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐานแสดงดังภาพ 5

kgCO₂eq



ภาพ 5 ผลการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2567-2573

5. วางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 25



ภาพ 6 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น

จากแผนการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมุ่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 25 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐานมีค่าเท่ากับ 115,234.16 kgCO₂eq ต่อปี การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 25 จากค่าดังกล่าว หมายถึงจะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 28,808.54 kgCO₂eq ต่อปี เมื่อพิจารณาพร้อมกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 17,988.39 kgCO₂eq ต่อปี ทำให้เทศบาลตำบลแม่เมาะจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม 46,796.93 kgCO₂eq เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว ซึ่งเทศบาลตำบลแม่เมาะจะต้องดำเนินการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 73.46 กิโลวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 250.75 หน่วยต่อวัน หรือคิดเป็น 91,525.39 หน่วยต่อปี



อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อวางแผนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ตามเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย กรณีศึกษา เทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีประเด็นที่น่าสนใจอภิปรายผลประกอบด้วยดังนี้

1. การพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเทศบาลตำบลแม่เมาะ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์จำนวน 4 วิธี ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ การถดถอยแบบพหุคูณ การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนร่วมกับดัชนีฤดูกาล ผลการศึกษา พบว่า วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาลให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ (อัญพัชร คงวัฒนานันท์ และคนอื่น ๆ, 2566) ที่ศึกษาการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาของวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ซึ่งพบว่าวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาลเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเทศบาลตำบลแม่เมาะมีความผันแปรตามฤดูกาลอย่างชัดเจน กล่าวคือ มีการใช้พลังงานต่ำในฤดูหนาว เพิ่มขึ้นในฤดูฝน และสูงสุดในฤดูร้อน ส่งผลให้วิธีดังกล่าวสามารถจำลองรูปแบบการเปลี่ยนแปลงได้อย่างแม่นยำมากกว่า

เทคนิคอื่น เมื่อประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวในการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงปี พ.ศ. 2567–2573 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 133,222.55 kgCO₂eq ต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐานเฉลี่ย 17,988.39 kgCO₂eq ต่อปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า หากไม่มีมาตรการควบคุมหรือแทรกแซงที่เหมาะสม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2. การประเมินและวางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 จากเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลตำบลแม่เมาะจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม 46,796.93 kgCO₂eq ต่อปี ซึ่งเทียบเท่ากับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานสะอาด 250.75 หน่วยต่อวัน ในการกำหนดขนาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม งานวิจัยได้อ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ใกล้เคียงและในประเทศไทยจำนวน 3 เรื่อง ดังนี้ (เอกพันธ์ ผัดศรี และคนอื่น ๆ, 2561) พบว่าใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิกอน ยี่ห้อ Solartron รุ่น SP325 ขนาด 325 วัตต์ ขนาดแผง 992x1956x40 มิลลิเมตร จำนวน 927 แผง โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 900 หน่วย (สุรกิจ ทองสุก และอรรถพล เก้าพิทักษ์กุล, 2561) พบว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 กิโลวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 83.59 หน่วย (ณัฐภัทร สิริพันธุ์, 2561) ได้ทำการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 25 กิโลวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 76.45 หน่วย จากค่าเฉลี่ยของงานวิจัยทั้ง 3 เรื่อง พบว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3.41 หน่วยต่อวัน จากเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างน้อย 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จะต้องติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 73.46 กิโลวัตต์ เพื่อผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ 250.75 หน่วยต่อวัน เพื่อรองรับความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ ในด้านความเป็นไปได้เชิงพื้นที่ ระบบดังกล่าวต้องการพื้นที่ติดตั้งประมาณ 600–900 ตารางเมตร ซึ่งคาบฟ้าของอาคารเทศบาลมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการติดตั้ง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On-grid) สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉพาะช่วงกลางวัน จึงควรบูรณาการร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน หรือส่งเสริมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานขององค์กรให้สอดคล้องกับช่วงเวลาการผลิตไฟฟ้า เพื่อเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานสะอาดให้เกิดประโยชน์สูงสุด



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาลพบว่า ในปี 2567-2573 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยเท่ากับ 133,222.55 kgCO₂eq ต่อปี จากเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างน้อย 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลตำบลแม่เมาะจะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 46,796.93 kgCO₂eq ต่อปี โดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 73.46 กิโลวัตต์ แนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่กรณีศึกษาอื่น ๆ งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการพยากรณ์เพียง 4 วิธี คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ การถดถอยแบบโพลีโนเมียล การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนและดัชนีฤดูกาล ควรเพิ่มวิธีการพยากรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อศึกษาเปรียบเทียบหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมและมีค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ที่น้อยที่สุด เพื่อจะส่งผลให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น และในการหาวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรมีการศึกษาวិธีการอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนหลอด LED ในสำนักงาน การจัดการขยะมูลฝอย พร้อมทั้งพิจารณาปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ของการเลือกลงทุนในแต่ละวิธี

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะ 25 ของเทศบาลตำบลแม่เมาะควรดำเนินการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 73.46 กิโลวัตต์ บนพื้นที่ว่างเปล่าที่มีอยู่ เพื่อสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามนโยบายประเทศไทย 4.0
2. ควรบูรณาการผลการวิจัยนี้เข้ากับแผนยุทธศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานของเทศบาลตำบลแม่เมาะ เพื่อให้การดำเนินงานด้านพลังงานทดแทนเกิดความยั่งยืนและต่อเนื่องในระยะยาว
3. ควรขยายผลการศึกษานี้ไปยังหน่วยงานท้องถิ่นอื่นในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายขอบเขตการศึกษาไปยังหน่วยงานท้องถิ่นอื่น ๆ ในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการใช้พลังงานและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกในบริบทที่แตกต่างกัน
2. ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พลังงานทดแทนรูปแบบอื่น ๆ นอกเหนือจากเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น พลังงานลม พลังงานชีวมวล หรือพลังงานไฮบริด เพื่อเพิ่มทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนในระบบพลังงานทดแทน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจของหน่วยงานท้องถิ่น
4. ควรมีการศึกษาพฤติกรรมและความตระหนักรู้ของประชาชนและเจ้าหน้าที่ในพื้นที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและการใช้พลังงานทดแทน เพื่อพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารและรณรงค์ที่มีประสิทธิภาพ
5. ควรมีการศึกษาการวิเคราะห์เชิงนโยบายที่เชื่อมโยงผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับพื้นที่กับเป้าหมาย NDC และยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศอย่างเป็นรูปธรรม ควรศึกษาบทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในฐานะกลไกเชิงยุทธศาสตร์ของการขับเคลื่อนนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเทศบาลตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ให้ใช้สถานที่และอนุเคราะห์ให้ข้อมูล และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่สนับสนุนการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- จุฑาทิพย์ สีสานนาพิพัฒน์, ปิยพล ไพจิตร, อรวรรณ เหลืองสีเพชร, จิตต์ปฎิมา ลอยสูงเนิน, สุพรรณวิภา ขุนวิเศษ, และวราณพร สุริยะภาศ. (2565). การพยากรณ์ปริมาณการจัดจำหน่ายอวนสีขี้ม้า: กรณีศึกษา บริษัทผลิตอวนและเชือกโพลี. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 33(1), 101-111. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eit-researchjournal/article/view/244061>
- เฉลิมชาติ ธีระวิริยะ. (2560). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(4), 124-137. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/ahstr/article/view/1686>
- ณภัทน์จันทร์ ด้านสวัสดิ์. (2566). การพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 15(2), 408-422. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/248291>

- ณัฐภัทร สิริพันธุ์. (2561). ระบบแสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่]. <http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/1301>
- ณิชาณัช เกตมุกดา. (2564). การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อคัดแยกงานเสียของผลิตภัณฑ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 38(4), 42-50. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/lej/article/view/245166>
- ธรรศกรณั์ เศวตสุทธิพันธ์ และพิรยัทธ์ ชาญเศรษฐิกุล. (2564). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ของอนุกรมเวลารูปแบบตามฤดูกาลที่มีเลขศูนย์จำนวนมาก. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=694307
- ประจักษ์ พรหมงาม. (2563). การปรับปรุงประสิทธิภาพการพยากรณ์ความต้องการของผู้บริโภคกรณีศึกษาบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 4(2), 24-35. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JSciTech/article/view/449>
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). *แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2564 – 2573*. สำนักงาน. <https://www.onep.go.th/book/แผนที่นำทางการลดก๊าซเร/>
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2566). *สถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคพลังงานรายปี 2566*. สำนักงาน. [https://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-co2/per-year?orders\[publishUp\]=publishUp&isearch=1](https://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-co2/per-year?orders[publishUp]=publishUp&isearch=1)
- สุรกิจ ทองสุก และอรธพล เก่าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(19), 157-169. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/10505>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). *ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) สำหรับการผลิตไฟฟ้าของระบบสายส่งประเทศไทย ปี 2561*. องค์การ. <https://ghgreduction.tgo.or.th/th/download-tver/120-tver-gwp-emission-factor/3377-emission-factor-30-2565.html>
- _____. (2568). 'พลังงานทดแทน' เส้นทางสู่เป้าหมายลด 'ก๊าซเรือนกระจก' ในไทย. องค์การ. <https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th/post/พลังงานทดแทน-เส้นทางสู่เป้าหมายลด-ก๊าซเรือนกระจก-ในไทย-990>
- อัญพัชร คงวัฒนานันท์, การุณย์ ชัยวงษ์, และกิตติศักดิ์ พิมพ์ขัน. (2566). การพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 7(14), 99-113. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/ajsas/article/view/3575>
- เอกพันธ์ ผัดศรี, คณภรณ์ ก้อนแก้ว, และอักรินทร์ อินทนิเวศน์. (2561). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ครั้งที่ 3* (หน้า 95-104). หน่วยวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา.
- Jäger-Waldau, A., Kougias, I., Taylor, N., & Thiel, C. (2020). How photovoltaics can contribute to GHG emission reductions of 55% in the EU by 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 126, 109836. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109836>