

การพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

Forecasting Carbon Dioxide Emissions (CO₂) from Industry Sector in Thailand

ณภัทน์จันทร์ ด่านสวัสดิ์*

Napattchan Dansawad*

Received: 17 December 2020, Revised: 28 February 2021, Accepted: 20 December 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวนทั้งสิ้น 46 ค่า ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า ถูกนำมาใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) วิธีแยกส่วนประกอบ จากนั้นจะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษามากที่สุด จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) ที่ต่ำที่สุด แล้วจึงนำวิธีการพยากรณ์ที่คัดเลือกแล้ว มาหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวน 10 ค่า เพื่อหาว่าวิธีการพยากรณ์นี้เหมาะสมกับช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน

คำสำคัญ: การพยากรณ์, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง, วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ABSTRACT

The purposes of this research were to examine and compare the forecasting methods for carbon dioxide emissions (CO₂) from the industry sector in Thailand. The data were gathered from Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy between January 2017 and October 2020, and 46 values were used and separated into two groups. The first group contained 36 values between January 2017 and December 2019 for studying and comparing the most appropriate forecasting methods by (1) Moving Average Method, (2) Trend Analysis Method, (3) Single Exponential Smoothing Method, (4) Double Exponential Smoothing Method, (5) Triple Exponential Smoothing Method, and (6) Decomposition Method. The suitable forecasting method was chosen by considering the smallest value of Mean Absolute Percent Error and Mean Absolute Deviation. Then the selected suitable method was used to determine the most suitable forecasting period by the second group which contained 10 values from January 2020 to October 2020 for finding the most suitable predictive timing. The result indicated that Double Exponential Smoothing Method was the best and most suitable forecasting 3 months in advance.

Key words: forecasting, double exponential smoothing method, moving average method, CO₂

บทนำ

ข้อมูลจากสถาบันทรัพยากรโลก (World Resource Institute) (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2018) ระบุว่าในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมสูงเป็นอันดับที่ 27 ของโลก และเป็นอันดับที่ 3 ของประเทศในอาเซียน โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นประมาณ 375.7 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นร้อยละ 0.8 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก และในปี พ.ศ. 2563 (Chumme, 2011) ระบุว่าประเทศไทยมีปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับที่ 25 จาก 186 ประเทศทั่วโลก โดยก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศไทยมีการปล่อยออกมามากที่สุด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งมีอัตราการปล่อยก๊าซโดยเฉลี่ยสะสมต่อปีสูงถึงร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับอัตราเฉลี่ยทั่วโลกที่เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.4 ต่อปีเท่านั้น และเมื่อนำปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

เทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกภาคส่วนของกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ซึ่งมีขนาดเศรษฐกิจใหญ่กว่าประเทศไทยเกือบ 10 เท่า (Chumme, 2011) พบว่า ทั้งสองประเทศมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใกล้เคียงกัน

โดยสาเหตุหลักที่ทำให้ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว นั้น สืบเนื่องจากการกระทำและกิจกรรมของประชาชนภายในประเทศ เช่น การขุดพลังงานฟอสซิล อย่างน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ มาใช้ ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมากและรวดเร็ว เกินกว่าที่ต้นไม้และพืชต่างๆ รวมถึงมหาสมุทรจะดูดซับไว้ได้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนพื้นที่ป่าให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และสร้างที่อยู่อาศัย ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ทำให้คาร์บอนที่สะสมอยู่ในเนื้อไม้ ในราก ในดิน ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณการปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณการสะสมของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น ทำให้ฤดูกาลทั่วโลกเปลี่ยนไป ก๊าซเรือนกระจกเป็นก๊าซที่มีความจำเป็นและมีความสำคัญต่อการรักษาระดับอุณหภูมิของโลก เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์แผ่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศและให้ความร้อนแก่โลก พลังงานความร้อนบางส่วนจะทำให้อุณหภูมิภายในโลกมีความอบอุ่น ก่อนที่พลังงานความร้อนนั้นจะถูกแผ่กลับออกสู่อวกาศในรูปรังสีอินฟราเรด โดยในสภาวะปกติรังสีอินฟราเรดที่ถูกแผ่ออกไปบางส่วนจะถูกชั้นบรรยากาศของโลกกักเก็บไว้ตามธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิของโลกอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แต่ถ้าชั้นบรรยากาศของโลกหนาขึ้น เนื่องจากการสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ รังสีอินฟราเรดที่ควรจะถูกแผ่ออกไปบางส่วนสู่อวกาศจะถูกเก็บสะสมรวมกันไว้ที่ชั้นบรรยากาศแทน ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นถึงระดับเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้เช่นกัน

จากปัญหาสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยจึงเป็น 1 ใน 184 ประเทศทั่วโลก ที่ได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมความตกลงปารีส ซึ่งเป็นกลไกภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้อย่างน้อย 7% ภายในปี พ.ศ. 2563 และลดให้ได้ 20-25% ภายในปี พ.ศ. 2573 (Ngamrabiab, 2020)

เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูล

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวนทั้งสิ้น 46 ค่า มาใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยจะศึกษาจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) วิธีแยกส่วนประกอบ การที่ผู้วิจัยเลือกวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีนี้มาใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นวิธีการพยากรณ์ที่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยการนำข้อมูลในอดีตที่มีอยู่มาสร้างสมการการพยากรณ์ โดยที่วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่จะนำข้อมูลในอดีตมาถ่วงน้ำหนักเท่าๆ กัน เพื่อพยากรณ์ค่าต่างๆ ที่ต้องการในอนาคต วิธีแนวโน้มเชิงเส้นจะนำข้อมูลในอดีตมาใช้ ภายใต้ง่อนไขที่ว่าค่าของข้อมูลต่างๆ เมื่อนำมาเขียนกราฟกราฟที่ได้จะต้องมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเท่านั้น สำหรับวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลจะคล้ายๆ กับวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่จะแตกต่างกันตรงที่มีการให้น้ำหนักหรือความสำคัญของข้อมูลที่เกิดขึ้นล่าสุดก่อน กล่าวคือ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย จะเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ไม่มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ในขณะที่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง จะเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง จะเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาล สำหรับวิธีแยกส่วนประกอบ จะใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาล แต่จะมีการแยกองค์ประกอบ ออกเป็นองค์ประกอบ

แนวโน้ม องค์ประกอบฤดูกาล และองค์ประกอบส้อม จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีดังที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัย จะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด มาคำนวณหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษา ก่อนที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยล่วงหน้าอีก จำนวน 14 เดือน คือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง เดือนธันวาคม 2564

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จาก ภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย เป็นรายเดือน ย้อนหลังจำนวนทั้งสิ้น 46 เดือน คือตั้งแต่เดือน มกราคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2563 ซึ่งข้อมูล ดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูล ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า สำหรับศึกษาวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ได้แก่ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีแนวโน้มเชิง เส้น 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธี ปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) วิธีปรับ เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) วิธีแยก ส่วนประกอบ โดยผู้วิจัยจะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ให้ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) และค่าเฉลี่ยความ คลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation : MAD) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่เลือกนั้นจะถือ ว่ามีความเหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลที่ต้องการ ศึกษา จากนั้นจะนำวิธีการพยากรณ์ที่เลือกมาคำนวณ ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 ช่วง คือ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือน มกราคม 2563 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวน 10 ค่า

เพื่อหาว่าวิธีการพยากรณ์นี้เหมาะสมกับช่วงเวลาการ พยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด โดยพิจารณา เทียบเทียบจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุดของทั้ง 3 ช่วงเวลา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

นำ ข้อมูล ปริมาณ การ ปล่อย ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมใน ประเทศไทย ซึ่งรวบรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวน 46 ค่า มาทำการ ตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล ด้วยวิธี บ็อกพล็อต (Box Plot) ทั้งนี้ถ้าหากพบว่ามีข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ จะต้องทำการปรับค่าผิดปกตินั้น โดยใช้วิธี Box-Cox transformation ก่อนที่จะใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ในขั้นตอนต่อไป

2. วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

หลังจากทำการตรวจสอบว่าข้อมูลทั้ง 46 ค่า ว่ามีค่าผิดปกติหรือไม่แล้ว จึงจะนำข้อมูลดังกล่าวมา แบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยข้อมูลชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูล ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า และข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึง เดือนตุลาคม 2563 จำนวน 10 ค่า จากนั้นจะนำข้อมูล ชุดที่ 1 มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method)

เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับสร้างสมการ พยากรณ์ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จากการเฉลี่ยค่า สังเกตล่าสุดจำนวน n ค่า เมื่อกำหนดให้นี้หน้าของ ข้อมูลแต่ละค่ามีค่าที่เท่ากัน และไม่กำหนดจำนวนค่า สังเกต n ที่นำมาเฉลี่ยไว้แน่นอน แต่จะเลือก n ที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดย พิจารณาจากค่า n ที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำ ที่สุด (Taengphukieo and Issarapong, 2019) มีสมการ การพยากรณ์หนึ่งช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังนี้

$$\hat{Y}_t = (A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n+1}) / n \quad (1)$$

เมื่อ \hat{Y}_t แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ t
 A_t แทน ข้อมูลของข้อมูลในช่วงเวลาปัจจุบัน t
 n แทน จำนวนข้อมูลที่จะใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

หากปัจจัยดังกล่าวนั้นมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้น ก็สามารถใช้วิธีนี้ในการสร้างสมการเส้นตรงเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต (Taengphukieo and Issarapong, 2019) โดยมีรูปแบบสมการคือ

2.2 วิธีแนวโน้มเชิงเส้น (Trend Analysis Method)

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่ต้องการศึกษา

$$\hat{Y}_t = a + bt \quad (2)$$

เมื่อ \hat{Y}_t แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ t
 a แทน ค่าตัดแกนที่ช่วงเวลา 0
 b แทน ค่าความชัน
 t แทน ช่วงเวลา t

ความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติเพียงอย่างเดียว ค่าพยากรณ์จะคำนวณได้จากข้อมูลที่ผ่านมทั้งหมด โดยมีกรให้น้ำหนักหรือความสำคัญของข้อมูลแต่ละค่าไม่เท่ากัน การให้น้ำหนักจะให้ความสำคัญกับข้อมูลที่เกิดขึ้นล่าสุด และจะลดหลั่นกันไปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสำหรับค่าของข้อมูลที่ห่างไกลออกไป โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ α มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (Taesombut, 2006) มีสมการพยากรณ์หนึ่งช่วงเวลาล่วงหน้าเป็นเวลา t ดังนี้

2.3 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

(Single Exponential Smoothing Method)

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล มีเฉพาะ

$$\hat{Y}_{t+1} = \phi Y_t + (1-\phi)\hat{Y}_t \quad (3)$$

เมื่อ \hat{Y}_{t+1} แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+1$
 ϕ แทน ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ
 Y_t แทน ค่าจริงในช่วงเวลาปัจจุบัน
 \hat{Y}_t แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ t

กับวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย แต่จะแตกต่างกันตรงที่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย เหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนเพียงอย่างเดียว (ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล) จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับเรียบเพียง 1 ค่า คือ α แต่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง จะมีค่าคงที่สำหรับปรับระดับ 2 ค่า คือ α และ γ (Taesombut, 2006) มีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

2.4 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง

(Double Exponential Smoothing Method)

เรียกอีกอย่างว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ (Holt's Linear Method) เป็นวิธีที่ใช้หลักการของเอ็กซ์โพเนนเชียลมาใช้ซึ่งคล้าย

$$\hat{Y}_{t+n} = L_t + b_t n \quad (4)$$

เมื่อ \hat{Y}_{t+n} แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+n$

L_t แทน ค่าคงที่ จะหาได้จาก

$$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

b_t แทน ค่าประมาณแนวโน้มของข้อมูล จะหาได้จาก $b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

n แทน ช่วงเวลาของการพยากรณ์

α แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

γ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริง กับค่าประมาณแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

2.5 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง (Triple Exponential Smoothing Method) หรือวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์ (Winter's Method) เป็นวิธีที่เหมาะสม

$$\hat{Y}_{t+n} = (L_t + nb_t)S_t \quad (5)$$

เมื่อ \hat{Y}_{t+n} แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+n$

L_t แทน ค่าประมาณแนวระดับของข้อมูลคำนวณจาก

$$L_t = \alpha(Y_t / S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

n แทน ช่วงเวลาของการพยากรณ์

b_t แทน ค่าประมาณแนวโน้ม จะหาได้จาก

$$b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$$

S_t แทน ค่าประมาณฤดูกาล คำนวณได้จาก

$$S_t = \gamma(Y_t / L_t) + (1-\delta)S_{t-1}$$

α แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

γ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริง กับค่าประมาณแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 0

δ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างค่าฤดูกาลจริงกับค่าประมาณฤดูกาล มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

สำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล ใช้พยากรณ์ระยะสั้นถึงปานกลาง ไม่นิยมใช้กับข้อมูลที่เป็นรายปี เพราะจะทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของฤดูกาลได้ แต่นิยมใช้กับข้อมูลควรรอยู่ในรูปรายเดือน รายสัปดาห์ หรือรายวัน ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือนต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 36 ค่าขึ้นไป วิธีการนี้จะยังคงใช้หลักการของเอ็กซ์โพเนนเชียล คือให้ความสำคัญกับข้อมูลไม่เท่ากัน และมีค่าให้ปรับเรียบ 3 ค่าคือ α γ และ δ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้งมี 2 รูปแบบ คือรูปแบบการคูณ และรูปแบบการบวก ในที่นี้จะเลือกศึกษาเฉพาะวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้งในรูปแบบการคูณ (Taesombut, 2006) โดยมีรูปแบบสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

s แทน จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี เช่น ถ้าเป็น ข้อมูลรายเดือน $s=12$

2.6 วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

เป็นวิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยการแยกส่วนประกอบข้อมูลอนุกรมเวลา และนำไปสร้างสมการพยากรณ์ ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา คือ อิทธิพลแนวโน้ม (Trend: T) และอิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal Effect: S) สำหรับอิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Effect: C) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular Effect: I) จะไม่นิยมนำมาพิจารณา เนื่องจากไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดขึ้นในช่วงใด (Taesombut, 2006) ซึ่งตัวแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในรูปแบบการคูณ คือ

$$\hat{Y}_t = T_t S_t; t=1,2,\dots \quad (6)$$

เมื่อ \hat{Y}_t แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ t
 T_t แทน ค่าอิทธิพลของแนวโน้ม สำหรับช่วงเวลา t
 S_t แทน ค่าอิทธิพลของฤดูกาล สำหรับช่วงเวลา t

3. เกณฑ์การเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์

เมื่อนำข้อมูลชุดที่ 1 จำนวนทั้งสิ้น 36 ค่า มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว จึงจะทำการเปรียบเทียบความเหมาะสม

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i / Y_i| \times 100\% \quad (7)$$

เมื่อ e_i แทน ผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
 Y_t แทน ค่าจริง ณ เวลา t

นอกจากค่า MAPE แล้ว ผู้วิจัยจะใช้ค่า MAD พิจารณาความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ควบคู่ไปด้วยกัน โดยค่า MAD นี้ เป็นค่าวัด

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (8)$$

4. การหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

หลังจากการนำข้อมูลชุดที่ 1 จำนวนทั้งสิ้น 36 ค่า มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี และคำนวณหาค่า MAPE และ MAD ของแต่ละวิธีแล้ว จึงจะคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมากที่สุด โดยจะพิจารณาจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด แล้วจึงนำวิธีการพยากรณ์ที่คัดเลือกแล้ว มาหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวน 10 ค่า โดยพิจารณาจากค่า MAPE เพื่อหาว่าวิธีการพยากรณ์นี้เหมาะสมกับช่วงเวลาการ

ระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีที่ศึกษา โดยพิจารณาจาก MAPE ซึ่งเป็นการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง โดยไม่คิดเครื่องหมาย เป็นค่าวัดความถูกต้องที่ไม่มีหน่วย จึงเหมาะที่จะใช้กับการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เดียวกัน หรือเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์หลายวิธีเมื่อใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน (Kawimpas *et al.*, 2015) มีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

ความถูกต้องของการพยากรณ์ ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อน และข้อมูลจะมีหน่วยวัดหน่วยเดียวกันกับสิ่งที่ต้องการวัด (Jitrat, 2015) โดยคำนวณจาก

พยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด ทั้งนี้จะพิจารณาที่ค่า MAPE ก่อน ถ้าหากมีค่าเท่ากัน จึงจะพิจารณาที่ค่า MAD เป็นลำดับถัดไป จากนั้นจะนำวิธีการพยากรณ์ที่เลือก และช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษา มาทำการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยล่วงหน้าอีกจำนวน 14 เดือน

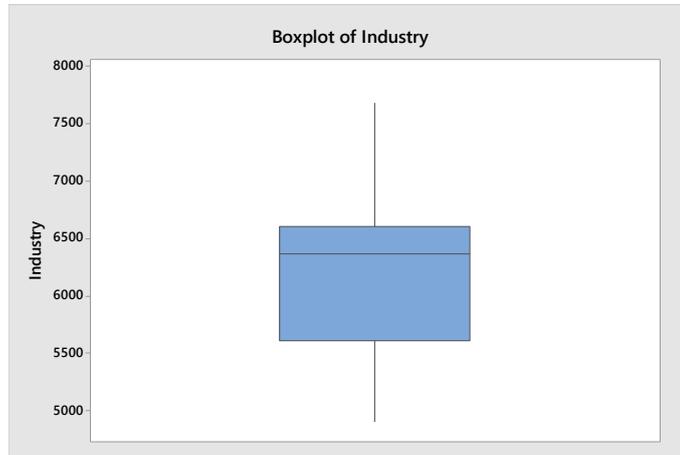
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการนำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย จำนวน 46 ค่า มาทำการตรวจสอบความ

ผิดปกติของข้อมูล ด้วยวิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าไม่มีค่าผิดปกติแต่อย่างใด ดังนั้นจึงสามารถใช้ข้อมูลชุดนี้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการ

พยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นต่อไปได้

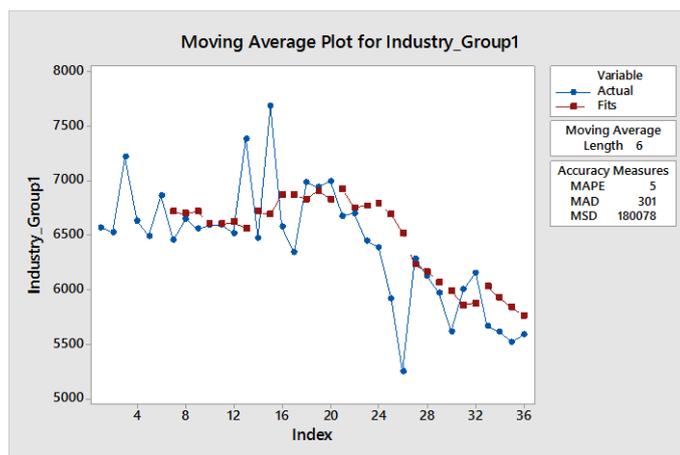


ภาพที่ 1 กราฟบ็อกพล็อต (Box Plot) ของข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย จำนวน 46 ค่า

2. ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีที่ศึกษา

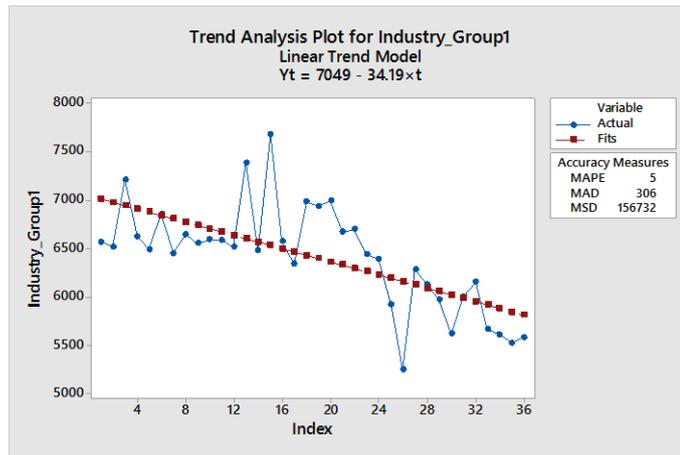
จากนั้นจะแบ่งข้อมูลจำนวน 46 ค่าออกเป็น 2 ชุด โดยจะนำข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า มาทำการศึกษา

ด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีการพยากรณ์ต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

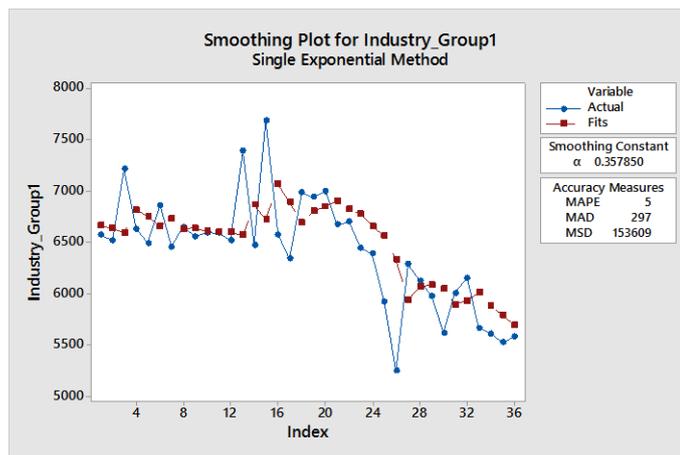
ผลการพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 2 พบว่า มีค่า MAPE = 5 และ ค่า MAD = 301



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฯ ค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีแนวโน้มเชิงเส้น

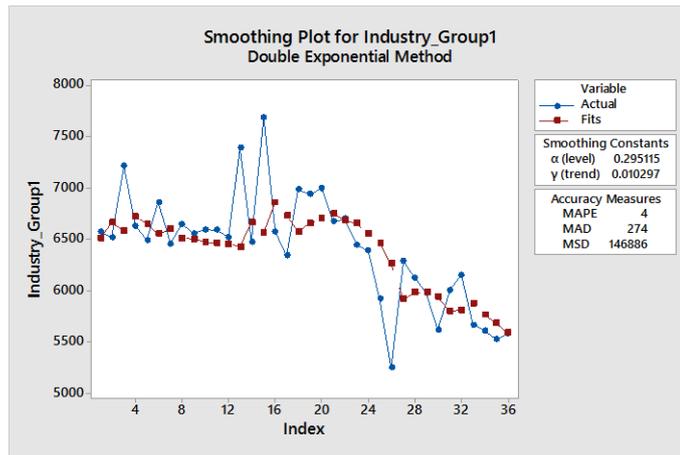
ผลการพยากรณ์โดยวิธีแนวโน้มเชิงเส้น ดัง โดยมีสมการการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_t = 7,049 - 34.19t$

ภาพที่ 3 พบว่า มีค่า MAPE = 5 และ ค่า MAD = 306



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฯ ค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

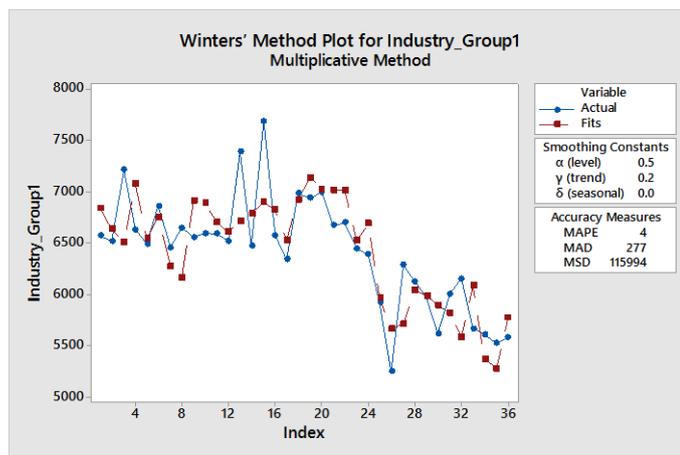
ผลการพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ดังภาพที่ 4 พบว่า มีค่า MAPE = 5 และค่า MAD = 297 โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ (α) โดยประมาณเท่ากับ 0.358



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฯ ค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง

ผลการพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง ดังภาพที่ 5 พบว่า มีค่า MAPE = 4 และค่า MAD = 274 โดยมีค่าคงที่สำหรับ

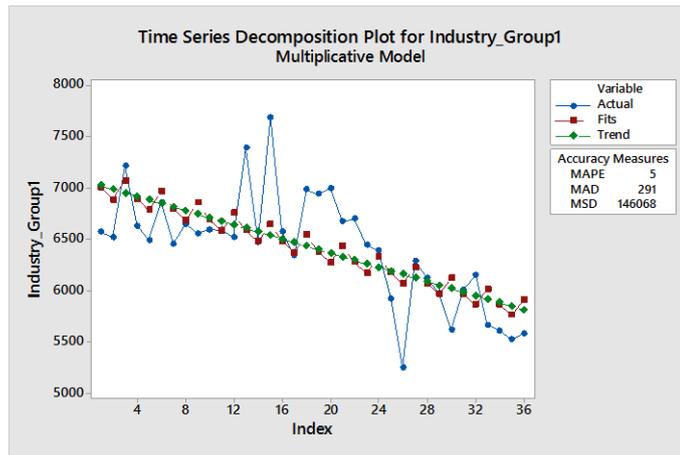
ปรับระดับ 2 ค่า คือ α และ γ โดยประมาณเท่ากับ 0.295 และ 0.010 ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฯ ค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง

ผลการพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง ดังภาพที่ 6 พบว่า มีค่า MAPE = 4 และค่า MAD = 277 โดยมีค่าคงที่ที่ทำให้เรียบ 3

ค่าคือ α , γ และ δ โดยประมาณเท่ากับ 0.5, 0.2 และ 0.0 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฯ ค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

ผลการพยากรณ์โดยวิธีแยกส่วนประกอบ ดังภาพที่ 7 พบว่า มีค่า MAPE = 5 และ ค่าMAD = 291

3. ผลการการเปรียบเทียบความเหมาะสมของการพยากรณ์

เมื่อได้ผลการพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดคือต้องเลือกจากวิธีการพยากรณ์ที่มี MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้จะพิจารณาที่ค่า MAPE ก่อน ถ้าหากมีค่าเท่ากัน จึงจะพิจารณาที่ค่า MAD เป็นลำดับถัดไป ผลการเปรียบเทียบ MAPE และ MAD แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งวิธีที่ให้ค่า MAPE และ MAD ต่ำที่สุด คือ วิธี

ปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 4.0 และ 274 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตามลำดับ ในขณะที่วิธีแนวโน้มเชิงเส้น เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้น วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมากที่สุดคือ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี

| วิธีการพยากรณ์ | ค่า MAPE | ค่า MAD (พันตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า) |
|---------------------------------------------|----------|--------------------------------------------|
| 1. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ | 5.0 | 301 |
| 2. วิธีแนวโน้มเชิงเส้น | 5.0 | 306 |
| 3. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย | 5.0 | 297 |
| 4. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง | 4.0 | 274 |
| 5. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง | 4.0 | 277 |
| 6. วิธีแยกส่วนประกอบ | 5.0 | 291 |

4. ผลการหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีที่ศึกษาข้างต้น พบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมากที่สุด จึงนำวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง มาทำการหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม โดยกำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยคำนวณจากข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวน 10 ค่า ผลการศึกษาพบว่า วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง เหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเพียง 3.61 เมื่อเทียบกับช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน และ 9 เดือน ที่มีค่า MAPE เท่ากับ 5.07 และ 4.49 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง

| ล่วงหน้า 3 เดือน | | ล่วงหน้า 6 เดือน | | ล่วงหน้า 9 เดือน | |
|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|
| ค่าจริง | ค่าพยากรณ์ | ค่าจริง | ค่าพยากรณ์ | ค่าจริง | ค่าพยากรณ์ |
| 5,938.84 | 5,545.29 | 5,938.84 | 5,545.29 | 5,938.84 | 5,545.29 |
| 5,377.04 | 5,501.07 | 5,377.04 | 5,501.07 | 5,377.04 | 5,501.07 |
| 5,354.93 | 5,456.85 | 5,354.93 | 5,456.85 | 5,354.93 | 5,456.85 |
| | | 4,901.71 | 5,412.63 | 4,901.71 | 5,412.63 |
| | | 5,173.14 | 5,368.41 | 5,173.14 | 5,368.41 |
| | | 5,052.43 | 5,324.19 | 5,052.43 | 5,324.19 |
| | | | | 5,197.88 | 5,279.98 |
| | | | | 5,296.57 | 5,235.76 |
| | | | | 5,600.00 | 5,191.54 |
| MAPE = 3.61 | | MAPE = 5.07 | | MAPE = 4.49 | |

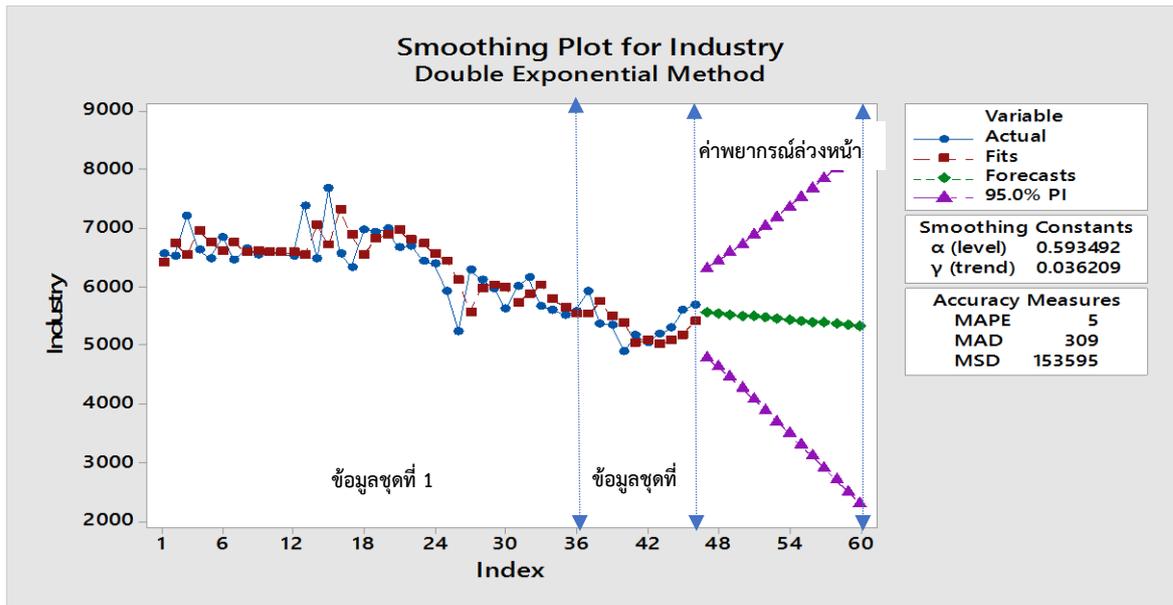
จากการเปรียบเทียบและคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย พบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง มีความเหมาะสมกับข้อมูลดังกล่าวมากที่สุด อาจเนื่องมาจากเป็นวิธีที่มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบจำนวน 2 ค่าในการปรับระดับของข้อมูล โดยใช้ค่า α เป็นค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ และใช้ γ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณแนวโน้ม เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่เกิดขึ้นใหม่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งจะสามารถใช้ได้ดีในกรณีที่ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่ปรากฏอิทธิพลของฤดูกาลเด่นชัด และยังเหมาะสมกับการพยากรณ์ในระยะสั้น จนถึงการพยากรณ์ในระยะปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาของ (Bermúdez *et al.*, 2006; Poonsuan, 2007; Tojumsil and Pimsakul, 2018; Ampawa and Dansawad, 2020)

สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมใน

ประเทศไทยล่วงหน้า จำนวน 14 เดือน คือนับตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2564 โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง สามารถแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 8 ซึ่งผลการพยากรณ์ล่วงหน้าพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย จะยังคงมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรก และจะค่อยๆ ลดต่ำลงมาเรื่อยๆ โดยจะแนวโน้มที่สูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน 2564 มีค่าประมาณ 5,559.59 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในขณะที่เดือนธันวาคม 2564 จะมีแนวโน้มที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าโดยประมาณ 5,333.82 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายในประเทศไทยที่ต้องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้มากขึ้นในทุกๆ ปี ภายหลังจากการลงนามในสัตยาบันเข้าร่วมความตกลงปารีส ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปี 2559 (Limsakul and Jungoth, 2016)

ตารางที่ 3 ค่าพยากรณ์ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (หน่วย: พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) จาก ภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2564 โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง

| ช่วงเวลา | ค่าพยากรณ์ | ช่วงเวลา | ค่าพยากรณ์ |
|-----------------|------------|----------------|------------|
| พฤศจิกายน 2563 | 5,559.59 | มิถุนายน 2564 | 5,438.02 |
| ธันวาคม 2563 | 5,542.22 | กรกฎาคม 2564 | 5,420.65 |
| มกราคม 2564 | 5,524.86 | สิงหาคม 2564 | 5,403.29 |
| กุมภาพันธ์ 2564 | 5,507.49 | กันยายน 2564 | 5,385.92 |
| มีนาคม 2564 | 5,490.12 | ตุลาคม 2564 | 5,368.55 |
| เมษายน 2564 | 5,472.75 | พฤศจิกายน 2564 | 5,351.19 |
| พฤษภาคม 2564 | 5,455.39 | ธันวาคม 2564 | 5,333.82 |



ภาพที่ 8 การพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฯ ล่วงหน้า เดือนพฤศจิกายน 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2564 โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบและคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวนทั้งสิ้น 46 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลดังกล่าวออกเป็น 2 ชุด โดยข้อมูลชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า สำหรับศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ 6 วิธี คือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) วิธีแยกส่วนประกอบ โดยใช้เกณฑ์พิจารณาค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด เพื่อคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการศึกษามากที่สุด และข้อมูลชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูลตั้งแต่เดือน

มกราคม 2563 ถึงเดือนตุลาคม 2563 จำนวน 10 ค่า ใช้สำหรับคำนวณหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการศึกษา จากวิธีการพยากรณ์ที่ได้คัดเลือกมาแล้ว ทั้งนี้จะแบ่งช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยจะพิจารณาจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมากที่สุด และเหมาะสมสำหรับช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน

เอกสารอ้างอิง

Ampawa, P. and Dansawad, N. 2020. A Comparative Forecasting Model of Monthly Rainfall in Pathum Thani Province, pp. 1120-1129. In **National Conference on Innovation Management: Circular Economy with The King's Philosophy for Sustainable Development 5th**. College

- of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani. (in Thai)
- Bermúdez, J.D., Segura, J.V. and Vercher, E. 2006. Improving Demand Forecasting Accuracy using Non-Linear Programming Software. **Journal of the Operational Research Society** 57: 94-100.
- Chumme, W. 2011. **Climate Change Closer and Scary than We Thought!**. Available Source: <https://www.scbeic.com/th/detail/product/703>, November 21, 2020. (in Thai)
- Jitrat, S. 2015. Accuracy Comparison on Stocks of the Information Technology and Communication Sector in the Stock Exchange of Thailand Forecasting Between ARIMA Model and E-GARCH Model. Master Thesis of Economics, Khon Kaen University. (in Thai)
- Kawinpas, M., Payakkapong, P. and Chomtee, B. 2015. A Comparison of Forecasting Methods between Bayesian Network and Exponential Smoothing for the Stock Price Index of Property and Construction Groups in Thailand. **Thammasat Journal** 23(2): 203-211. (in Thai)
- Ngamrabiab, C. 2020. **Thailand Reduces Greenhouse Gas Emissions by 45.68 million tons of Carbon Dioxide Equivalent (in 2019)**. Available Source: <https://www.bltbangkok.com/news/12495/>, November 21, 2020. (in Thai)
- Limsakul, A. and Jungoth, R. 2016. The Paris Agreement: An Important Turning Point in Global Action on Climate Change. **Green Research** 13(34): 3-11. (in Thai)
- Poonsuan, W. 2007. A Forecasting System for the Household Manufacturer A Case Study S.B. Furniture Co., Ltd. Master Thesis of Engineering (Industrial Engineering), King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. (in Thai)
- Taengphukieo, R. and Issarapong, N. 2019. Analysis of Comparing Forecasting Methods for Production Planning: Case Study of Beef Companies, Nakhon Phanom Province. **EAU Heritage Journal: Science and Technology** 13(3): 222-232. (in Thai)
- Taesombut, S. 2006. **Quantitative Forecasting**. 1st ed. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2018. **Low Carbon City**. Greenhouse Gas Emissions Reporting for Local Government. Available Source: <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/en>, March 3, 2020. (in Thai)
- The Office of SMEs Promotion. 2020. **Gross Domestic Product of Small and Medium Enterprises of 2019**. SME WHITE PAPER 2020. Available Source: https://www.sme.go.th/upload/mod_download/download-20201005123037.pdf, March 3, 2020. (in Thai)
- Tojumsil, J. and Pimsakul, S. 2018. Forecasting Model for Advanced Purchasing Planning by Exponential Smoothing. **Ladkrabang Engineering Journal** 35(2): 22-32. (in Thai)