การพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

Forecasting of Electric Energy Distribution of the Metropolitan Electricity Authority

ณิชาวีร์ ภาโสภะ[1], ธัญชนิต แก้วแป้น[2], และวรกานต์ สินอุปการ[3]
คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ในการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี ได้แก่ วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา(TSR) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ พร้อมทั้งวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSEM) และวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RPESSM) ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร ตั้งแต่ปี 2556 ถึงปี 2562 โดยพิจารณาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) จะให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด

คำสำคัญ : การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า, การไฟฟ้านครหลวง, ตัวแบบพยากรณ์, วิธีการพยากรณ์เดี่ยว, วิธีการพยากรณ์ร่วม

Abstract

The purpose of this research is to compare the forecasting methods in order to forecast the electric energy distribution of the Metropolitan Electricity Authority for the use of government agencies and non-profit organizations. In this study, three single forecasting methods: Time Series Regression Method (TSR), Exponential Smoothing Method (ES), and Box-Jenkins Method as well as the combined forecasting method with three different weighting methods: Equal Weighted Average Method (EWAM), the Reciprocal Mean Square Error Method (RMSEM), and the Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method (RPESSM) were used to create forecasting models based on the monthly electric energy distribution data of the Metropolitan Electricity Authority for the use of government agencies and non-profit organizations from 2013 to 2019. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Mean Square Error (MSE) were considered as the criteria for comparing the performance of forecasting methods. The results of the study showed that the combined forecasting method with EWAM provides most accurate forecasts.

Keywords: Electric Energy Distribution, Metropolitan Electricity Authority, Forecasting Model, Single Forecasting Method, Combined Forecasting Method

1. บทนำ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นรัฐวิสาหกิจที่จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ. 2501 มีหน้าที่จัดจำหน่ายพลังไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ รวมพื้นที่ประมาณ 3,191.6 ตารางกิโลเมตร การดำเนินที่ผ่านมาการไฟฟ้านครหลวงได้ใช้แผนปรับปรุงและขยายระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้าเป็นแผนงานหลัก เพื่อให้แผนปรับปรุงและขยายการจำหน่ายพลังไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นการรองรับความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เสริมความมั่นคง และความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าการฟ้านครหลวง จึงได้จัดทำการพยากรณ์การจำหน่ายพลังไฟฟ้า ซึ่งคาดว่าความต้องการของพลังไฟฟ้าในเขตพื้นที่ที่การไฟฟ้านครหลวงให้บริการจะเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบันการพยากรณ์มีความสำคัญในการดำเนินงานเป็นอย่างมาก เพราะการพยากรณ์คือ การคาดคะเนหรือการคาดการณ์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยศึกษารูปแบบของเหตุการณ์ที่เก็บ รวบรวมไว้อย่างมีระบบ ทั้งยังมีความสำคัญต่อบุคคลและองค์กรในสาขางานต่าง ๆ ดังนั้นจึงสามารถใช้ผลพยากรณ์มาวางแผนงานให้มีคุณภาพประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานต่าง ๆ ลดความเสี่ยงจากเหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สถิติการจำหน่ายพลังงานของการไฟฟ้านครหลวง จำแนกตามประเภทผู้ใช้ เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2562 โดยมีวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธีและวิธีการพยากรณ์ร่วม (Combined Forecasting) โดยหาตัวถ่วงน้ำหนัก 3 วิธีดังนี้

1. วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง
2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์
3. วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา
4. วิธีการพยากรณ์ร่วม

4.1 วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM)

4.2 วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM)

4.3 วิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESSM)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เดี่ยว (Individual Forecast) และวิธีการพยากรณ์ร่วม (Combined Forecasting) แต่ละวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง
2. เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556-31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวนทั้งสิ้น 72 เดือน เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ

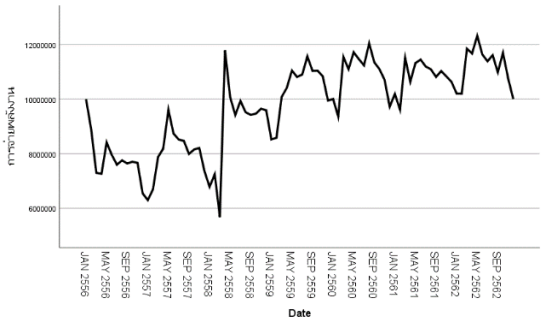
การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ข้อมูลอนุกรมเวลาแล้วจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวด้วยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาวิธีการต่าง ๆ ซึ่งในการวิจัยนี้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Regression Method) กับวิธีการพยากรณ์ร่วม 3 วิธี โดยหาตัวถ่วงน้ำหนัก ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM) วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM)

และวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESSM) มีวิธีการดำเนินงานตามแต่ละวิธีดังนี้

1. วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method)

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาของการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรข้อมูลมีองค์ประกอบของฤดูกาลและแนวโน้ม ดังนั้นการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรมีวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลคือวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยวิธีของวินเตอร์ ดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 25 ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ค่าความเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ถ้าคุณสมบัติผ่านทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลได้

2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลอนุกรมเวลาเหล่านี้มาตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะอยู่ในสภาพที่คงที่ในค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนหรือไม่ โดยดูว่ามีค่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วหรือถูกตัดออกในช่วงเวลาใดหรือไม่ ถ้าค่า ACF ไม่มีลักษณะดังกล่าวแสดงว่าอนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาพคงที่จะต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลานั้นเป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ให้อยู่ในสภาพคงที่ในค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน โดยทำการแปลงข้อมูลให้คงที่ในค่าเฉลี่ยได้ด้วยการทำผลต่างระหว่างข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งติดกัน ส่วนการแปลงข้อมูลให้คงที่ในความแปรปรวนทำได้โดยการใส่ ln ให้กับข้อมูล เพื่อให้อนุกรมเวลาอยู่ในสภาพคงที่ก่อนพิจารณากำหนดตัวแบบ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรูปแบบเบื้องต้นของข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร โดยเปรียบเทียบกันดูว่าใกล้เคียงกันกับรูปแบบใดของตัวแบบ ARIMA

ขั้นตอนที่ 3 ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 25 เพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ค่าความเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ถ้าคุณสมบัติผ่านทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลได้

3. วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Regression Method)

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาของการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรข้อมูล

มีองค์ประกอบของฤดูกาลและแนวโน้ม จึงเลือกใช้วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลาที่ตัวแบบมีทั้งฤดูกาลและแนวโน้ม

ขั้นตอนที่ 2 ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 25 เพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ค่าความเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ถ้าคุณสมบัติผ่านทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลได้

4. วิธีการพยากรณ์ร่วม (Combined Forecasting Technique: CF)

การหาค่าพยากรณ์ใหม่โดยการหาตัวถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์เดี่ยวแต่ละวิธี แล้วนำมารวมกันของค่าพยากรณ์เดี่ยวแต่ละวิธีที่ใช้ในการศึกษา

การหาค่าพยากรณ์ร่วม (Combined Forecasting) มีตัวแบบคือ

$$\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^{m} W_j \hat{Y}_{jt}$$

W_j คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีการพยากรณ์ที่ j

$\hat{Y}_{jt}$ คือ ค่าพยากรณ์ของวิธีการพยากรณ์ที่ j ณ เวลา t

j คือ วิธีการพยากรณ์ ; j = 1, 2, ..., m

t คือ เวลา ; t = 1, 2, ..., n

4.1 วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM)

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบมีดังนี้

1. หาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว ดังนี้

1.1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

1.2) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

1.3) วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

2. หาตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย ดังสูตร

$$W_j = \frac{1}{m}$$

โดยเรียงลำดับผลรวมความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ $(E_{ii}, i = 1,2,...,n)$

กำหนดให้ $E_{11} > E_{22} > ... > E_{nn}$

4.2 วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM) ขั้นตอนการสร้างตัวแบบมีดังนี้

1. หาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว ดังนี้

1.1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

1.2) วิธีบ็อกซ์ – เจนกินส์

1.3) วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

2. หาตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ดังสูตร

$$\omega_i = \frac{E_{ii}^{-1/2}}{\sum_{i=1}^{n} E_{ii}^{-1/2}}, i = 1,2,...,n$$

เมื่อ E_{ii} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองลำดับที่ i ของแต่ละรูปแบบการพยากรณ์

นั่นคือ $E_{ii} = \sum_{t=1}^{N} e_{it}^2 = \sum_{t=1}^{N} (x_t - x_{it})^2$

4.3 วิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESSM)

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบมีดังนี้

1. หาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว ดังนี้

1.1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

1.2) วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์

1.3) วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา

2. หาตัวถ่วงน้ำหนักของวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ดังสูตร

$$w_i = \frac{E_{ii}^{-1}}{\sum_{i=1}^{n} E_{ii}^{-1}}, i = 1,2,...,n$$

เมื่อ E_{ii} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ลำดับที่ i ของแต่ละรูปแบบการพยากรณ์ นั่นคือ

$$E_{ii} = \sum_{t=1}^{N} e_{it}^2 = \sum_{t=1}^{N} (x_t - x_{it})^2$$

การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้ค่าพยากรณ์จากทุกวิธีแล้ว จะนำข้อมูลปี พ.ศ.2563 ที่สำรองไว้มาทำการเปรียบเทียบว่าวิธีใดมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ต่ำที่สุด และวิธีที่ให้ค่า MSE และ MAPE ต่ำสุดจะเป็นตัวแบบที่เหมาะสม

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ

4.1 วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method)

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 72 ค่า จากการเคลื่อนไหวของข้อมูลมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบแนวโน้มและมีความผันแปรทางฤดูกาล จึงเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังด้วยวิธีของวินเตอร์ หลังจากหาค่าคงที่โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณเพื่อให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุดแล้ว ได้ผลวิเคราะห์พบว่าได้ค่าคงที่ของตัวแบบ ดังจะนำเสนอต่อไป โดยค่าคงที่ปรับให้เรียบสำหรับอนุกรมเวลาชุดนี้มี 3 ค่าคือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ (α) มีค่าเท่ากับ 0.310 ค่าคงที่ปรับให้เรียบระหว่างค่าฤดูกาลจริงกับค่าประมาณฤดูกาล (δ) มีค่าเท่ากับ 0.213 และค่าคงที่ปรับให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณของแนวโน้ม (γ) มีค่าเท่ากับ 0.004 ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง คือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} (a_t + b_t(m))\hat{S}_t, t \le p \\ (a_t + b_t(m))\hat{S}_{t-p+m}, t > p \end{cases}$$

โดยที่

$$a_t = \frac{0.310Y_t}{S_t} + (1-0.310)[a_{t-1} + b_{t-1}], t \le p$$

$$b_t = 0.004(a_t - a_{t-1}) + (1-0.004)b_{t-1}$$

$$S_t = \frac{0.213Y_t}{a_t} + (1-0.213)S_{t-p}$$

4.2 วิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 72 ค่า หลังจากนั้นดำเนินขั้นตอนการสร้างตัวแบบการพยากรณ์วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมคือ

$$SARIMA(1,1,0)(1,0,0)_{12}$$

$$(1-B)(1+0.42B)(1-0.32B^{12})y_t = \varepsilon_t$$

4.3 วิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Regression Method)

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 72 ค่า หลังจากนั้นดำเนินขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา (แสดงรายละเอียดในบทที่ 3) โดยได้กำหนดตัวแปรอิสระในตัวแบบพยากรณ์ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรบ่งชี้เวลา (t) สำหรับอิทธิพลแนวโน้ม
2. ตัวแปรบ่งชี้ฤดูกาล $(x_{1t}, x_{2t}, ..., x_{12t})$ สำหรับอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาล

ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ด้วยวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา คือ

$$Y = 6956258.092 + 48939.780t + 26426.125S_1 - 189962.552S_2 + 530898.347S_3 + 1233988.442S_4 + 1681854.946S_5 + 1200173.271S_6 + 1054103.766S_7 + 1193614.482S_8 + 750321.268S_9 + 858640.759S_{10} + 637702.734S_{11} + e_t$$

เมื่อ $e_t = 0.442\varepsilon_{t-1}$

4.4 วิธีการพยากรณ์ร่วม (Combined Forecast Method: CF)

ในวิธีการพยากรณ์ร่วมนี้ใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา โดยจะใช้วิธีการพยากรณ์ร่วม ด้วยค่าตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1. วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM)

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 12 ค่า หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการหาตัวถ่วงน้ำหนัก ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา รูปแบบทั่วไปของตัวแบบการพยากรณ์ร่วม คือ $\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^{m} W_j \hat{Y}_{jt}$

ดังนั้นในการหาค่าตัวถ่วงน้ำหนักโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักดังนี้ $w_1 = 0.333333$, $w_2 = 0.333333$ และ $w_3 = 0.333333$ และมีตัวแบบการพยากรณ์ร่วมโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันของการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร คือ

$$\hat{CF}_t = 0.333333\hat{Y}_{1t} + 0.333333\hat{Y}_{2t} + 0.333333\hat{Y}_{3t}$$

2. วิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Mean Square Error Method: RMSEM)

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 12 ค่า หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการหาตัวถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีวิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา รูปแบบทั่วไปของตัวแบบการพยากรณ์ร่วมคือ

$$\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^{m} W_j \hat{Y}_{jt}$$

ดังนั้นในการหาค่าตัวถ่วงน้ำหนักโดยวิธีส่วนกลับของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักดังนี้ $w_1 = 0.331058$, $w_2 = 0.313329$ และ $w_3 = 0.355614$ และมีตัวแบบการพยากรณ์ร่วมโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันของการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร คือ

$$\hat{CF}_t = 0.331058\hat{Y}_{1t} + 0.313329\hat{Y}_{2t} + 0.355614\hat{Y}_{3t}$$

3. วิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (The Reciprocal Prediction Error Sum of Square Method: RPESSM)

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 - 31 ธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 12 ค่า หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการหาตัวถ่วงน้ำหนัก ด้วยวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยวทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังวิธีบ็อกซ์ - เจนกินส์ และวิธีการถดถอยแบบอนุกรมเวลา รูปแบบทั่วไปของตัวแบบการพยากรณ์ร่วมคือ

$$\hat{CF}_t = \sum_{j=1}^{m} W_j \hat{Y}_{jt}$$

ดังนั้นในการหาค่าตัวถ่วงน้ำหนักโดยวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักดังนี้ $w_1 = 0.32791$, $w_2 = 0.29373$ และ $w_3 = 0.37836$ และมีตัวแบบการพยากรณ์ร่วมโดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันของการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร คือ

$$\hat{CF}_t = 0.32791\hat{Y}_{1t} + 0.29373\hat{Y}_{2t} + 0.37836\hat{Y}_{3t}$$

การเปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error:

MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ของตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีต่าง ๆ

การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไรที่ได้จากการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี และวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หลังจากได้ค่าพยากรณ์จากทุกวิธีแล้วทำการเปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) พบว่าวิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยวที่ให้ค่า MAPE และ MSE ต่ำสุดคือ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method: ES) โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 0.052175624 และค่า MSE เท่ากับ 630950.193 และวิธีการพยากรณ์แบบร่วมที่ให้ค่า MAPE และ MSE ต่ำสุดคือ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (Equal Weighted Average Method: EWAM) โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 0.04038 และ MSE เท่ากับ 523052.9 ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโลวัตต์/ชั่วโมง) จำแนกรายเดือนของปี พ.ศ. 2563 และการเปรียบเทียบค่า MAPE และ MSE จากวิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยวทั้ง 3 วิธี

ค่าจริงปี 2563		ค่าพยากรณ์ปี 2563		
เดือน	ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	วิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยว		
		TSR	ES	Box
มกราคม	11,138,786	10,673,737	10,253,931	10,162,510
กุมภาพันธ์	10,552,881	10,767,875	10,107,555	10,038,659
มีนาคม	11,621,855	11,653,307	10,789,820	10,616,949
เมษายน	10,943,430	12,456,452	11,658,397	10,540,076
พฤษภาคม	11,806,339	12,975,853	12,312,826	10,757,522
มิถุนายน	11,234,472	12,553,099	11,823,016	10,531,824
กรกฎาคม	11,523,149	12,460,384	11,703,410	10,455,013
สิงหาคม	11,509,134	12,650,786	11,894,243	10,526,082
กันยายน	11,299,933	12,257,295	11,440,277	10,325,926
ตุลาคม	10,822,079	12,414,936	11,611,921	10,552,660
พฤศจิกายน	10,411,325	12,243,106	11,399,316	10,256,084
ธันวาคม	10,146,340	11,654,418	10,581,133	10,011,584
MAPE		0.10	**0.05**	0.06
MSE		1,187,592	**630,950.19**	772,152.9

ตารางที่ 2 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโลวัตต์/ชั่วโมง) จำแนกรายเดือนของปี พ.ศ. 2563 และการเปรียบเทียบค่า MAPE และ MSE จากวิธีการพยากรณ์แบบร่วมทั้ง 3 วิธี

ค่าจริงปี 2563		ค่าพยากรณ์ปี 2563		
เดือน	ข้อมูลการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	วิธีการพยากรณ์แบบร่วม		
		EWAM	RMSEM	RPESSM
มกราคม	11,138,786	10,363,393	10,374,575	10,385,916
กุมภาพันธ์	10,552,881	10,304,696	10,320,787	10,337,157
มีนาคม	11,621,855	11,020,025	11,042,722	11,065,751
เมษายน	10,943,430	11,551,642	11,591,794	11,631,864
พฤษภาคม	11,806,339	12,015,400	12,061,286	12,106,849
มิถุนายน	11,234,472	11,635,980	11,678,076	11,719,988
กรกฎาคม	11,523,149	11,539,602	11,581,442	11,623,127
สิงหาคม	11,509,134	11,690,370	11,734,596	11,778,618
กันยายน	11,299,933	11,341,166	11,381,662	11,422,085
ตุลาคม	10,822,079	11,526,506	11,565,587	11,604,613
พฤศจิกายน	10,411,325	11,299,502	11,341,172	11,382,771
ธันวาคม	10,146,340	10,749,045	10,784,352	10,819,927
MAPE		**0.040**	0.042	0.045
MSE		**523,052.9**	543,202.6	564,941.03

การอภิปรายผล

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยว 3 วิธี และวิธีการพยากรณ์ร่วม 3 วิธีดังกล่าว ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ซึ่งพิจารณาจากค่า MAPE และค่า MSE พบว่า ให้ค่า MAPE ใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีที่ศึกษาแต่ละวิธีต่างเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่วิธีการพยากรณ์แบบเดี่ยวที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) และวิธีการพยากรณ์แบบร่วมที่เหมาะสม

ที่สุดคือ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) และเมื่อนำรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน พบว่า 1. วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) ที่ (α) = 0.310 ให้ค่า MAPE และ MSE เท่ากับ 0.05 และ 630,950.19 อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ของแต่ละวิธีมีผลต่อการพยากรณ์ ดังนั้นการปรับค่าพารามิเตอร์ (α) ของวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (ES) อาจทำให้คำตอบของการพยากรณ์ที่ดีกว่าก็อาจเป็นไปได้ 2. วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน (EWAM) ให้ค่า MAPE และ MSE ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.040 และ 523,052.9 เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรภา สรรพกิจกำจร ที่ให้คำแนะนำปรึกษา และขอขอบคุณข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ดวงพร หัชชะวณิช. (2556). การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคา ผู้บริโภครายเดือน : ตัวแบบบอกซ์-เจนกินส์และตัวแบบปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 33*(2), 100-113.

[2] ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2539). *เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ Quantitative Forecasting Method.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3] โกเมนทร์ ติยะพงษ์พิทักษ์, ณัฐนรี สังข์นุช, ภัทรภา วิทยชาญวิฑูร. (2561). *การศึกษาเชิง เปรียบเทียบของการพยากรณ์ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมระหว่างวิธีการพยากรณ์เดี่ยวและวิธีการพยากรณ์ร่วม* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตมหาวิทยาลัย). กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] ฐิติมา เนียมพุ่มพวง, ณัฐนรี พูลสวัสดิ์ และจุฬารัตน์ ครองเมือง. (2562) *การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางพาราของประเทศไทย Comparison of export value forecasting models of rubber products in Thailand.*

[5] ข้อมูลการไฟฟ้านครหลวง จาก https://www.mea.or.th/home

[6] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, *สถิติการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงปี 2556-2562.* จาก shorturl.asia/hd3ci

[7] อรณัญช์ ขำบางพูน. (2560). *การพยากรณ์ปริมาณรถยนต์ที่ผ่านด่านในเขตทางพิเศษเฉลิมมหานครและเขตทางพิเศษศรีรัช โดยใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวม* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[8] วรางคณา กีรติวิบูลย. (2556). *การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่ายและวิธีการพยากรณ์รวม สำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร.*

[9] Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.