

การพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย

Short-Term Demand Forecasting for Energy in Thailand

ภัททิศา เลิศจริยพร¹ และณภัทณ์จันทร์ ต่านสวัสดิ์^{2*}

¹สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ในพระบรมราชูปถัมภ์

*ผู้นิพนธ์หลัก (Corresponding Author) E-mail: napattchan@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผน พลังงาน กระทรวงพลังงาน ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2563 จำนวน 39 ค่า ซึ่งข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 30 ค่า เพื่อใช้สำหรับการศึกษาและเปรียบเทียบความเหมาะสมของรูปแบบการ พยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น 3) รูปแบบปรับ เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) รูปแบบปรับ เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) รูปแบบแยกส่วนประกอบ จากนั้นจะเลือกรูปแบบการ พยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ทำการศึกษามากที่สุด โดยพิจารณาจากรูปแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด และเมื่อ เลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดได้แล้ว จึงนำมาคำนวณหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน กับข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 จำนวน 9 ค่า ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบแยกส่วนประกอบ เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่มีความ เหมาะสมที่สุดกับข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยมากที่สุด และเหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน

คำสำคัญ: การพยากรณ์, พลังงานระยะสั้น, วิธีแยกส่วนประกอบ, วิธีแนวโน้มเชิงเส้น

Abstract

The purpose of this research was comparing of the most appropriate forecasting methods for predicting of short-term energy demand in Thailand. The data, gathered from Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy between July 2017 and September 2020, of 39 values were used and separated into two groups. The first group was contained 30 values between July 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 (MAPE) and Mean Absolute Deviation (MAD). Then the selected most appropriate method was used to determine the most suitable forecasting period by the second group which was contained 9 values from January 2020 to September 2020 for finding the most appropriate for the predictive timing. The result indicated that Decomposition Method was the best and suitable for forecasting in advance of 3 months.

Keywords: Forecasting, Short-Term Energy, Decomposition Method, Trend Analysis Method

บทนำ

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าทุก ๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญต่อนโยบายการจัดการด้านพลังงาน เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่ใช้ในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมสวัสดิภาพ และความผาสุกของประชาชนในประเทศ และยังมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงในการต่อยอดสู่การพัฒนาในทุก ๆ ด้าน ทั้งภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม แรงงาน สังคม ตลอดจนภาคครัวเรือน เป็นต้น จึงส่งผลให้หลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศเศรษฐกิจเกิดใหม่ มีการขยายตัวของความต้องการพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจนี้จะมีผลโดยตรงต่อความต้องการพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีปริมาณความต้องการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี โดยพลังงานดังกล่าวมีทั้งที่ผลิตได้ภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ

หนึ่งในพลังงานที่ประเทศไทยมีความต้องการใช้มากที่สุด ได้แก่ น้ำมันดิบ ซึ่ง 45% ของปริมาณทั้งหมดที่ใช้ผลิตได้จากแหล่งผลิตในอ่าวไทย ในขณะที่ 55% ที่เหลือมีการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน โดยน้ำมันดิบจัดเป็นพลังงานสิ้นเปลืองชนิดหนึ่งที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติ เมื่อใช้แล้วจะหมดไป ไม่สามารถผลิตทดแทนได้ นอกจากนี้น้ำมันดิบแล้ว ประเทศไทยยังมีการใช้ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน/ลิกไนต์ ในปริมาณที่สูงรองลงมา ตามลำดับ เมื่อประเทศไทยมีการพึ่งพิงการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศมากขึ้น ตามปริมาณความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ จะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจการเงินของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากต้องมีการใช้เงินจำนวนมากในการนำเข้าพลังงาน ทำให้ภาคธุรกิจต่าง ๆ มีต้นทุนในการผลิต และการบริการที่สูงขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดกระแสแนวคิดในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน โดยให้ความสำคัญกับการพึ่งพาตนเองในด้านพลังงานให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งมียุทธศาสตร์สำคัญ ได้แก่ การใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างประหยัด การใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มีในประเทศให้เพิ่มมากขึ้น รวมถึงการหาแหล่งพลังงานทดแทน อาทิ พลังงานหมุนเวียน พลังงานจากผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ยังไม่สามารถทำให้เห็นผลได้อย่างจริงจัง และยังไม่บรรลุสู่เป้าหมายที่จะสามารถทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพในการพึ่งพาตนเองในด้านพลังงานได้อย่างแท้จริง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ประเทศไทยจะต้องทบทวนการดำเนินงานที่ผ่านมาและกำหนดยุทธศาสตร์ใหม่ ๆ ด้านพลังงานที่นำไปสู่ความสามารถในการพึ่งตนเองให้ได้ในที่สุด

กระทรวงพลังงานเป็นอีกหนึ่งหน่วยงานที่มีนโยบายในการจัดทำแผนพลังงานระยะสั้น 5 ปี เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนภายในประเทศมีการพึ่งพาการใช้พลังงานภายในประเทศให้ได้มากที่สุด รวมถึงวางแผนการใช้พลังงานระยะสั้นภายในประเทศ จึงกำหนดนโยบายที่สำคัญในแผนพลังงาน ได้แก่ การส่งเสริมให้ประชาชนใช้รถยนต์ไฟฟ้า (EV) แทนการใช้รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง การจัดหาติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อนำพลังงานที่ได้มาใช้เป็นพลังงานสำรอง การนำระบบ Big Data มาใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูลด้านพลังงานผ่านระบบมือถือ เป็นต้น (ศุภย์ข่าวพลังงาน, 2561)

เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้พลังงานระยะสั้นภายในประเทศ ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 จำนวนทั้งสิ้น 39 ค่า มาใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย โดยจะศึกษาจากรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น 3) รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง 5) รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และ 6) รูปแบบแยกส่วนประกอบ

การที่ผู้วิจัยเลือกรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบนี้มาใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นรูปแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กล่าวคืออาศัยความสัมพันธ์ข้อมูลในอดีต มาหา

รูปแบบที่เหมาะสม เพื่อใช้สร้างสมการการพยากรณ์ค่าต่าง ๆ ที่สนใจในอนาคต โดยที่รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ จะให้ความสำคัญกับข้อมูลทุกค่าเท่า ๆ กัน ในขณะที่รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น จะมีข้อกำหนดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ว่าต้องมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเท่านั้น สำหรับรูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลจะคล้าย ๆ กับรูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่จะแตกต่างกันตรงที่มีการให้น้ำหนักหรือความสำคัญของข้อมูลที่เกิดขึ้นล่าสุดก่อน ในขณะที่รูปแบบแยกส่วนประกอบ จะเป็นรูปแบบที่มีการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล ออกเป็นส่วน ๆ ก่อนสร้างสมการการพยากรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิมชาติ ธีระวิริยะ (2560) จารุเดช โตจำศิลป์ และ สิทธิพร พิมพ์สกุล (2561) สุนิทรา ตั้งชัย และคณะ (2562) อนันทนา พุ่มพวง และคณะ (2562) เป็นต้น จากรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจะเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมมากที่สุด มาคำนวณหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม แล้วนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยต่อไปในอนาคต

วิธีการวิจัย

การพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย ได้มาจากการเก็บรวบรวมโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2563 โดยผู้วิจัยจะแบ่งข้อมูลดังกล่าวออกเป็น ใช้สำหรับ 1 ชุด คือ ชุดที่ 2 ค่า ตั้งแต่เดือน 30 การศึกษารูปแบบการพยากรณ์ จำนวนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. เป็นข้อมูล 2 และข้อมูลชุดที่ 2562 ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 256 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 จำนวน ค่า 9 ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุดของรูปแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด (MAD) ที่ต่ำที่สุดจากข้อมูลชุดที่ 1

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย ทั้ง ค่า มีค่า 39 ผิดปกติ (Outlier) หรือไม่ จะทำการตรวจสอบโดยใช้วิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) และถ้าหากพบว่ามีข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ จะต้องทำการปรับค่าผิดปกตินั้น ด้วยวิธี Box-Cox transformation ก่อนที่จะใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ในขั้นตอนต่อไป โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการปรับค่าผิดปกติ แสดงดังตารางที่ 1 (นิตินพงษ์ ส่งศรีโรจน์, 2557)

ตารางที่ 1 เกณฑ์ที่ใช้ในการปรับค่าผิดปกติของข้อมูล จากวิธี Box-Cox transformation

ค่า λ	รูปแบบการแปลงข้อมูล	ค่า λ	รูปแบบการแปลงข้อมูล
-1	$y' = 1 / y$	0.5	$y' = \sqrt{y}$
-0.5	$y' = 1 / \sqrt{y}$	1	$y' = y$
0	$y' = \ln(y)$		

เมื่อ y แทน ค่าของข้อมูลที่ต้องการศึกษา
 y' แทน ค่าของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลโดยใช้วิธี Box-Cox transformation
 λ แทน ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการแปลง

3. รูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบที่ใช้ในงานวิจัย มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method)

เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่สร้างสมการพยากรณ์จากการเฉลี่ยค่าสังเกตล่าสุดจำนวน n ค่า โดยให้น้ำหนักของข้อมูลเท่ากัน และไม่กำหนดจำนวนค่าสังเกต n ที่นำมาเฉลี่ยไว้แน่นอน แต่จะเลือก n ที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่า n ที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำที่สุด รูปแบบการพยากรณ์นี้เหมาะกับข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล (รัชฎา แต่งภูเขียว และ ณัฐนันท์ อิศสระพงศ์, 2562) มีสมการการพยากรณ์หนึ่งช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังนี้

$$F_t = (A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n}) / n \tag{1}$$

เมื่อ F_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
 A_{t-n} แทน ข้อมูลจริง ณ เวลา $t-n$
 n แทน จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

3.2 รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น (Trend Analysis)

เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา หากปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้น ก็สามารถใช้รูปแบบการพยากรณ์นี้ในการสร้างสมการเส้นตรง เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต (รัชฎา แต่งภูเขียว และ ณัฐนันท์ อิศสระพงศ์, 2562) มีรูปแบบสมการเพื่อใช้สำหรับการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{y} = a + bt \tag{2}$$

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1

วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- เมื่อ \hat{y} แทน ค่าพยากรณ์สำหรับช่วงเวลา t
a แทน ค่าตัดแกนที่ช่วงเวลา 0
b แทน ค่าความชัน
t แทน ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

3.3 รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing Method)

เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง เฉพาะความผันแปร เนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติเพียงอย่างเดียว ค่าพยากรณ์ที่ได้จะคำนวณจากข้อมูลที่ผ่านมาในอดีตทั้งหมด และมีการกำหนดความสำคัญหรือน้ำหนักของข้อมูลแต่ละค่าไม่เท่ากัน โดยจะให้ความสำคัญกับข้อมูลที่เกิดขึ้นล่าสุดเป็นอันดับแรก และจะค่อย ๆ ลดการกำหนดความสำคัญหรือน้ำหนักของข้อมูลออกไปตามระยะเวลา ทั้งนี้จะกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ α มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) ส่วนรูปแบบของการพยากรณ์ ณ ช่วงเวลาล่วงหน้า t มีดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (3)$$

- เมื่อ F_{t+1} แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาต่อไป
 α แทน ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ
 Y_t แทน ค่าจริงในช่วงเวลาปัจจุบัน
 F_t แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาปัจจุบัน

3.4 รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง (Double Exponential Smoothing Method)

เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่คล้ายกับรูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย แต่จะแตกต่างกันตรงที่รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย เหมาะกับข้อมูลที่ไม่มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับเรียบเพียง α ค่า คือ 1 แต่รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง จะเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับระดับ α ค่า คือ 2 และ γ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) มีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

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

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

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

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

n แทน ช่วงเวลาของการพยากรณ์

α, γ แทน พารามิเตอร์ของการพยากรณ์ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 0

3.5 รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง (Triple Exponential Smoothing Method)

มีชื่อเรียกอีกอย่างว่ารูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ (Holt's Linear Method) โดยรูปแบบการพยากรณ์นี้จะเหมาะสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลที่มีแนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล ใช้พยากรณ์ระยะสั้นถึงปานกลาง ไม่นิยมใช้กับข้อมูลที่เป็นรายปี เพราะจะทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของฤดูกาลได้ แต่นิยมใช้กับข้อมูลที่อยู่ในรูปรายเดือน รายสัปดาห์ หรือรายวัน ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือนต้องมีข้อมูลอย่างน้อย ค่าขึ้นไป 36 รูปแบบนี้จะยังคงใช้หลักการของเอ็กซ์โพเนนเชียล คือให้ความสำคัญกับข้อมูลไม่เท่ากัน และมีค่าให้ปรับเรียบ ค่าคือ $3 \alpha, \gamma$ และ δ รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง มี 2 รูปแบบ คือรูปแบบการคูณ และรูปแบบการบวก ในที่นี้จะเลือกศึกษาเฉพาะรูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้งในรูปแบบการคูณ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) โดยมีรูปแบบสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

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

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

n แทน ช่วงเวลาของการพยากรณ์

L_t แทน ค่าประมาณแนวระดับของข้อมูล คำนวณได้จาก

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

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 1 ถึง 0

γ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 1 ถึง 0

δ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างค่าฤดูกาลจริงกับค่าประมาณฤดูกาล มีค่าระหว่าง 1 ถึง 0

s แทน จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี เช่น ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือน $s=12$

3.6 รูปแบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่มีการแยกส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลา จากนั้นจึงจะนำไปสร้างสมการพยากรณ์ โดยที่ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ อิทธิพลแนวโน้ม (Trend: T) และ

อิทธิพลของฤดูกาล)Seasonal Effect: S) สำหรับอิทธิพลของวัฏจักร)Cyclical Effect: C) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ)Irregular Effect: I) จะไม่นิยมนำมาพิจารณา เนื่องจากไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดขึ้นในช่วงใด (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) 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

4. เกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพรูปแบบการพยากรณ์

หลังจากนำข้อมูลชุดที่ ค่า มาทำการศึกษารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับ 30 จำนวน 1 ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย ด้วยรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง รูปแบบ ดัง 6 ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพยากรณ์ว่า รูปแบบการ 3 รายละเอียดในขั้นตอนที่พยากรณ์รูปแบบใดจะมีประสิทธิภาพหรือมีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยมากที่สุด ผู้วิจัยจะพิจารณาจากการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยอาศัยหลักการง่าย ๆ คือ การเปรียบเทียบระหว่างค่าพยากรณ์ที่คำนวณได้จากรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบกับข้อมูลจริงในช่วงเวลา t หากค่าพยากรณ์มีค่าคลาดเคลื่อนมาก อาจหมายถึงรูปแบบการพยากรณ์ที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่ทำการศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการวัดความคลาดเคลื่อนของรูปแบบการพยากรณ์จาก วิธีคือ 2

4. 1 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (เมธินี กวินภาส และคณะ, 2558)

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

เมื่อ e_i แทน ผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
 Y_i แทน ค่าจริง ณ เวลา t
 n แทน จำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์
 i แทน ลำดับที่ของข้อมูล

4.2 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (เมธินี กวินภาส และคณะ, 2558)

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

ถ้ารูปแบบการพยากรณ์ใดมีค่า MAPE และ MAD ยิ่งน้อย ก็ยิ่งแสดงว่า รูปแบบการพยากรณ์นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่ารูปแบบอื่น ๆ

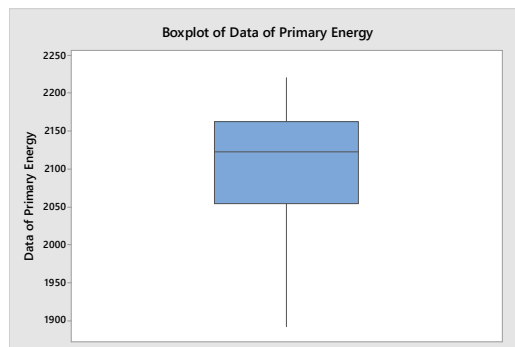
5. การหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง เมื่อ 3 วิธีดังที่กล่าวในขั้นตอนที่ 6 ทราบว่ารูปแบบการพยากรณ์ใดที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด จะถือว่าเป็นรูปแบบการพยากรณ์นั้นเป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยมากที่สุด จากนั้นจะนำรูปแบบการพยากรณ์ดังกล่าวมาทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2 พ.ศ. 256 ถึงเดือนตุลาคม 3พ.ศ. ค่า กำหนดช่วงเวลาการพยากร 9 จำนวน 2563ส่งออกเป็น ช่วงคือ 3 เดือน เพื่อหาว่ารูปแบบการพยากรณ์นี้จะ 9 เดือน และ 6 เดือน 3 ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าเหมาะสมกับช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

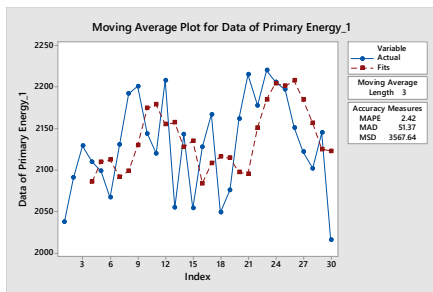
จากการตรวจสอบนำข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย จำนวน ค่า 39 มาทำการตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลด้วยวิธีบ็อกพล็อต (Box Plot แสดงดังภาพที่ (1 พบว่าข้อมูลดังกล่าวไม่มีค่าผิดปกติแต่อย่างใด ผู้วิจัยจึงสามารถใช้ข้อมูลข้อมูลชุดนี้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ต่อไปได้



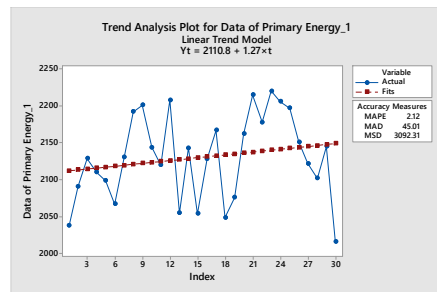
ภาพที่ 1 กราฟบ็อกพล็อต (Box Plot) (ของข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย จำนวน 39 ค่า

2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง วิธีที่ศึกษา 6

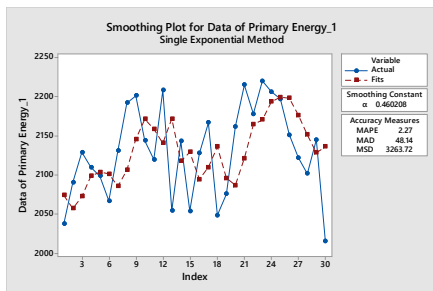
จากข้อมูลจำนวน 39 ค่า แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยจะนำข้อมูลชุดที่ ตั้งแต่เดือน 1กรกฎาคม พ.ศ. 2560ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. ค่า มาทำการ 30 จำนวน 2562ศึกษารูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยค่าจริงกับค่าพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบแสดงดังภาพที่ ต่ 7 ถึงภาพที่ 2งนี้



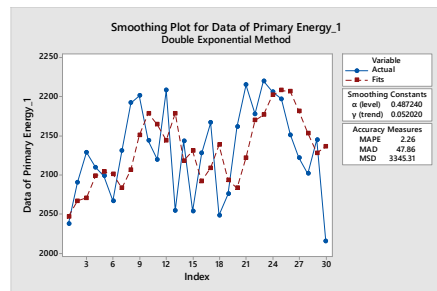
ภาพที่ 2 รูปแบบ 1) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่



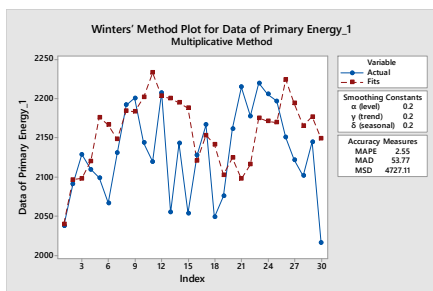
ภาพที่ 3 รูปแบบ 2) แนวโน้มเชิงเส้น



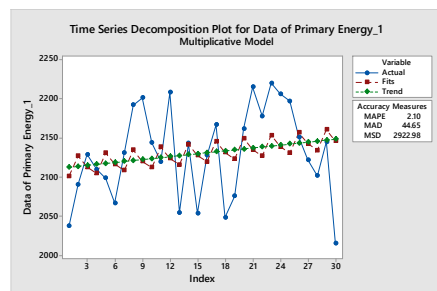
ภาพที่ 4 รูปแบบ 3) ปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย



ภาพที่ 5 รูปแบบ 4) เอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง



ภาพที่ 6 รูปแบบ 5) เอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง



ภาพที่ 7 รูปแบบ 6) แยกส่วนประกอบ

3. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

เมื่อได้ผลการพยากรณ์จากรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง รูปแบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง รูปแบบ 6 ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือต้องเลือกจากรูปแบบการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้จะพิจารณาที่ค่า MAPE ก่อน ถ้าหากมีค่าเท่ากัน จึงจะพิจารณาที่ค่า MAD เป็นลำดับถัดไป ผลการเปรียบเทียบ MAPE และ MAD แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งรูปแบบการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE และ MAD ต่ำที่สุด คือรูปแบบแยกส่วนประกอบ เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2.10% และ 44.65(หน่วย: พันบาร์เรล(ตามลำดับ รองลงมาคือ รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และ รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง ตามลำดับ ดังนั้นรูปแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและเหมาะสมสำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยที่สุด คือรูปแบบแยกส่วนประกอบ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ค่า MAPE (%)	ค่า MAD (หน่วย: พันบาร์เรล)
1. รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	2.42	51.37
2. รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น	2.12	45.01
3. รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย	2.27	48.14
4. รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง	2.26	47.86
5. รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง	2.55	53.77
6. รูปแบบแยกส่วนประกอบ	2.10	44.65

4. ผลการหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 6 รูปแบบที่ศึกษาข้างต้น พบว่ารูปแบบการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบมีประสิทธิภาพดีที่สุด จึงนำรูปแบบการพยากรณ์นี้มาพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 256 ถึงเดือนตุลาคม 3พ.ศ.256 กำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเวลาล่วงหน้า 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน ทั้งนี้จะเลือกช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมจากการพิจารณาค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า รูปแบบการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ เหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือนมากที่สุด เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด

เพียง 4.11% เมื่อเทียบกับช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน และ 9 เดือน ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม โดยรูปแบบแยกส่วนประกอบ

ล่วงหน้า 3 เดือน		ล่วงหน้า 6 เดือน		ล่วงหน้า 9 เดือน	
ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
2,076.00	2,061.55	2,076.00	2,061.55	2,076.00	2,061.55
2,162.00	2,050.83	2,162.00	2,050.83	2,162.00	2,050.83
2,215.00	2,071.04	2,215.00	2,071.04	2,215.00	2,071.04
		2,178.00	1,998.53	2,178.00	1,998.53
		2,220.00	1,987.50	2,220.00	1,987.50
		2,206.00	2,006.41	2,206.00	2,006.41
				2,197.00	1,935.52
				2,151.00	1,924.17
				2,122.00	1,941.79
MAPE =	4.11%	MAPE =	6.68%	MAPE =	7.89%

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบและคัดเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. ถึงเดือน กันยายน 2560 พ.ศ. 2563 จำนวน 39 ค่า โดยผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น จำนวน 1 ชุด คือ ชุดที่ 230 ค่า ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. สำหรับการศึกษาแบบการพยากรณ์ทั้ง 2562 6 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง และรูปแบบแยกส่วนประกอบ ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ทำการศึกษามากที่สุด จะพิจารณาจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด สำหรับข้อมูลชุดที่ คือ ข้อมูล 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 256 ถึงเดือนกันยายน 3พ.ศ. จำนวน 2563 ค่า จะใช้สำหรับนำรูปแบบ 9การพยากรณ์ที่คัดเลือกมาแล้วจากข้อมูลชุดที่ 1 เพื่อหาว่าวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมกับช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด ทั้งนี้จะแบ่งช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าออกเป็น ช่วง ได้แก่ 33 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน และจะพิจารณาเลือกช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมจากช่วงพยากรณ์ล่วงหน้าที่มีค่า MAPE ต่ำที่สุด

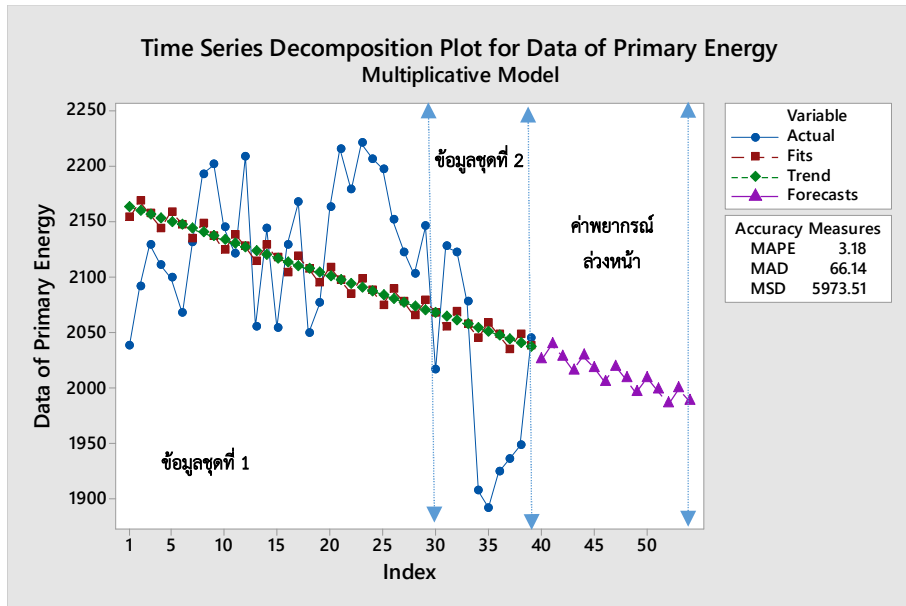
เมื่อ 1 ผลการศึกษาข้อมูลชุดที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง รูปแบบ 6

พบว่า การพยากรณ์โดยรูปแบบแยกส่วนประกอบ มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมสำหรับใช้พยากรณ์ ปริมาณปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยมากที่สุด โดยพิจารณาภายใต้เกณฑ์ค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2.10% และ 44.65(หน่วย: พันบาร์เรล(ตามลำดับ รองลงมา คือ รูปแบบแนวโน้มเชิงเส้น ที่มีค่า MAPE และ MAD เท่ากับ 2.12% และ 45.หน่วย) 01: พันบาร์เรล (ในขณะที่รูปแบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง เป็นรูปแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่ำที่สุดเนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบการพยากรณ์อื่น ๆ ที่ได้ศึกษา และเมื่อนำรูปแบบการพยากรณ์รูปแบบแยกส่วนประกอบ มาหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดที่ เดือน 3 พบว่า มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เพราะมีค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.11% ในขณะที่ช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน และ 9 เดือน ที่มีค่า MAPE เท่ากับ 6.68% และ 7.89% ตามลำดับ

ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยล่วงหน้า ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. ถึงเดือนธันวาคม 2563 พ.ศ.โดยรูปแบบการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ พบว่า 2564 ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสลับลดลงในแต่ละเดือน โดยเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2563 มีปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นมากที่สุด ในขณะที่เดือนตุลาคม พ.ศ.2564 เป็นเดือนที่มีปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นน้อยที่สุด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4 8 และภาพที่

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทย (หน่วย: พันบาร์เรล)ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. โดยรูปแบบการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ 2564

ช่วงเวลา (เดือน)	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา (เดือน)	ค่าพยากรณ์
ตุลาคม พ.ศ. 2563	2025.07	มิถุนายน พ.ศ. 2564	2007.87
พฤศจิกายน พ.ศ. 2563	2038.61	กรกฎาคม พ.ศ. 2564	1995.47
ธันวาคม พ.ศ. 2563	2027.70	สิงหาคม พ.ศ. 2564	2008.76
มกราคม พ.ศ. 2564	2015.21	กันยายน พ.ศ. 2564	1997.96
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564	2028.66	ตุลาคม พ.ศ. 2564	1985.60
มีนาคม พ.ศ. 2564	2017.79	พฤศจิกายน พ.ศ. 2564	1998.81
เมษายน พ.ศ. 2564	2005.34	ธันวาคม พ.ศ. 2564	1988.05
พฤษภาคม พ.ศ. 2564	2018.71		



ภาพที่ 8 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการพลังงานระยะสั้นในประเทศไทยล่วงหน้า

เอกสารอ้างอิง

จารุเดช โตจำศีลปี่, และ สิทธิพร พิมพ์สกุล. (2561). ตัวแบบการพยากรณ์เพื่อการวางแผนการสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล. วิศวกรรมลาดกระบัง, 35(2), 22-32.

เฉลิมชาติ ธีระวิริยะ. (2560). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม. วารสารมหาวิทยาลัยนครสวรรค์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี :, (25) 4, 128-129.

ทรงศิริ แต่สมบัติ. (2549). การพยากรณ์เชิงปริมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิติพงษ์ ส่งศรีโรจน์. (2557). การแปลงข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่ปกติ และความแปรปรวนไม่คงที่. สืบค้นจาก http://www.nitiphong.com/paper_pdf/phd/transformation_distribution_variance.pdf

เมธินี กวินภาส. (2558). การเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีเครือข่ายเบย์เซียนและวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสำหรับดัชนีราคาหุ้นกลุ่มอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้างในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 23(2), 203-211.

รัชฎา แต่งภูเขียว, และ ณัฐนันท์ อีสสระพงศ์. (2562). การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับการวางแผนการผลิต กรณีศึกษา บริษัทผลิตเนื้อโคขุนจังหวัดนครพนม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 13(3), 222-232.

ศุภย์ข้าวพลังงาน. (2561). ปลัดพลังงานเครื่องร้อน เดินหน้าจัดทำแผนพลังงานระยะสั้น 5 ปี. สืบค้น

- จาก <https://www.energynewscenter.com/ปลั๊กพลังงานเครื่องร้อน/>
- สิรินภา จิตราษ. (2558). การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ในกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างแบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง E-GARCH (การศึกษาคิอสรประปริญญา มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุนิทร่า ตั้งชัย, ภูติท คุ่มวงษ์, และ ณภัฏณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์. (2562). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย. *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 7 “บูรณาการ วิจัย และ นวัตกรรม เพื่อสร้างเสริมสุขภาพ”* (น. 392-400). มหาวิทยาลัยรังสิต. ไทย. สืบค้นจาก https://drive.google.com/file/d/1HmT39Wut-1_reaSZPpbB0kq4HLYFcJ3_/view
- อนัษฐา พุ่มพวง, นิติมา ลักขณานุกรักษ์, และ ไก่อุ่ง เองพระพรหม. (2562). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ด้วยเทคนิคการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพแนนเชียลชั้นเดียวซึ่งปรับได้ และการหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม “วิจัยสร้างนวัตกรรม เพื่อพัฒนาท้องถิ่นและสังคมไทย สู่ Disruptive Society”* (น. 341-346). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. ไทย. สืบค้นจาก https://publication.npru.ac.th/bitstream/123456789/712/1/ประชุมวิชาการครั้งที่%2011_24.pdf