

การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้า ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ยุทธชัย มิ่งขวัญ¹

¹หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ด้วยวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก การเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมพิจารณาจากรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำสุด ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวนทั้งหมด 120 เดือน ข้อมูลทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 108 เดือน เพื่อใช้สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ ส่วนข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวน 12 เดือน เพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ผลการวิจัยพบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 3 เดือน และวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 6 และ 12 เดือน

*ผู้เขียนหลัก: yutthachai.min@uru.ac.th

คำสำคัญ: การพยากรณ์, วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์, วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

A Comparison of Forecasting Models for Electricity Consumption of Uttaradit Rajabhat University

Yutthachai Mingkwan¹

¹Department of Applied Mathematics, Faculty of Science and Technology,
Uttaradit Rajabhat University

Abstract

The objective of this research was to compare of forecasting models for electricity consumption of Uttaradit Rajabhat University with creating forecast models 2 methods: Box-Jenkins method and Winters' additive exponential smoothing method. The appropriate forecast models were chosen by considering the lowest of root mean square error. In this study, the data was time series electricity consumption of Uttaradit Rajabhat University from January 2012 to December 2021 with a total of 120 months. The data was divided into 2 sets. The first set had 108 months from January 2012 to December 2020 for constructing the forecast models. The second set had 12 months from January to December 2021 for comparing accuracy of the forecast models. The results showed that the Winters' additive exponential smoothing method was the appropriate method for forecasting electricity consumption a period of 3 months and the Box-Jenkins method was the appropriate method for forecasting electricity consumption a period of 6 and 12 months.

*Corresponding Author: yutthachai.min@uru.ac.th

Keywords: Forecasting, Box-Jenkins method, Winters' additive exponential smoothing method

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

1. บทนำ

ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ และเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการขับเคลื่อนเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศในด้านต่างๆ เช่น ด้านเศรษฐกิจ ด้านอุตสาหกรรม ด้านคมนาคม ด้านการเกษตร ด้านการสื่อสาร และในอีกหลายด้าน ซึ่งด้านที่สำคัญอีกด้านหนึ่งคือ ด้านการศึกษา ซึ่งไฟฟ้าเข้าไปมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยเป็นตัวขับเคลื่อนให้กระบวนการเรียน การสอน และการดำเนินกิจกรรมต่าง ในสถาบันการศึกษา เป็นไปด้วยความเรียบร้อย ทำให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีต่อนักเรียน นิสิต นักศึกษา ครู อาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องในสถาบันการศึกษา สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ให้บรรลุผลสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งมหาวิทยาลัย ราชภัฏอุดรดิตถ์ เป็นสถาบันการศึกษาแห่งหนึ่ง ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งภายในมหาวิทยาลัยมีทั้งห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ อาคารสถานที่ต่างๆ ที่ต้องมีการใช้ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนอยู่ตลอดเวลาส่งผลทำให้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เริ่มแพร่ระบาดเข้ามาในประเทศไทย มีการระบาดอย่างรวดเร็ว และมีลักษณะการระบาดเป็นกลุ่มก้อนขยายการระบาดเป็นวงกว้าง ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563^[1] ที่ผ่านมามีมหาวิทยาลัยได้มีมาตรการป้องกันในการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยมีการจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์และการทำงานที่บ้าน (Work From Home) ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นมามีแนวโน้มลดลง ซึ่งปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยไม่ว่าจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นย่อมส่งผลต่อค่าใช้จ่ายของมหาวิทยาลัยที่ต้องนำเงินส่วนหนึ่งที่มาจากรายได้ของมหาวิทยาลัย หรือมาจากงบประมาณแผ่นดินที่มหาวิทยาลัยได้รับมาจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปี และยิ่งหากมหาวิทยาลัยมีการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้วย่อมส่งผลทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นตามมา ทำให้งบประมาณของมหาวิทยาลัยที่ตั้งเป้าหมายไว้เพื่อใช้ในการดำเนินการที่จะนำไปใช้ในการพัฒนามหาวิทยาลัยในด้านอื่นๆ ต้องมีอันสะดุดลง ไม่สามารถดำเนินการตามแผนที่ต้องการได้

ในปัจจุบันการพยากรณ์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการดำเนินงาน เพราะการพยากรณ์เป็นการคาดคะเนหรือการคาดการณ์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยศึกษารูปแบบของเหตุการณ์ที่ได้เก็บรวบรวมไว้อย่างมีระบบ^[2] ที่จะเข้ามาช่วยในการวางแผนและการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานของบุคคล หรือขององค์กรต่างๆ ซึ่งเหตุการณ์ในอนาคตเป็นสิ่งที่ควบคุมไม่ได้ เพราะฉะนั้นการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตจึงมีความจำเป็นอย่างมาก^[3] ที่สามารถใช้ผลการพยากรณ์เข้ามาช่วยในการวางแผน ประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานต่างๆ เพื่อลดความเสี่ยง จากเหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้^[2] ดังนั้นถ้าหากมหาวิทยาลัยได้มีพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละปีล่วงหน้า ย่อมทำให้เกิดผลดีต่อการวางแผนของผู้บริหารในการจัดสรรงบประมาณด้านพลังงานไฟฟ้า และรวมถึงการสร้างนโยบายหรือนโยบายในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสมต่อไป จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ณัฐภัทร ก้อนเครือและกัลยา บุญหล้า^[4] ได้ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดพิษณุโลกโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2544 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2558 โดยศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบโฮลท์และวินเทอร์แบบคูณ และวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และทำการเปรียบเทียบตัวแบบสำหรับการพยากรณ์โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ที่ต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ปริมาณหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าคือวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ นิฉา แก้วหาญ^[5] ได้ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2557 ได้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ 2 ตัวแบบคือ ตัวแบบ SARIMA ของบ็อกซ์-เจนกินส์ และตัวแบบการถดถอยที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นแบบ ARMA และทำการเปรียบเทียบตัวแบบสำหรับการพยากรณ์โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยคือ ตัวแบบการถดถอยที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นแบบ ARMA(2,(6,20)) ณิชาวีร์ ภาโสภะ, ธัญชนิต แก้วแป้น และวรกานต์ สินอุปการ^[2] ได้ศึกษาการพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2563 ได้ศึกษาวิธีการพยากรณ์เดียว 3 วิธีได้แก่ วิธีการถดถอยแบบ

อนุกรมเวลา วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง และวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ พร้อมทั้งวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยการหาตัวถ่วงน้ำหนักจาก 3 วิธีได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน วิธีส่วนกลับของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และวิธีส่วนกลับของค่าพยากรณ์ ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน และการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากันให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด จันทรธำ วังษ์อุทอง^[6] ได้ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า: กรณีศึกษาการใช้ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2535 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2546 ทำการแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นขนาด 4, 6, 8 และ 10 ปี ส่วนช่วงเวลากการพยากรณ์ได้แบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 2, 6 และ 12 เดือน และได้ศึกษาวิธีการพยากรณ์ 5 วิธีได้แก่ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง วิธีการแยกส่วน วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรตามมีวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้เปรียบเทียบโดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่า ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 และ 6 เดือน วิธีที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังและวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน วิธีที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการแยกส่วน และศศิประภา ตาลยงค์^[7] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบวินเทอร์ ตัวแบบอาร์มา และตัวแบบวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอาร์มา ซึ่งใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 และเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบอาร์มามีความเหมาะสมที่สุด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ โดยสร้างตัวแบบพยากรณ์จาก 2 วิธี วิธีแรก คือ วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวทุกประเภทและเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ และเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ในทุกช่วงเวลา^{[3][8]} จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในงานวิจัยและวิธีที่สอง คือ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เทคนิคการทำให้เรียบอันเนื่องมาจากข้อมูลในอนุกรมเวลามักจะมีความผันแปรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติรวมอยู่ด้วยซึ่งทำให้ไม่สามารถเห็นส่วนประกอบอื่นๆ การกำจัดอิทธิพลความผันแปรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติทำให้สามารถเห็นองค์ประกอบอื่นๆ ของข้อมูลอนุกรมเวลาได้และทั้ง 2 วิธีเหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีทั้งส่วนประกอบของแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล^[3] ซึ่งประกอบกับข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ในการวิจัยครั้งนี้มีส่วนประกอบของแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงนำเสนอตัวแบบพยากรณ์จาก 2 วิธีดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์จาก 2 วิธีคือวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

2. วิธีการดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 28.0^[9] ซึ่งข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวนทั้งหมด 120 เดือน จากหน่วยงานในกองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 เป็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 108 เดือน เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวน 12 เดือน เพื่อใช้ในการ

เปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์พิจารณาจากรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยซึ่งวิธีการที่ให้ค่าดังกล่าวต่ำสุดจะเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลา วิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้มี 2 วิธี คือ วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะของการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆได้เป็นอย่างดี และค่อนข้างแม่นยำจึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก ซึ่งในการกำหนดตัวแบบพยากรณ์ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์นั้นจะต้องเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาแบบคงที่ (stationary time series) นั่นคือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนคงที่^[10] ซึ่งจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เปลี่ยนไป ขั้นตอนของการสร้างตัวแบบพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ มีดังนี้^{[2][4]}

2.1.1 การตรวจสอบข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าอนุกรมเวลาแบบคงที่หรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation function : ACF) และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial autocorrelation function : PACF) เมื่อพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ ต้องทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่มีความคงที่ โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา และถ้าความแปรปรวนไม่คงที่ ต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่ด้วยการใช้ฟังก์ชันลอการิทึม หรือการแปลงรากที่สอง^[3]

2.1.2 กำหนดตัวแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีความคงที่ ตามลำดับ

2.1.3 ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

2.1.4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบอนุกรมเวลาจากกราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนและการทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Ljung-Box Q test) เมื่อตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้มีความเหมาะสมดำเนินการสร้างตัวแบบดังกล่าว แต่ถ้าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้ไม่เหมาะสมจะต้องไปกำหนดตัวแบบใหม่ให้กับอนุกรมเวลา

วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์มีตัวแบบอนุกรมเวลาเรียกว่า ตัวแบบ SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) ซึ่งตัวแบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นลักษณะของตัวแบบ SARIMA (p, d, q)(P,D,Q)_s^[11] มีตัวแบบแสดงดังสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} & (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps})(1 - B)^d(1 - B^s)^D Y_t \\ & = \theta_0 + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)(1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs}) \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

B คือ ตัวดำเนินการถอยหลังเวลา (Backward Operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

θ_0 คือ ค่าคงที่

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t ซึ่งมีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ความแปรปรวนคงที่ และเป็นอิสระกัน

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของการถอยหลังในตัวเองที่ไม่มีฤดูกาล อันดับที่ 1, 2, ..., p ตามลำดับ

$\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์ของการถอยหลังในตัวเองที่มีฤดูกาล อันดับที่ 1, 2, ..., P ตามลำดับ

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ไม่มีฤดูกาล อันดับที่ 1, 2, ..., q ตามลำดับ

$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่มีฤดูกาล อันดับที่ 1, 2, ..., Q ตามลำดับ

p คือ ลำดับที่ p ของการถดถอยในตัวที่ไม่มีฤดูกาล

d คือ ลำดับที่ d ของการหาผลต่างที่ไม่มีฤดูกาล

q คือ ลำดับที่ q ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่มีฤดูกาล

P คือ ลำดับที่ P ของการถดถอยในตัวที่มีฤดูกาล

D คือ ลำดับที่ D ของการหาผลต่างที่มีฤดูกาล

Q คือ ลำดับที่ Q ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่มีฤดูกาล

S คือ ความยาวของคาบฤดูกาล

2.2 วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

การทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีทั้งส่วนประกอบของแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง^[3] ซึ่งวิธีการของวินเทอร์มีรูปแบบพยากรณ์อยู่ 2 แบบ คือ การทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังแบบบวก (Winters' Additive Exponential Smoothing) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาลที่มีลักษณะเช่นเดิมหรือแตกต่างจากเดิมไม่มากเมื่ออนุกรมเวลามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังแบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาลเป็นไปตามสัดส่วนกับระดับของอนุกรมเวลา กล่าวคือเมื่อระดับอนุกรมเวลาเพิ่มขึ้นการแปรผันตามฤดูกาลเพิ่มขึ้นด้วยหรือทำนองกลับกันการแปรผันตามฤดูกาลลดลงเมื่ออนุกรมเวลาเพิ่มขึ้น^[12] สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังแบบบวก เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ตั้งแต่เดือนมกราคมพ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 มีความผันแปรตามฤดูกาลที่มีลักษณะไม่แตกต่างไปจากเดิมเมื่อเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป แสดงดังภาพที่ 1 สำหรับตัวแบบของวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกมีตัวแบบ^[3] แสดงดังสมการที่ (2)

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) + S_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

โดยที่ Y_t คือ อนุกรมเวลา ณ เวลา t

β_0 คือ พารามิเตอร์ของระดับอนุกรมเวลา

β_1 คือ พารามิเตอร์ของแนวโน้ม

S_t คือ ความผันแปรตามฤดูกาล ณ เวลา t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t ซึ่งมีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่และ

เป็นอิสระกัน

สำหรับตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ในครั้งนี้ มีรูปแบบแสดงดังสมการที่ (3)

$$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m) + \hat{S}_{t-p+m} \quad (3)$$

เมื่อ a_t , b_t และ $\hat{S}_t$ คือ ค่าประมาณ ณ เวลา t ของพารามิเตอร์ β_0 , β_1 และ S_t ตามลำดับ

โดยที่ $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-p}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$

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

$\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-p}$

m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า เมื่อ $m=1, 2, \dots$

p คือ ความยาวของคาบฤดูกาล ในที่นี้ $p=12$ ซึ่งข้อมูลเป็นรายเดือน

α คือ ค่าคงที่ทำให้เรียบสำหรับปรับระดับอนุกรมเวลา เมื่อ $0 \leq \alpha \leq 1$

γ คือ ค่าคงที่ทำให้เรียบสำหรับค่าประมาณของแนวโน้ม เมื่อ $0 \leq \gamma \leq 1$

δ คือ ค่าคงที่ทำให้เรียบสำหรับค่าประมาณฤดูกาล เมื่อ $0 \leq \delta \leq 1$

2.3 การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

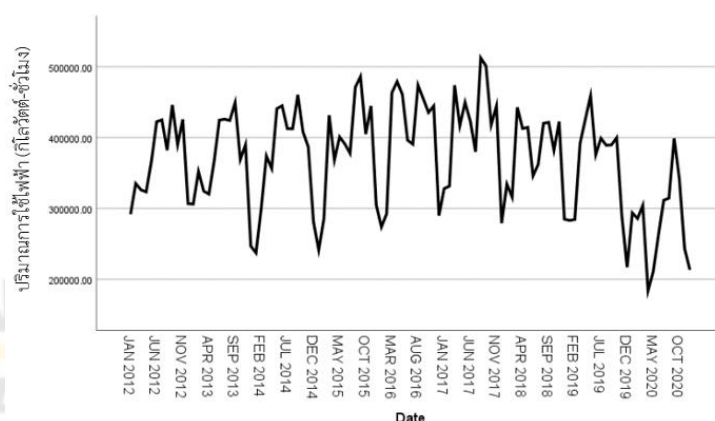
การเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ของข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 กับค่าพยากรณ์ของตัวแบบทั้ง 2 วิธี เพื่อคำนวณหารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด^{[3][13]} จัดเป็นตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุด โดย RMSE แสดงดังสมการ ที่ (4)

$$\text{เมื่อ} \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (4)$$

โดยที่ Y_t คือ อนุกรมเวลา ณ เวลา t
 $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
 n_2 คือ จำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

3. ผลการวิจัย

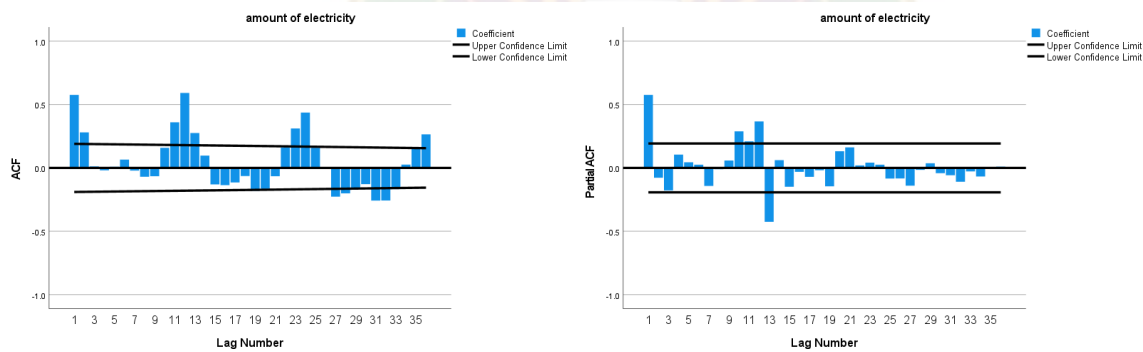
ผลการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ในข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 108 เดือน โดยพิจารณาจากกราฟเชิงเส้นดังภาพที่ 1 พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไปและยังมีความผันแปรตามฤดูกาลเข้ามาร่วมด้วย นอกเหนือจากการพิจารณาจากกราฟแล้ว ผู้วิจัยยังได้ตรวจสอบสมมติฐานอิทธิพลของแนวโน้มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis Test)^{[10][14]} พบว่า อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยในแต่ละปีแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test = 22.460, p-value = 0.004) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 นั่นคืออนุกรมเวลานี้มีอิทธิพลของแนวโน้ม และเมื่อทำการตรวจสอบสมมติฐานอิทธิพลของฤดูกาลโดยทำการปรับข้อมูลที่มีแนวโน้มออก แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของครัสคาล-วอลลิส พบว่า อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test = 54.883, p-value = 0.000) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 นั่นคืออนุกรมเวลานี้มีอิทธิพลของฤดูกาล



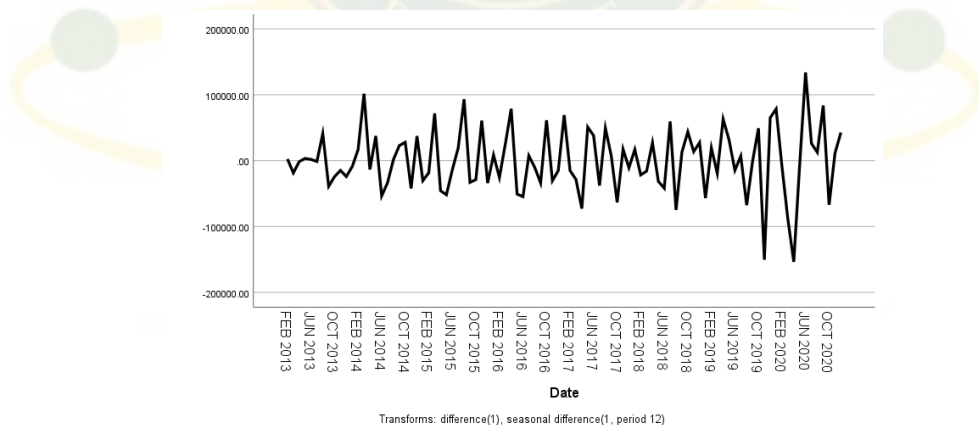
ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเคลื่อนไหวปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ตั้งแต่เดือนมกราคมพ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563

3.1 วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์

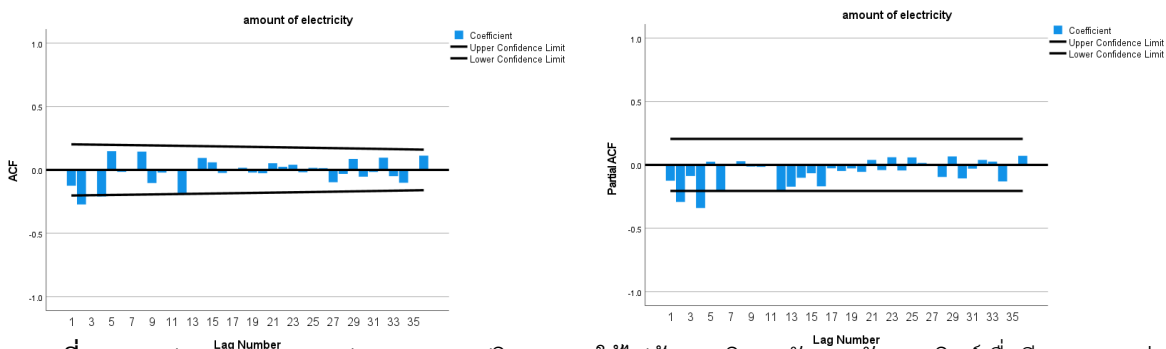
3.1.1 เมื่อพิจารณากราฟ ACF และกราฟ PACF ของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้า ดังภาพ ที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลาที่มีความไม่คงที่ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัว (r_k) จากกราฟ ACF และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวบางส่วน (r_{kk}) จากกราฟ PACF มีค่าสูง ณ lag 1, 12 และ 24 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้มีความไม่คงที่ เนื่องจากมีอิทธิพลของแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบสมมติฐานข้างต้นที่พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้มีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาล ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีความคงที่จึงต้องกำจัดอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาล ด้วยการหาผลต่างของอนุกรมเวลาลำดับที่ 1 ($d=1$) และหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($D=1$) ตามลำดับ ทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่ที่ได้มีความคงที่ ดังภาพที่ 3 จึงทำการกำหนดรูปแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์



ภาพที่ 3 กราฟของปริมาณการใช้ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์เมื่อมีการหาผลต่างอนุกรมเวลาลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1



ภาพที่ 4 กราฟ ACF และ กราฟ PACF ของปริมาณการใช้ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์เมื่อมีการหาผลต่างอนุกรมเวลาลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1

3.1.2 กำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลาโดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ SPACF ของอนุกรมเวลา ชุดใหม่ จากภาพที่ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวบางส่วน มีค่าสูง ณ lag 1 กับ 2 ดังภาพที่ 4 ดังนั้น เมื่อนำไปหาตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ที่ได้ คือ SARIMA(0, 1, 1) (0, 1, 1)₁₂ และสามารถนำมาเขียนตัวแบบสมการที่ไม่มีพจน์ค่าคงที่ได้ดังนี้

$$(1-B)(1-B^{12})Y_t = (1-\theta_1 B)(1-\Theta_1 B^{12})\varepsilon_t \quad (5)$$

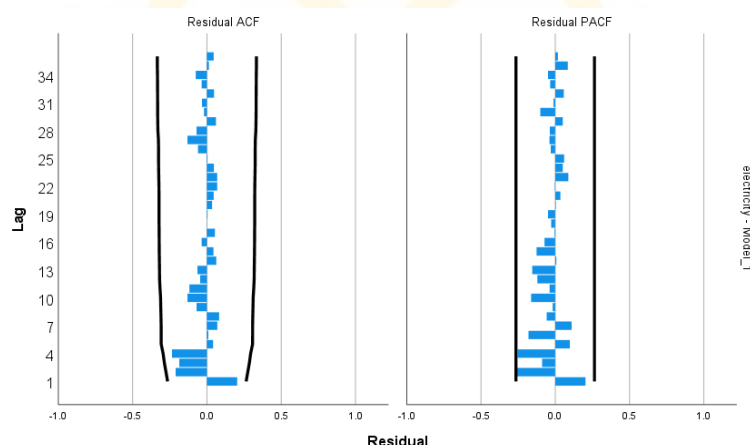
3.1.3 ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์จากตัวแบบ SARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1)₁₂ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจากโปรแกรม SPSS ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1 เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์จะได้ตัวแบบพยากรณ์ดังนี้

$$(1-B)(1-B^{12})Y_t = (1-0.57B)(1-0.348B^{12})\varepsilon_t \quad (6)$$

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบ SARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 2)₁₂

พารามิเตอร์	ค่าประมาณ	ค่าความคลาดเคลื่อน	ค่าสถิติ t	p-value
θ_1	0.570	0.088	6.488	<0.001
Θ_1	0.348	0.129	2.701	0.008

3.1.4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์จากกราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวบางส่วนของความคลาดเคลื่อนนั้นตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น 99% ทุกค่า lag ดังภาพที่ 5 และความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เป็นอิสระกัน (Ljung-Box Q lag 18 = 24.752, p-value = 0.074) และมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov = 0.083, p-value = 0.107) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม



ภาพที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ตัวแบบ SARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1)₁₂

3.2 วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

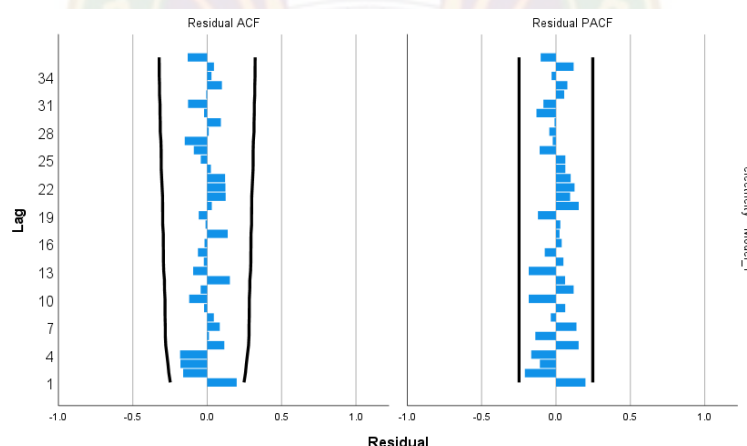
จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก เมื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ α , γ และ δ จากโปรแกรม SPSS ทำให้ได้ค่าเท่ากับ 0.302, 5.11×10^{-7} และ 8.052×10^{-5} ตามลำดับ ดังนั้นจากสมการที่ (3) ทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์ ดังนี้

a_t ค่าประมาณระดับอนุกรมเวลา โดยที่ $a_t = 0.302(Y_t - \hat{S}_{t-p}) + (1 - 0.302)(a_{t-1} + b_{t-1})$

b_t ค่าประมาณแนวโน้ม โดยที่ $b_t = 5.11 \times 10^{-7}(a_t - a_{t-1}) + (1 - 5.11 \times 10^{-7})b_{t-1}$

$\hat{S}_t$ ค่าประมาณฤดูกาล โดยที่ $\hat{S}_t = 8.052 \times 10^{-5}(Y_t - a_t) + (1 - 8.052 \times 10^{-5})\hat{S}_{t-p}$

เมื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์จากกราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น 99% ทุกค่า lag ดังภาพที่ 6 และความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เป็นอิสระกัน (Ljung-Box Q lag 18 = 26.506, p-value = 0.033) และมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov = 0.059, p-value = 0.200) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม



ภาพที่ 6 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

3.3 ผลการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์

เมื่อนำตัวแบบพยากรณ์จากทั้ง 2 วิธีไปพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็น 3 ช่วงเวลา คือ การพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 3 เดือน การพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 6 เดือน และการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 12 เดือน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงในข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ทำให้ได้ค่า RMSE จากทั้งจากการพยากรณ์ทั้ง 3 ช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 2 – 4 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่า RMSE จากการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ในการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 3 เดือน

เดือน พ.ศ.2564	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการพยากรณ์โดยวิธี	
		บอช - เจนกินส์	วินเทอร์
มกราคม	166,564.50	240,112.62	196,860.83
กุมภาพันธ์	213,791.50	234,379.88	218,349.06
มีนาคม	415,783.58	286,835.08	301,615.86
RMSE		86,527.30	68,246.87

จากตารางที่ 2 พบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีของบอช-เจนกินส์ แสดงให้เห็นว่าวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำกว่าวิธีของบอช-เจนกินส์ ดังนั้น วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์เป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 3 เดือน

ตารางที่ 3 ค่า RMSE จากการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ในการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 6 เดือน

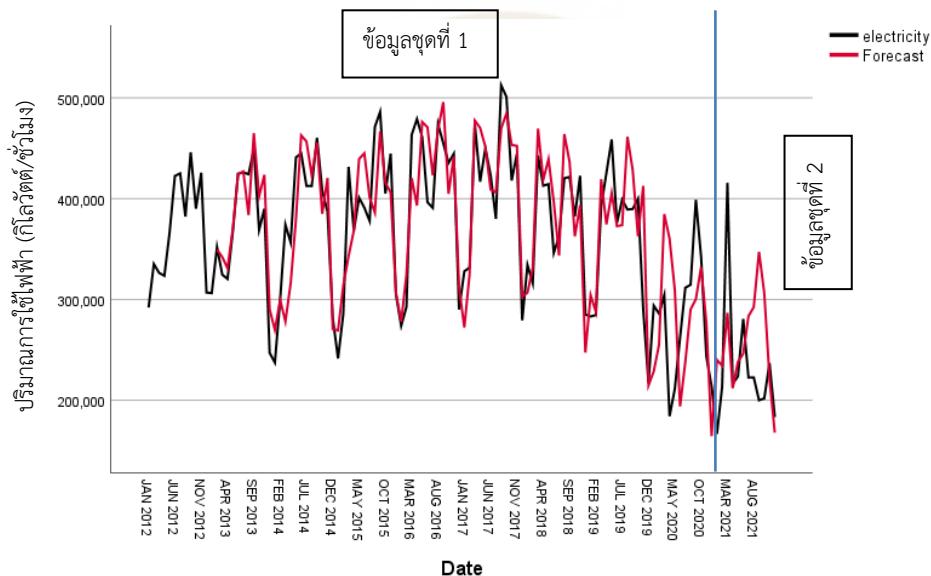
เดือน พ.ศ.2564	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการพยากรณ์โดยวิธี	
		บอช - เจนกินส์	วินเทอร์
มกราคม	166,564.50	240,112.62	196,860.83
กุมภาพันธ์	213,791.50	234,379.88	218,349.06
มีนาคม	415,783.58	286,835.08	301,615.86
เมษายน	216,472.01	212,024.61	274,285.82
พฤษภาคม	223,779.99	238,269.18	305,814.99
มิถุนายน	280,739.99	246,120.65	296,538.03
RMSE		63,099.31	63,632.62

จากตารางที่ 3 พบว่า วิธีของบอช-เจนกินส์ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของ วินเทอร์แบบบวก แสดงให้เห็นว่าวิธีของบอช-เจนกินส์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำกว่าวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ดังนั้น วิธีของบอช-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 6 เดือน

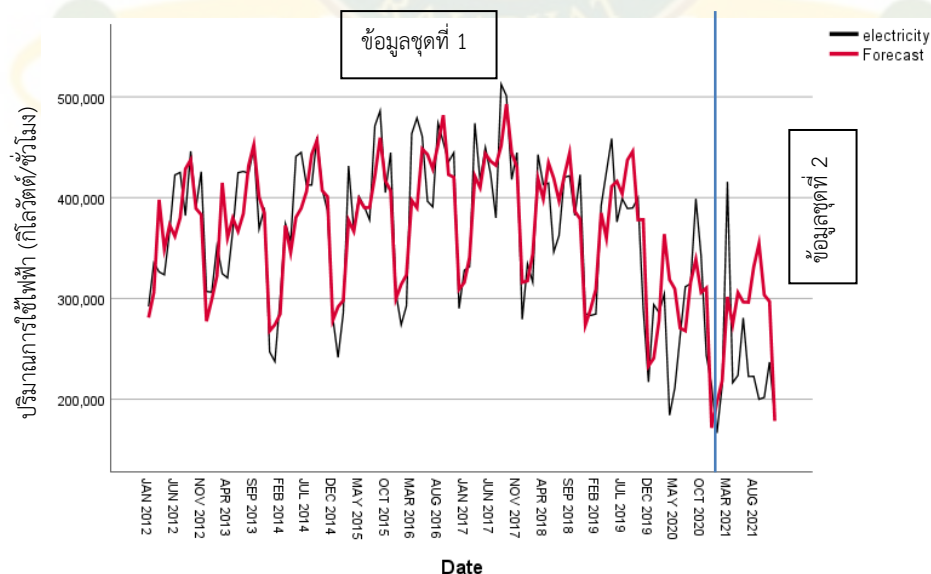
ตารางที่ 4 ค่า RMSE จากการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ในการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 12 เดือน

เดือน พ.ศ.2564	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการพยากรณ์โดยวิธี	
		บอช - เจนกินส์	วินเทอร์
มกราคม	166,564.50	240,112.62	196,860.83
กุมภาพันธ์	213,791.50	234,379.88	218,349.06
มีนาคม	415,783.58	286,835.08	301,615.86
เมษายน	216,472.01	212,024.61	274,285.82
พฤษภาคม	223,779.99	238,269.18	305,814.99
มิถุนายน	280,739.99	246,120.65	296,538.03
กรกฎาคม	222,676.00	283,479.94	296,325.09
สิงหาคม	222,753.51	292,484.75	331,341.59
กันยายน	200,056.49	347,343.80	354,388.20
ตุลาคม	201,897.51	306,546.59	303,491.83
พฤศจิกายน	236,945.00	221,388.88	297,109.75
ธันวาคม	183,348.99	167,916.90	178,552.26
RMSE		73,922.15	81,287.92

จากตารางที่ 4 พบว่า วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของ วินเทอร์ แบบบวก แสดงให้เห็นว่าวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำกว่าวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของ วินเทอร์แบบบวก ดังนั้น วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 12 เดือน



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลากับค่าพยากรณ์ของวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์



ภาพที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลากับค่าพยากรณ์ของวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์ แบบบวก

4. อภิปรายและสรุปผล

ในการศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวนทั้งหมด 120 เดือน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยข้อมูลชุดที่ 1 เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 108 เดือน เพื่อใช้สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวน 12 เดือน เพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์จากวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ผลการวิจัยพบว่า วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์มีตัวแบบที่เหมาะสมคือ SARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1)₁₂ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกมีตัวแบบคือ $\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m) + \hat{S}_t$; $m = 1, 2, 3, \dots$ มีค่าประมาณพารามิเตอร์คือ $a_t = 0.302(Y_t - \hat{S}_{t-p}) + (1 - 0.302)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = 5.11 \times 10^{-7}(a_t - a_{t-1}) + (1 - 5.11 \times 10^{-7})b_{t-1}$ และ $\hat{S}_t = 8.052 \times 10^{-5}(Y_t - a_t) + (1 - 8.052 \times 10^{-5})\hat{S}_{t-p}$ และเมื่อทำการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์จากทั้ง 2 วิธี โดยทำการแบ่งการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็น 3 ช่วงเวลา พบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 3 เดือน ส่วนวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าช่วง 6 และ 12 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจันทร์ธา วงษ์อุทอง^[6] ที่พบว่าในการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วง 6 และ 12 เดือนวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คือ วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐภัทร ก้อนเครือ และกัลยา บุญหล้า^[4] ที่พบว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ปริมาณหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าคือ วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิประภา ตาลยงค์^[7] ที่พบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยคือตัวแบบอาร์มาของบ็อกซ์-เจนกินส์และเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลอนุกรมเวลากับค่าพยากรณ์จากทั้ง 2 วิธี ในภาพรวม ดังภาพที่ 7 และ 8 จะสังเกตได้ว่าลักษณะการเคลื่อนไหวของค่าพยากรณ์จากทั้ง 2 วิธีค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจริง โดยเฉพาะข้อมูลชุดที่ 1 ที่นำมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ ขณะที่ในข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ค่าพยากรณ์ของทั้ง 2 วิธี ให้ค่าแตกต่างจากข้อมูลจริงมากพอสมควร ทำให้รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่ามาก ซึ่งสาเหตุสำคัญอันเนื่องมาจากการเริ่มแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นมา ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์จึงมีมาตรการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยมีการจัดรูปแบบการเรียนการสอนเป็นแบบออนไลน์ และให้บุคลากรส่วนหนึ่งทำงานที่บ้าน ส่งผลทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในช่วงตั้งเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นมามีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันในปีที่ผ่านมา ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าพยากรณ์กับข้อมูลจริงเกิดความแตกต่างกันมากนั่นเอง ในงานวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจจะศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์รูปแบบอื่นๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากตัวแบบพยากรณ์ข้างต้น ซึ่งวิธีการพยากรณ์ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม ควรปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย มีความเป็นปัจจุบันมากที่สุดเพื่อความแม่นยำของการพยากรณ์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ หน่วยงานในกองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] วันที่ไทยรู้จักโควิด 19. (28 มีนาคม 2563). ข่าวไทยพีบีเอส. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2565 จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/290347>.

- [2] นิชาวีร์ ภาโสภะ, ธัญชนิต แก้วแป้น และวรกานต์ สินอุปลการ. (2654). การพยากรณ์การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้า นครหลวง. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4 (น. 309-316). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- [3] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [4] ณัฐภัทร ก้อนเครือ และกัลยา บุญหล้า. (2559). การพยากรณ์ปริมาณหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดพิษณุโลก. วารสาร วิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 25(2), 54-64.
- [5] นิศา แก้วหาญ. (2558). การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบ SAIMA และตัวแบบการถดถอยที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบ ARMA. *Thai Journal of Science and Technology*, 4(1), 24-36.
- [6] จันทรธรา วงษ์อุทอง. (2548). การพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า: กรณีศึกษาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [7] ศศิประภา ตาลยงค์. (2560). การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบวินเทอร์ ตัวแบบอาร์มา และตัวแบบวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอาร์มา (สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [8] วิโรจน์ หวังสมศรี. (2547). การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า: กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง (พระนครศรีอยุธยา) (สารนิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- [9] IBM Corporation. (2021). IBM SPSS Statistics, Version 28.0. Available from <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>. Retrieved 25 April 2022.
- [10] ทรงศิริ แท้สมบัติ. (2549). การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [11] Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- [12] มุกดา แม้นมินทร์. (2549). *อนุกรมเวลาและพยากรณ์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพรึก.
- [13] ยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา, บุญหญิง สมร่าง, สุณี ทวีสกุลวัชร และลักขณา เสาธะนันท์. (2563). การพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์และวิธีการของวินเทอร์. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 12(24), 76-86.
- [14] วรจนา เรียงสุทธิ. (2563). ตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*, 48(1), 156-165.