

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละ
ภาคเศรษฐกิจ
FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION
IN THAILAND FOR EACH ECONOMIC SECTOR



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2566
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละ
ภาคเศรษฐกิจ

FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN
THAILAND FOR EACH ECONOMIC SECTOR

ชื่อนักศึกษา

นางสาวภัควี กนิษฐสุด รหัสนักศึกษา 63050651
นางสาววรรณภัสสร วุทธินิติศาสตร์ รหัสนักศึกษา 63050659
นางสาวสิริยาภรณ์ สุขสันต์กาล รหัสนักศึกษา 63050675

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา

สถิติ

ปีการศึกษา

2566

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.พรรณทิพา วาณิชยจิรัฐติกาล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ประจำปีการศึกษา 2566

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---------------------|
| ดร.อัศวิน วงศ์วิวัฒน์ ประธานกรรมการ | อ.ณัฐ |
| ดร.อริศา จิรธรรมประดับ กรรมการ | อริศา จิรธรรมประดับ |
| ผศ.ดร.พรรณทิพา วาณิชยจิรัฐติกาล กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | Pantipa W. |

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|--------------------|---|-----------------|-----------------------|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ | | |
| ชื่อนักศึกษา | นางสาวภักวดี | กนิษฐสุต | รหัสนักศึกษา 63050651 |
| | นางสาววรรณภัสสร | วุทธินิติศาสตร์ | รหัสนักศึกษา 63050659 |
| | นางสาวสิริยาภรณ์ | สุขสันติกาล | รหัสนักศึกษา 63050675 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์) | | |
| ภาควิชา | สถิติ | | |
| ปีการศึกษา | 2566 | | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.พรรณทิพา วาณิชจรรย์กุล | | |

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ และหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรมซึ่งใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการเก็บรวบรวมรายเดือนของกระทรวงพลังงานระยะเวลา 11 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ใช้สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยความเคลื่อนกำลังสอง (MSE) น้อยที่สุดเป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยใช้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ในการแสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ในรูปแบบที่เป็นคำร้อยละ เพื่อบอกถึงประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบการพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี พบว่าที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 5.8181%, 7.5903% และ 0.8468% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ : วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์
วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|----------------------|--|
| Title | Forecast of electricity consumption in Thailand for each economic sector |
| Students | Miss Pakawadee Kanitthasut Student ID 63050651 Miss Wannaphassorn Vuddhinitisastrin Student ID 63050659 Miss Sirayaporn Suksantikarn Student ID 63050675 |
| Degree | Bachelor of Science (Applied Statistics) |
| Department | Statistics |
| School | Science |
| University | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) |
| Academic Year | 2023 |
| Advisor | Asst. Prof. Dr. Puntipa Wanitjirattikal |

Abstract

A comparative study of models for forecasting electricity consumption in Thailand in each economic sector compared three forecasting methods: component separation method, the Holt-Winter exponential smoothing method, and the Box-Jenkins method. The objective was to study and compare forecasting models and find the most suitable forecasting model to forecast electricity consumption in Thailand in each economic sector, including the household sector, business sector, and industrial sector. The data was collected from the Metropolitan Electricity Authority and the Provincial Electricity Authority over a period of 11 years, from January 2013 to December 2023. We divided the data into 2 parts. Part 1 was the data from January 2013 to December 2022, used for creating a forecasting model. The criteria used to select the appropriate forecasting model was Mean Square Error (MSE). Part 2 was the data from January 2023 to December 2023. The forecasting performance was measured by Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to show the difference between actual values and forecasting values in percentage form.

Comparing the results of the three analysis methods, it was found that the most suitable for forecasting electricity consumption in Thailand for each economic

เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วง และถูกต้องสมบูรณ์ในส่วนขอเนื้อหาได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.พรรณทิพา วาณิชยจิรัฐติกาล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ ตรวจสอบตรา สละเวลาในการตรวจสอบ และแก้ไขเนื้อหาจนปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.อัศวิน วงศ์วิวัฒน์ และ ดร.อริศา จิรธรรมประดับ คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไข ปรับปรุง เพิ่มเติมจนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา และผู้ปกครองที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ สนับสนุน ตลอดจนการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้



ภักวดี กนิษฐสุต
วรรณภัสสร วุทธินิติศาสตร์
สิริยาภรณ์ สุขสันติกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ค |
| กิตติกรรมประกาศ..... | จ |
| สารบัญ..... | ฉ |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญรูป..... | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... | 3 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ..... | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| 2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์..... | 5 |
| 2.1.1 ความหมายและความสำคัญของการพยากรณ์..... | 5 |
| 2.1.2 การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง..... | 6 |
| 2.1.3 การทดสอบแนวนอนและอิทธิพลของฤดูกาล..... | 7 |
| 2.1.4 การสร้างตัวแบบพยากรณ์..... | 10 |
| 2.2 การวัดความถูกต้องของตัวแบบการพยากรณ์..... | 17 |
| 2.2.1 ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)..... | 18 |
| 2.2.2 เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)..... | 18 |
| 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 19 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... | 21 |
| 3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล..... | 21 |
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... | 21 |
| 3.3 วิธีการดำเนินงาน..... | 22 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... | 24 |
| 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน..... | 24 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 4.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ | 29 |
| 4.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ | 31 |
| 4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ | 34 |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ..... | 42 |
| 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ | 45 |
| 4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ | 47 |
| 4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ | 50 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม..... | 57 |
| 4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ | 60 |
| 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ | 62 |
| 4.3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ | 65 |
| 4.4 สรุปผลการวิเคราะห์..... | 71 |
| 4.4.1 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน | 71 |
| 4.4.2 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ | 73 |
| 4.4.3 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม | 74 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 76 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 76 |
| 5.1.1 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน..... | 77 |
| 5.1.2 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ | 78 |
| 5.1.3 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม..... | 78 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 5.2 ข้อเสนอแนะ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---------------------|------|
| เอกสารอ้างอิง | 89 |
| ภาคผนวก..... | 81 |
| ภาคผนวก ก..... | 82 |
| ภาคผนวก ข..... | 86 |
| ภาคผนวก ค..... | 104 |
| ภาคผนวก ง..... | 108 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.1 แสดงการคำนวณค่าตัวทดสอบครัสคาลและวอลลิส (Kruskal-Wallis) ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน กรณีรูปแบบบวก | 27 |
| 4.2 แสดงการคำนวณค่าตัวทดสอบครัสคาลและวอลลิส (Kruskal-Wallis) ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน กรณีรูปแบบคูณ..... | 28 |
| 4.3 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ | 37 |
| 4.4 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Modified Box-Pierce) ของตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ | 39 |
| 4.5 ผลการเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของอนุกรมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน | 41 |
| 4.6 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 53 |
| 4.7 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Modified Box-Pierce) ของตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 53 |
| 4.8 ค่า MSE, SSE และ AIC ของตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ | 55 |
| 4.9 ผลการเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของอนุกรมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ..... | 56 |
| 4.10 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $ARIMA(3, 1, 3) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 68 |
| 4.11 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Modified Box-Pierce) ของตัวแบบ $ARIMA(3, 1, 3) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 68 |
| 4.12 ค่า MSE, SSE และ AIC ของตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม..... | 70 |
| 4.13 ผลการเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของอนุกรมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม..... | 71 |
| 4.14 สรุปลักษณะที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละภาคเศรษฐกิจ | 75 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh) ของแต่ละภาคเศรษฐกิจ..... | 1 |
| 3.1 แสดงวิธีการดำเนินงานงานวิจัย | 23 |
| 4.1 กราฟแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน | 24 |
| 4.2 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้ Q-Q plot ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน..... | 25 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก | 29 |
| 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ | 30 |
| 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก | 31 |
| 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ | 33 |
| 4.7 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน..... | 34 |
| 4.8 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง..... | 35 |
| 4.9 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน เมื่อหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง | 35 |
| 4.10 คอเรลโรลแกรม Autocorrelation Function (AFC) ของอนุกรมเวลาปริมาณ การใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง..... | 36 |
| 4.11 คอเรลโรลแกรม Partial Autocorrelation Function (PAFC) ของอนุกรมเวลาปริมาณ การใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง..... | 36 |
| 4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ | 40 |
| 4.13 กราฟแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ..... | 42 |
| 4.14 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้ Q-Q plot ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคภาคธุรกิจ | 43 |
| 4.15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก | 45 |
| 4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ | 46 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก | 47 |
| 4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ | 49 |
| 4.19 อนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ | 50 |
| 4.20 อนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง | 51 |
| 4.21 อนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ เมื่อหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง | 51 |
| 4.22 คอเรลโรลแกรม Autocorrelation Function (AFC) ของอนุกรมเวลาปริมาณ การใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง | 52 |
| 4.23 คอเรลโรลแกรม Partial Autocorrelation Function (PAFC) ของอนุกรมเวลาปริมาณ การใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง | 52 |
| 4.24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 55 |
| 4.25 กราฟแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม | 57 |
| 4.26 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้ Q-Q plot ของอนุกรมเวลา ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม | 58 |
| 4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก | 60 |
| 4.28 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ | 61 |
| 4.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก | 62 |
| 4.30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ | 63 |
| 4.31 อนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม | 65 |
| 4.32 อนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง | 66 |
| 4.33 อนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม เมื่อหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง | 66 |
| 4.34 คอเรลโรลแกรม Autocorrelation Function (AFC) ของอนุกรมเวลาปริมาณการการใช้ไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรม จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง | 67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|--|----|
| 4.35 | คอเรลโรลแกรม Partial Autocorrelation Function (PAFC) ของอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง..... | 67 |
| 4.36 | ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(3, 1, 3) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 70 |
| 4.37 | อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน และค่าพยากรณ์ 12 หน่วยเวลา ล่วงหน้า โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ | 72 |
| 4.38 | อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ และค่าพยากรณ์ 12 หน่วยเวลา ล่วงหน้า โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ | 73 |
| 4.39 | อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม และค่าพยากรณ์ 12 หน่วยเวลา ล่วงหน้า โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ | 74 |



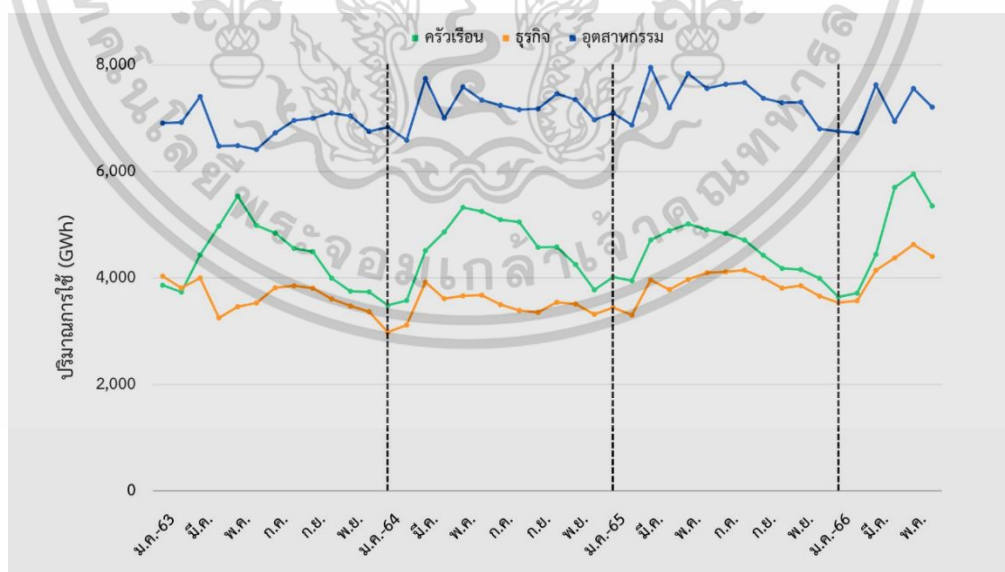
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันไฟฟ้าเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไฟฟ้า นอกจากจะให้แสงสว่างและเพิ่มความสะดวกสบายในชีวิตของมนุษย์แล้ว ยังมีความสำคัญกับระบบ เศรษฐกิจของประเทศเป็นสิ่งที่ขับเคลื่อนระบบการผลิตในอุตสาหกรรม การคมนาคม การสื่อสารทุก รูปแบบ หากไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่าความต้องการของประชากรที่มากขึ้นจะส่งผลให้ประเทศเกิด ภาวะขาดแคลนไฟฟ้าซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบสังคม เศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ ความ ต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศซึ่งผันผวนตามภาวะเศรษฐกิจโดยอัตราการเติบโตเฉลี่ยของความต้องการ ใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 0.9 - 1.1 เท่าของอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาแยกตามภาค เศรษฐกิจ พบว่าปีพ.ศ. 2563 ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอื่น ๆ มีการใช้ ไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วน 43.9% 28.3% 23.5% และ 4.3% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ ตามลำดับโดยอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ อุตสาหกรรมเหล็กและ โลหะพื้นฐาน อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ และพลาสติก (นรินทร์, 2564) จากข้อมูลจะพบว่าสัดส่วนการ ใช้ไฟฟ้าในแต่ละภาคเศรษฐกิจนั้นแตกต่างกัน ซึ่งแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าในแต่ละภาคส่วนจะแตกต่างกัน ด้วยเศรษฐกิจ



รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh) ของแต่ละภาคเศรษฐกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสถานการณ์พลังงานไทย พ.ศ. 2565 ระบุว่ามีการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.9 อยู่ที่จำนวน 215,824 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) แบ่งออกเป็นการผลิตจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 32% รับซื้อจากโรงงานไฟฟ้าเอกชนขนาดใหญ่ 31% โรงงานไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็ก 17% นำเข้าไฟฟ้าจากต่างประเทศ 12% โรงงานไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็กมาก 8% ในขณะที่การใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 197,209 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.5 โดยการใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่อยู่ในภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 44.9 ซึ่งมีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.5 เกิดจากการผลิตสินค้าที่เพิ่มขึ้นหลังเศรษฐกิจกลับเข้าสู่ภาวะปกติ สำหรับการบริโภคใช้ไฟฟ้าในภาคธุรกิจนั้นมีสัดส่วนร้อยละ 23.3 มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.0 ซึ่งมาจากการยกเลิกมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้เกิดการท่องเที่ยวมากขึ้น ส่วนการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนที่มีสัดส่วนร้อยละ 27.2 ปรับลดลงร้อยละ 1.0 จากการที่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนยกเลิกมาตรการทำงานจากที่บ้าน (Work from home) หลังการแพร่ระบาดของโควิด-19 คลี่คลาย จากรูปที่ 1.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงช่วง 6 เดือนแรกของปีพ.ศ. 2566 จะสังเกตเห็นว่าการใช้ไฟฟ้าโดยรวมมีมากขึ้น นั่นหมายถึงความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศมากขึ้น เนื่องจากปริมาณกิจกรรมทางเศรษฐกิจในภาพรวมที่มากขึ้น ทำให้การใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอื่นๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากรายงานภาพรวมพลังงานรายเดือนของเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 พบว่าการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 19,452 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) เพิ่มขึ้น 2.5 % และการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 17,780 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) เพิ่มขึ้น 2.8% จากการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกภาคส่วน ยกเว้นภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟาลดลงต่อเนื่องจากเดือนก่อนหน้า (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2566)

จากงานวิจัยเปรียบเทียบของศศิประภา (2560) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้วิธีวินเทอร์ วิธีอาร์มา และวิธีวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอาร์มา และเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของแต่ละตัวแบบด้วยค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) โดยตัวแบบที่เหมาะสมจะให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด จากผลการวิจัยพบว่า วิธีอาร์มาเป็นวิธีสร้างตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุด

จากบทความวิจัยของกนกกาญจน์ และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาเรื่องตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบวิธีการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ทางสถิติ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ วิธีการพยากรณ์ของโฮลต์วิธีการพยากรณ์ของวินเทอร์ และวิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ ตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean absolute percentase error : MAPE) โดยค่า MAPE ต่ำที่สุดจะบอกถึง วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด พบว่าวิธีการพยากรณ์ของวินเทอร์ เป็นวิธีการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นและการจัดสรรปริมาณพลังงานไฟฟ้าให้มีเพียงพอต่อความต้องการของประชาชนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ซึ่งประกอบด้วย ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ด้วยวิธีในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) 2) วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Exponential Smoothing Holt-Winter method) และ 3) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เพื่อที่จะนำผลการศึกษามาใช้ในการเป็นแนวทางการจัดสรรปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการของประชาชนในแต่ละภาคเศรษฐกิจ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อเปรียบเทียบหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม
- 2) เพื่อนำตัวแบบพยากรณ์ไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม จากการเก็บรวบรวมรายเดือนของกระทรวงพลังงาน ระยะเวลา 11 ปี จำนวน 132 ค่า เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 120 ค่า ใช้สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 12 ค่า ใช้สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ โดยใช้วิธีในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) 2) วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Exponential Smoothing Holt-Winter method) และ 3) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ตัวแบบสมการสำหรับการพยากรณ์ที่เหมาะสมของการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ
- 2) สามารถนำตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ
- 3) ตัวแบบพยากรณ์ที่ได้สามารถใช้ในการวางแผนจัดสรรปริมาณการผลิตไฟฟ้าให้เหมาะสมต่อความต้องการของประชาชนในประเทศ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1) กิกะวัตต์ต่อชั่วโมง (Gigawatt-hour : GWh) หมายถึง กิกะวัตต์ = 1,000 เมกะวัตต์ = 1,000,000 กิโลวัตต์ = 1,000,000,000 วัตต์ "ต่อชั่วโมง" เช่น โรงไฟฟ้าแห่งนี้มีกำลังการผลิต 1GWh หมายความว่าในเวลา 1 ชั่วโมง ถ้าโรงไฟฟ้าเดินกำลังการผลิตเต็มที่ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1 GW (Investing, 2561)
- 2) ภาคเศรษฐกิจ หมายถึง หน่วยเศรษฐกิจหลายๆหน่วยที่มีการประกอบกิจกรรมหรือมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันทางด้านเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม แบ่งเป็นภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม
- 3) ภาคครัวเรือน หมายถึง บุคคลประชาชนคนไทยทั่วไปใช้เพื่อเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันในครัวเรือน บ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือห้างร้านบริษัท (Blockdit, 2566)
- 4) ภาคธุรกิจ หมายถึง การงานประจำเกี่ยวกับอาชีพค้าขาย หรือกิจการอย่างอื่นที่สำคัญและไม่ใช้ราชการ (สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2554)
- 5) ภาคอุตสาหกรรม หมายถึง กิจกรรมที่ใช้ทุนและแรงงานเพื่อผลิตสิ่งของหรือจัดให้มีบริการ เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมท่องเที่ยว (สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัญหาพิเศษเรื่อง “การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ” คณะผู้จัดทำได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการพยากรณ์โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์
- 2.2 การวัดความถูกต้องของตัวแบบการพยากรณ์
- 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของการพยากรณ์

พยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนหรือทำนายการเกิดของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยการพยากรณ์เป็นการศึกษาแนวโน้มและรูปแบบการเกิดเหตุการณ์ในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมอย่างมีระบบ หรือใช้ความรู้ ความสามารถของผู้พยากรณ์ การพยากรณ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อบุคคลและองค์กรในงงานสาขาต่าง ๆ เช่น การศึกษา การวิจัย อุตุนิยมวิทยา เศรษฐกิจ เกษตรกรรม เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นองค์กรขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ จะทราบได้ว่าว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดในอนาคต ทำให้สามารถจัดการหรือวางแผนในองค์กรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (ทรงศิริ, 2549)

ประเภทการพยากรณ์แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (เฉลิมพล, 2560)

1. การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ในเรื่องที่จะพยากรณ์ ไม่มีรูปแบบหรือกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อพยากรณ์ร่วมกับองค์ความรู้ ประสบการณ์ของผู้พยากรณ์ เช่น วิดีโอเฟรม องค์ประกอบของการจัดจำหน่าย ความคิดเห็นของผู้บริหาร และการสำรวจตลาด

2. การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่เน้นการใช้รายละเอียดของข้อมูลในอดีต รวมทั้งเทคนิคและวิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการพยากรณ์ ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ ในรูปแบบของตัวเลขจากข้อมูลในอดีต เพื่อพยากรณ์ตามหลักวิธีทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ แนวโน้ม (Trend) อิทธิพลฤดูกาล (Seasonal Effect) อิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Effect) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular Effect) มีรายละเอียด (สมศรี, 2565) ดังนี้

1. แนวโน้ม (Trend: T) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะยาวซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้ง แนวโน้มขึ้น หรือแนวโน้มลง แนวโน้มจะสะท้อนให้เห็นถึงความเจริญและความเสื่อมของเหตุการณ์ต่าง ๆ ลักษณะที่จะเป็นไปได้ของแนวโน้ม ได้แก่ แนวโน้มเส้นตรง (Linear Trend) แนวโน้มกำลังสอง (Quadratic Trend) แนวโน้มเลขชี้กำลัง (Exponential Trend) เป็นต้น

2. อิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal Effect: S) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีผลเนื่องมาจากฤดูกาล การเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นซ้ำและซ้ำอีกในช่วงเวลาหนึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหนึ่งปี อนุกรมเวลาที่ใช้ในการพิจารณาอิทธิพลฤดูกาลมักเป็นอนุกรมเวลารายเดือนหรือรายไตรมาสที่เก็บรวบรวมอย่างน้อย 2 ปีขึ้นไป

3. อิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Effect: C) เป็นการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมเป็นระยะยาวหลายปี การเคลื่อนไหวอาจแสดงอิทธิพลของวัฏจักรที่มีลักษณะคล้ายกับอิทธิพลของฤดูกาล โดยวัฏจักรหนึ่งจะครอบคลุมระยะเวลาหลายปี แต่ละช่วงมีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกัน วัฏจักรมักพบบ่อย ได้แก่ วัฏจักรธุรกิจ (Business Cycle) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงรุ่งเรือง (Growth) ช่วงคงที่ (Maturity) และช่วงตกต่ำ (Decline)

4. เหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular Effect: I) เป็นการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะส่วนที่ไม่มีแบบแผนที่แน่นอน เหตุการณ์ที่ผิดปกตินี้ส่วนใหญ่จะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อนหรือไม่เกิดบ่อยครั้ง

2.1.2 การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง

การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test : AD) เป็นสถิติเพื่อทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติหรือไม่ (Anderson and Darling, 1925) มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาที่มีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาไม่มีการแจกแจงปกติ

2. สถิติทดสอบ

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(2i-1)\{\ln F_x(x_i) + \ln[1 - F_x(x_{n+1-i})\}] \quad (1)$$

เมื่อ $F_x(x_i)$ คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม

(Cumulative probability function) ของการแจกแจงที่คาดไว้

x_i คือ ข้อมูลลำดับที่ i เมื่อรับข้อมูลจากน้อยไปมากแล้ว

n คือ ขนาดตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายหลังคำนวณค่าสถิติทดสอบ AD แล้ว จะทำการปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^* โดยสูตรในการปรับค่าสถิติทดสอบจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง n การแจกแจงที่คาดไว้และค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงที่คาดไว้ กรณีการแจกแจงปรกติ มีสูตรคำนวณดังนี้

$$AD^* = AD \left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2} \right) \quad (2)$$

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

$$C_\alpha = a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \quad (3)$$

เมื่อ C_α คือ ค่าวิกฤตสำหรับการทดสอบการแจกแจงปรกติ
 a_α, b_0, b_1 คือ ค่าที่ได้จากการเปิดตารางค่าวิกฤตของการทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ที่ระดับนัยสำคัญ α

เขตวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

4. สรุปผล โดยพิจารณาค่า p -value ดังนี้

ถ้า p -value $> \alpha$ ยอมรับ H_0 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ

ถ้า p -value $\leq \alpha$ ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงปรกติ

2.1.3 การทดสอบแนวนอนและอิทธิพลของฤดูกาล

2.1.3.1 การทดสอบแนวนอนแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบแดเนียล (Daniel's Test) เป็นการทดสอบแนวนอนที่ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สเปียร์แมน (Spearman, r_s) ซึ่งเป็นค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร แต่ละตัวแปรมีความแทนลำดับ (Rank) ของค่าสังเกต หรือแปลงค่าสังเกตเป็นลำดับแล้ว กรณีที่อนุกรมเวลามีแนวนอนขึ้น หรือลง ค่า r_s จะมีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 (ทรงศิริ, 2549) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีแนวนอน

H_1 : อนุกรมเวลา มีแนวนอน

2. สถิติทดสอบ

$$r_s = 1 - \frac{(6 \sum_{t=1}^n d_t^2)}{n(n^2-1)} \quad (4)$$

ซึ่ง $d_t = t - R(Y_t)$

และ $R(Y_t)$ คือ ลำดับที่ของค่า Y_t

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

3.1 สำหรับอนุกรมเวลาขนาดเล็ก $n \leq 30$

มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$|r_s| \geq r_{\frac{\alpha}{2}} \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง $r_{\frac{\alpha}{2}}$ ที่ n และ α

เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากตาราง Critical Values Approximate of Spearman's Rho

3.2 สำหรับอนุกรมเวลามีขนาดใหญ่ $n > 30$ ใช้สถิติทดสอบ

$$Z = \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}} \quad (6)$$

เมื่อ $\mu_{r_s} = 0$ และ $\sigma_{r_s} = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$

มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}} \quad (7)$$

4. สรุปผล โดยพิจารณาค่า $|Z|$ ดังนี้

ถ้า $|Z| < Z_{\frac{\alpha}{2}}$ ยอมรับ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

ถ้า $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$ ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2.1.3.2 การทดสอบแนวโน้มแบบใช้พารามิเตอร์

การทดสอบแนวโน้มแบบอิงพารามิเตอร์สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้การทดสอบของ Box-Ljung เป็นการทดสอบที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ช่วง k ต่าง ๆ (Autocorrelation Coefficient : ACF) เพื่อพิจารณาลักษณะของอนุกรมเวลา โดยทำการทดสอบค่า ACF หลาย ๆ ค่าพร้อม ๆ กัน โดยการทดสอบของ Box-Ljung นั้นมีการพัฒนาจากการทดสอบของ Box-Pierce (ทรงศิริ, 2549) มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_m = 0$$

H_1 : มี ρ_k อย่างน้อย 1 ตัว ที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ k มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง m

หรือ

H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

H_1 : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2. สถิติทดสอบ

$$Q'_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k} \quad (8)$$

เมื่อ Q'_m คือ ค่าสถิติทดสอบ Box-Ljung

r_k คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ lag k

m คือ จำนวนสัมประสิทธิ์ในตนเองที่จะทดสอบ

n คือ ขนาดอนุกรมเวลาทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขตวิกฤต คือ $Q'_m \geq \chi_{\alpha,m}^2$ โดยที่ $\chi_{\alpha,m}^2$ เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากการเปิดตารางสถิติไคกำลังสอง (Chi-Square Table)

4. สรุปผล ดังนี้

ถ้า $Q'_m < \chi_{\alpha,m}^2$ ยอมรับ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

ถ้า $Q'_m \geq \chi_{\alpha,m}^2$ ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2.1.3.3 การทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ จะใช้การทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis) สามารถนำมาปรับใช้ในการทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลเพื่อทดสอบว่าข้อมูลที่กำจัดแนวโน้มแล้วมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องหรือไม่ ในการทดสอบใช้ลำดับของค่าสังเกตที่กำจัดแนวโน้มแทนในการพิจารณา (สมศรี, 2565) มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

H_1 : อนุกรมเวลามีอิทธิพลฤดูกาล

สำหรับรูปแบบบวก

$H_0 : S_1 = S_2 = \dots = S_L = 0$

$H_1 : S_1 \neq 0$ สำหรับบางฤดูกาล

สำหรับรูปแบบคูณ

$H_0 : S_1 = S_2 = \dots = S_L = 1$

$H_1 : S_1 \neq 1$ สำหรับบางฤดูกาล

2. สถิติทดสอบ

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \quad (9)$$

โดย $n = \sum_{i=1}^L n_i$

เมื่อ n_i คือ จำนวนค่าสังเกตในฤดูกาล i

L คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี

R_i คือ ผลรวมของลำดับที่ของ Y_t ในฤดูกาลที่ i

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

เขตวิกฤต คือ $H \geq \chi_{\alpha,L-1}^2$ ซึ่ง $\chi_{\alpha,L-1}^2$ เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากตารางสถิติการแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-Square Distribution)

4. สรุปผล ดังนี้

ถ้า $H < \chi_{\alpha,L-1}^2$ ยอมรับ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

ถ้า $H \geq \chi_{\alpha,L-1}^2$ ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.4 การทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลแบบใช้พารามิเตอร์

การทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลแบบอิงพารามิเตอร์จะใช้การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ρ_L) ที่ช่วง L เมื่อ L เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี นั่นคือ พิจารณาค่าสังเกตที่ห่างกัน L ช่วงเวลาว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ กรณีที่มีสหสัมพันธ์กันเชิงบวกแสดงว่าอนุกรมเวลานั้นมีฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนการทดสอบ (สมศรี, 2565) ดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \rho_L = 0$$

$$H_1 : \rho_L > 0$$

2. สถิติทดสอบ

$$r_L = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-L} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (10)$$

3. เกณฑ์ในการตัดสินใจ

บริเวณวิกฤต คือ $r_L \geq \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}}$

4. สรุปผล ดังนี้

ถ้า $r_L < \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}}$ ยอมรับ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

ถ้า $r_L \geq \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}}$ ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลฤดูกาล

2.1.4 การสร้างตัวแบบพยากรณ์

2.1.4.1 วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

วิธีแยกส่วนประกอบ เป็นการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็น ส่วนต่าง ๆ โดยมีรูปแบบพื้นฐาน 2 รูปแบบ (สมศรี, 2565) ได้แก่

1. รูปแบบบวก (Additive Model)

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t \quad (11)$$

2. รูปแบบคูณ (Multiplicative Model)

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (12)$$

| | | |
|-------|-------|-------------------------------------|
| เมื่อ | Y_t | คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t |
| | T_t | คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t |
| | S_t | คือ ค่าอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา t |
| | C_t | คือ ค่าอิทธิพลของวัฏจักร ณ เวลา t |
| | I_t | คือ ค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ณ เวลา t |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาคั้งนี้ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่น่าสนใจว่ามีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีตัดส่วนกับแนวโน้มในการสร้างสมการพยากรณ์ เพื่อใช้ในการพยากรณ์ต่อไป มี 2 รูปแบบ คือ สัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก และสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ

1. สัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก

เมื่อมีรูปแบบเป็นรูปแบบบวกและแนวโน้มเป็นเส้นตรง กำหนดรูปแบบเป็น

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + S_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

| | | |
|-------|-----------|---|
| เมื่อ | β_0 | คือ ค่าคงที่ |
| | β_1 | คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าสังเกตต่อหนึ่งช่วงเวลา |
| | S_t | คือ ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล โดยที่ $S_t = S_i$ สำหรับ $i = 1, 2, 3, \dots, L$ |
| | I_t | คือ ค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ณ เวลา t |

2. สัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ

เมื่อมีรูปแบบเป็นรูปแบบคูณและแนวโน้มเป็นเส้นตรง กำหนดรูปแบบเป็น

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^t S_t \varepsilon_t \quad (14)$$

| | | |
|-------|-----------|---|
| เมื่อ | β_0 | คือ ค่าคงที่ |
| | β_1 | คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าสังเกตต่อหนึ่งช่วงเวลา |
| | S_t | คือ ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล โดยที่ $S_t = S_i$ สำหรับ $i = 1, 2, 3, \dots, L$ |
| | I_t | คือ ค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ณ เวลา t |

2.1.4.2 วิธีปรับให้เรียบ (Smoothing Method)

วิธีปรับให้เรียบเป็นการใช้ค่าสังเกตในอดีตส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าต่างกัน สำหรับเทคนิคที่ใช้ คือ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing : HWS) (ทรงศิริ, 2549)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing : HWS)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (HWS) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล โดยวิธีนี้มีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม γ เป็นค่าน้ำหนักสำหรับค่าความชัน และ δ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งรูปแบบการรวมแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล แบ่งได้เป็น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีปรับให้เรียบให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโพลีและวินเทอร์ รูปแบบบวก

(Holt-Winters Exponential Smoothing with Additive Model)

เมื่อข้อมูลที่มีอิทธิพลของฤดูกาลมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราคงที่
จะมีรูปแบบสมการเป็นดังนี้

$$Y_t = T_t(t) + S_t(t) + \varepsilon_t \quad (15)$$

| | | |
|-------|-----------------|--|
| เมื่อ | Y_t | คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t |
| | $T_t(t)$ | คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $S_t(t)$ | คือ ค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ i เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | ε_t | คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t |

สมการปรับค่าด้วยค่าความคลาดเคลื่อน

$$\begin{aligned} \hat{T}_t(t) &= \hat{T}_t(t-1) + \alpha e_t \\ \hat{\beta}_1(t) &= \hat{\beta}_1(t-1) + \alpha \gamma e_t \end{aligned} \quad (16)$$

$$S_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \delta(1-\alpha)e_t & \text{เมื่อเวลา } t \text{ อยู่ในฤดูกาลที่ } i \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{เมื่อเวลา } t \text{ ไม่อยู่ในฤดูกาลที่ } i \end{cases}$$

| | | |
|-------|--------------------|--|
| เมื่อ | $\hat{T}_t(t)$ | คือ ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{\beta}_1(t)$ | คือ ค่าประมาณความชัน เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{S}_i(t)$ | คือ ค่าประมาณอิทธิพลของฤดูกาลที่ i เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | α | คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 |
| | γ | คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความชัน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 |
| | δ | คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 |

สมการพยากรณ์ ณ เวลา $t+p$ คือ

$$Y_t(p) = \hat{T}_{t+p}(t) + \hat{S}_{t+p}(t) \quad \text{สำหรับ } p = 1, 2, \dots \quad (17)$$

โดยที่ $\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$

| | | |
|-------|--------------------|--|
| เมื่อ | $\hat{T}_{t+p}(t)$ | คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+p$ เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{T}_t(t)$ | คือ ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{\beta}_1(t)$ | คือ ค่าประมาณความชัน เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{S}_{t+p}(t)$ | คือ ค่าประมาณอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา $t+p$ เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | p | คือ ช่วงเวลาที่พยากรณ์ล่วงหน้า |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีปรับให้เรียบให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโพลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณ

(Holt-Winters Exponential Smoothing with Multiplicative Model)

เมื่อข้อมูลที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นสัดส่วนกับแนวโน้ม จะมีรูปแบบสมการเป็นดังนี้

$$Y_t = T_t(t) \times S_t(t) \times \varepsilon_t \quad (18)$$

| | | |
|-------|-----------------|--|
| เมื่อ | Y_t | คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t |
| | $T_t(t)$ | คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $S_t(t)$ | คือ ค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ i เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | ε_t | คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t |

สมการปรับค่าด้วยค่าความคลาดเคลื่อน

$$\begin{aligned} \hat{T}_t(t) &= \hat{T}_t(t-1) + \frac{\alpha e_t}{\hat{S}_t(t-1)} \\ \hat{\beta}_1(t) &= \hat{\beta}_1(t-1) + \frac{\alpha \gamma e_t}{\hat{S}_t(t-1)} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \frac{\delta(1-\alpha)e_t}{\hat{T}_t(t)} & \text{เมื่อเวลา t อยู่ในฤดูกาลที่ i} \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{เมื่อเวลา t ไม่อยู่ในฤดูกาลที่ i} \end{cases}$$

| | | |
|-------|--------------------|---|
| เมื่อ | $\hat{T}_t(t)$ | คือ ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{\beta}_1(t)$ | คือ ค่าประมาณความชัน เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{S}_i(t)$ | คือ ค่าประมาณอิทธิพลของฤดูกาลที่ i เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | α | คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 |
| | γ | คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความชัน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 |
| | δ | คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 |

สมการพยากรณ์ ณ เวลา t+p คือ

$$\hat{Y}_t(p) = \hat{T}_{t+p}(t) \hat{S}_{t+p}(t) \quad \text{สำหรับ } p = 1, 2, \dots \quad (20)$$

โดยที่ $\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$

| | | |
|-------|--------------------|--|
| เมื่อ | $\hat{T}_{t+p}(t)$ | คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t+p เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{T}_t(t)$ | คือ ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{\beta}_1(t)$ | คือ ค่าประมาณความชัน เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | $\hat{S}_{t+p}(t)$ | คือ ค่าประมาณอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา t+p เมื่อคำนวณจากข้อมูล t ค่า |
| | p | คือ ช่วงเวลาที่พยากรณ์ล่วงหน้า |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่จะทำให้ได้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงกว่าวิธีอื่นในการพยากรณ์ระยะสั้น และใช้ได้กับอนุกรมเวลาทุกรูปแบบ ซึ่งวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์จะแบ่งอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ประเภท (ทรงศิริ, 2549) ดังนี้

1. อนุกรมเวลาที่เสถียร (Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ ที่มีค่าเฉลี่ย $E(Y_t)$ และความแปรปรวน $V(Y_t)$ คงที่ อนุกรมเวลาที่เป็นเสถียรจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ lag k ขึ้นอยู่กับค่า k อย่างเดียว อนุกรมเวลาที่จะกำหนดรูปแบบเป็น ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมที่เป็นเสถียรเท่านั้น

2. อนุกรมที่ไม่เป็นเสถียร (Nonstationary Series) เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เป็นเสถียร จะหารูปแบบ ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาดังกล่าวไม่ได้จะต้องทำการแปลงอนุกรมเวลานั้นให้เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นเสถียรก่อนจึงจะสามารถหารูปแบบ ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาดังกล่าวได้ ซึ่งทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

2.1 หาผลต่าง (Regular Differencing) ถ้าอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ มีการเคลื่อนไหวจากแนวโน้มจะแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้ม $\{Z_t\}$ โดย $Z_t = \nabla^d Y_t$ และ d เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่าง ซึ่งจำนวนครั้งที่หาผลต่างจะขึ้นอยู่กับว่าเมื่อหาผลต่างแล้ว อนุกรมเวลาเป็นเสถียรหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นเสถียรต้องหาผลต่างต่อไป และโดยทั่วไปถ้าอนุกรมเวลามีแนวโน้มเส้นตรงจะใช้ d เป็น 1 ส่วนอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มควอดราติก จะใช้ d เป็น 2

2.2 หาผลต่างฤดูกาล (Seasonal Difference) ของอนุกรมเวลานั้นคือ ถ้าอนุกรมเวลา มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องจะแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล $\{Z_t\}$ โดย $Z_t = \nabla_L^D Y_t$ โดย D เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาล และ L เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน ($L=12$) ซึ่งการหาผลต่างฤดูกาลจะทำการซ้ำขึ้นอยู่กับการว่า เมื่อหาผลต่างฤดูกาลแล้วอนุกรมเวลาเป็นเสถียรหรือไม่ ถ้ายังต้องหาผลต่างฤดูกาลต่อไป

2.3 หาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ในกรณีที่อนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล การแปลงให้อนุกรมเวลาเป็นเสถียรนั้นจะทำได้โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลควบคู่กันไป

2.4 หาลอการิทึมของค่าสังเกตในอนุกรมเวลา คือการแปลงอนุกรมเวลาเดิม Z_t ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ ซึ่ง $Z_t = \log(Y_t)$ การแปลงอนุกรมเวลานี้จะทำเมื่อความผันแปรของอนุกรมเวลาไม่คงที่ นั่นคือ $V(Y_t)$ ไม่คงที่สำหรับ t ต่างๆ

กำหนดรูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา จะพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (r_k) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของตัวเอง (r_{kk}) ที่สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ρ_k) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของตัวเอง (ρ_{kk}) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--|--|
| $ARMA(p, q)$ | คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว |
| $ARIMA(p, d, q)$ | คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารี และมีแนวโน้มเพียงอย่างเดียว |
| $SARIMA(P, D, Q)_L$ | คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารี และมีอิทธิพลของฤดูกาลเพียงอย่างเดียว |
| $ARIMA(p, q) \times SARIMA(P, D, Q)_L$ | คือ รูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารี เนื่องจากมีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล |

รูปแบบอนุกรมเวลาที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ได้แก่

$$ARIMA(p, q) \times SARIMA(P, D, Q)_L \tag{21}$$

มีรูปแบบดังนี้

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^L)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\Theta_Q(B^L)\varepsilon_t \tag{22}$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \phi_p(B) &= (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \\ \Phi_p(B^L) &= (1 - \Phi_1 B^L - \Phi_{2L} B^{2L} - \dots - \Phi_{pL} B^{pL}) \\ \theta_q(B) &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \\ \Theta_Q(B^L) &= (1 - \Theta_{1L} B^L - \Theta_{2L} B^{2L} - \dots - \Theta_{QL} B^{QL}) \\ Z_t &= (1 - B^L)^D (1 - B)^d Y_t \end{aligned}$$

เมื่อ

| | |
|-----------------|---|
| B | คือ Backward shift operator |
| θ_0 | คือ ค่าคงที่ |
| ϕ_i | คือ ค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตนเอง ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, p$ |
| Φ_{iL} | คือ ค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, P$ |
| θ_i | คือ ค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, q$ |
| Θ_{iL} | คือ ค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, Q$ |
| ε_t | คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t ซึ่ง ε_t มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma_{\varepsilon t}^2$ และเป็นอิสระต่อกัน |
| p | คือ อันดับที่ของการถดถอยในตัวเอง |
| P | คือ อันดับที่ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล |
| d | คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารี |
| D | คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาลเพื่อแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีเนื่องจากฤดูกาล |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์หรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ไปยังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-------|---|
| Q | คือ อันดับของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล |
| L | คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี |
| Z_t | คือ การแปลงค่าสังเกต Y_t ให้เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี |

ขั้นตอนในการพยากรณ์ของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดตัวแบบ (Identification)

เป็นการหารูปแบบ $ARMA(p, q)$ ที่คาดว่าจะเหมาะสมกับอนุกรมเวลา โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่า r_k และ r_{kk} ของอนุกรมเวลากับค่า ρ_k และ ρ_{kk} พร้อมกันหลายค่า จึงพิจารณาจากกราฟที่เรียกว่า คอเรโลแกรม (Correlogram) ที่ได้จากการพล็อตกราฟ r_k, r_{kk}, ρ_k และ ρ_{kk} กับ k ดังนั้น การพิจารณาเปรียบเทียบคอเรโลแกรม r_k กับ ρ_k และคอเรโลแกรม r_{kk} กับ ρ_{kk} สำหรับแต่ละรูปแบบมีคอเรโลแกรม ρ_k และ ρ_{kk} ต่างกัน อนุกรมเวลาที่จะนำมากำหนดรูปแบบจะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้วเท่านั้น หากไม่เป็นสเตชันนารีจะต้องทำการแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking)

วิธีการตรวจสอบส่วนใหญ่จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (e_t) เป็นผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ($e_t = Y_t - \hat{Y}_t$) มาเป็นหลักในการพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบ การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบทำได้ดังนี้

3.1 พิจารณาว่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ มีค่าเป็น 0 หรือไม่ นั่นคือ $\theta, \hat{\theta}$ และ $S_{\hat{\theta}}$ เป็นพารามิเตอร์ ค่าประมาณ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าประมาณ ตามลำดับ

1. กำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \theta = 0$$

$$H_1 : \theta \neq 0$$

2. สถิติทดสอบ

$$t = \frac{\hat{\theta}}{S_{\hat{\theta}}} \quad (23)$$

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

เขตวิกฤต คือ $|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2}}$ กรณีปฏิเสธ H_0 แสดงว่า พารามิเตอร์ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ ตัวแบบที่กำหนดเป็นตัวแบบที่เหมาะสม

3.2 พิจารณาว่า $\rho_k(e_t) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ หรือไม่ นั่นคือพิจารณาว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่อยู่ห่าง 1, 2, ..., m ช่วงเวลาเป็นอิสระกันหรือไม่

1. กำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ซึ่งใช้ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงชื่อของสำนักพิมพ์ที่นำมาใช้

$$H_1 : \text{อย่างน้อย } \rho_k(e_t) \text{ ที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k \text{ มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง } m$$

2. สถิติทดสอบ

$$Q'_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e_t)}{n-k} \quad (24)$$

- เมื่อ n คือ ขนาดของอนุกรมเวลา $\{e_t\}$
 m คือ ช่วงเวลาห่างสูงสุดของ e_t ในอนุกรมเวลา $\{e_t\}$ ที่นำมาพิจารณา
 a คือ จำนวนพารามิเตอร์ทั้งหมดในตัวแบบ ซึ่งรวม θ_0

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

เขตวิกฤต คือ $Q'_m \geq \chi_{\alpha, m-a}^2$ หรือ p-value $< \alpha$ กรณีปฏิเสธ H_0 แสดงว่า มีสหสัมพันธ์ในตนเองระหว่างความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่อยู่ห่างกัน k ค่า นั่นคือ ตัวแบบที่กำหนดไม่เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

กรณียอมรับ H_0 แสดงว่า ไม่มีสหสัมพันธ์ในตนเองระหว่างความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่อยู่ห่างกัน k ค่า นั่นคือ ตัวแบบที่กำหนดเป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 พยากรณ์ (Forecasting)

สำหรับการพยากรณ์นั้นจะสามารถทำได้ทั้งการพยากรณ์แบบจุด (Point Forecast) และการพยากรณ์แบบช่วง (Interval Forecast)

ในกรณีที่วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) มีตัวแบบพยากรณ์ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบมากกว่า 1 ตัวแบบ จึงต้องเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้เกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะ (Akaike's information Criterion : AIC)

เกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะ (Akaike's information Criterion : AIC)

เป็นเกณฑ์ที่พิจารณาจากการประมาณความคลาดเคลื่อนรวมเข้ากับข้อสารสนเทศ (Information) ของค่าสังเกตและใช้แนวคิดค่าต่ำสุดของคูลแบ็ค-ไลท์เบอร์ (Kullback-Leiber) เพื่อนำมาใช้ในการปรับค่าประมาณของการพยากรณ์ให้มีความแม่นยำมากขึ้นโดยตัวแบบจำลองที่ใช้ค่า AIC ต่ำที่สุดจะเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด (Hirotugu Akaike, 1973)

$$AIC = n \log(\hat{\sigma}^2) + 2(p+1) \quad (25)$$

- โดยที่ n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ
 p คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณในสมการพยากรณ์
 $\hat{\sigma}^2$ คือ $\frac{SSE}{n}$ โดยที่ $SSE = \sum_{t=1}^n e_t^2$

2.2 การวัดความถูกต้องของตัวแบบการพยากรณ์

ความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้ค่าพยากรณ์ต้องการทราบ ความถูกต้องจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Forecast error, e) ซึ่งเป็นค่าผลต่างของค่าจริงและค่าพยากรณ์ ($e_t = Y_t - \hat{Y}_t$) โดยค่าความคลาดเคลื่อนจะมาก ถ้าค่าจริงห่างจากค่าพยากรณ์มาก และค่าความคลาดเคลื่อนจะน้อย ถ้าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง (ทรงศิริ, 2549)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งห้ มิมีเห็นแต่แบบลงเนยที่ และตองยั้งองเงงเงง ของเอ็กส่วทุกครั้งที่มีกรนไปใช้

ในปัญหาพิเศษนี้จะใช้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ในการวัดความถูกต้องของตัวแบบการพยากรณ์ และใช้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) เป็นตัววัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ในรูปของเปอร์เซ็นต์

2.2.1 ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE)

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าคลาดเคลื่อน โดยค่า MSE จะไวต่อค่าคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t)^2}{n} \quad (26)$$

เมื่อ e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา t

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

Y_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลา t

\hat{Y}_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

โดยพิจารณาว่าการพยากรณ์วิธีใดให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ต่ำที่สุด แสดงว่าวิธีการพยากรณ์นั้นเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

2.2.2 เปอร์เซนต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

เปอร์เซนต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง โดยค่าวัดความถูกต้องนี้เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุดเมื่อใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกัน ซึ่งเปอร์เซนต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจะบ่งบอกถึงค่าร้อยละความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ มีสูตรคำนวณดังนี้

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100 \quad (27)$$

เมื่อ e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา t

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

Y_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลา t

\hat{Y}_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น โดยพิจารณาว่าการพยากรณ์วิธีใดให้เปอร์เซนต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ต่ำที่สุด แสดงว่าวิธีการพยากรณ์นั้นเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศศิประภา (2560) ศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบวินเทอร์ ตัวแบบอาร์มา และตัวแบบวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอาร์มา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบวินเทอร์ ตัวแบบอาร์มา และตัวแบบวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอาร์มา เพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย ซึ่งข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือน โดยแบ่งข้อมูลเป็นสองส่วน คือส่วนที่ใช้หาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละวิธีการพยากรณ์ ใช้ข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ.2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2557 จำนวน 132 เดือน ส่วนที่สองใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ได้และคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2558 จำนวน 12 เดือน และเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของแต่ละตัวแบบด้วยค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) โดยตัวแบบที่เหมาะสมจะให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด จากผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบอาร์มามีความเหมาะสมที่สุด

อุรษา และนันทชัย (2564) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกรถยนต์ อุปกรณ์และส่วนประกอบของประเทศไทยด้วยวิธีอนุกรมเวลา โดยเปรียบเทียบการพยากรณ์วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโสมท์และวินเทอร์ และวิธี Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิธีการพยากรณ์เป็นข้อมูลมูลค่าการส่งออกรถยนต์ อุปกรณ์และส่วนประกอบรายเดือนจากสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 เป็นจำนวนทั้งหมด 144 เดือน ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยข้อมูลชุดที่หนึ่ง เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จะถูกใช้สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ส่วนของข้อมูลชุดที่สอง เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 จะใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์โดยใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ผลการศึกษาพบว่าวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโสมท์และวินเทอร์ มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 9.68% ในขณะที่วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และวิธี SARIMA มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 9.91% 10.18% ตามลำดับ ดังนั้นวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโสมท์และวินเทอร์จึงมีความเหมาะสมและมีความแม่นยำในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกรถยนต์ อุปกรณ์และชิ้นส่วนของประเทศไทยมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กนกกาญจน์ และคณะ(2564) ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ วิธีการพยากรณ์ของโฮสต์ วิธีการพยากรณ์ของวินเทอร์ และวิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ ตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ การพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) โดยค่า MAPE ต่ำที่สุดจะบอกถึงรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยรายเดือนเก็บจากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนตุลาคม 2564 ผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบพยากรณ์ของวินเทอร์เป็นตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม ต่อปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 194,887.04 กิกะวัตต์ชั่วโมง

ณัฐนรี, สุขานันท์ และสุวิมล (2565) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกอุปกรณ์ประกอบอาหารที่ใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านอื่น ๆ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยธนาคารแห่งประเทศไทย เป็นข้อมูลทุติยภูมิแบบรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 รวมทั้งสิ้น 132 เดือน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวน 120 เดือน ใช้ในการหาตัวแบบพยากรณ์ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 12 เดือน ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคในการหาตัวแบบพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ เทคนิคปรับให้เรียบ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) น้อยที่สุด เป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม และใช้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ในการแสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ในรูปแบบที่เป็นคำร้อยละ เพื่อบอกถึงประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ซึ่งประกอบไปด้วย ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม โดยการศึกษา งานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาในการพยากรณ์ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบ โฮลท์-วินเทอร์ (Exponential Smoothing Holt-Winter method) และ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) จึงมีการกำหนดรูปแบบและขั้นตอนในงานวิจัย ดังนี้

- 3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล
- 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน
- 3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม จากการเก็บรวบรวมรายเดือนของกระทรวงพลังงาน ระยะเวลา 11 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 132 ค่า

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ประกอบไปด้วย ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. กำหนดหัวข้อเรื่องที่น่าสนใจจะทำการศึกษา เรื่อง การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ซึ่งประกอบไปด้วย ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม
2. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม จากการเก็บรวบรวมรายเดือนของกระทรวงพลังงาน ระยะเวลา 11 ปี จำนวน 132 ค่า เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 120 ค่า ใช้สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 12 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาค เศรษฐกิจมาพล็อตกราฟ พบว่าข้อมูลมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลไม่ชัดเจน โดยทำการทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ว่ามีการแจกแจงปรกติหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลการปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจนั้นแตกต่างกัน ทำให้ผลการทดสอบการแจกแจงแตกต่างกัน จึงต้องเลือกใช้ การทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลให้เหมาะสมกับชุดข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ การทดสอบแนวโน้มจะใช้การทดสอบแคเนเยล (Daniel's Test) สำหรับข้อมูลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ การทดสอบแนวโน้มจะใช้การทดสอบของ Box-Pierce และ Box-Ljung สำหรับข้อมูลแบบใช้พารามิเตอร์ การทดสอบอิทธิพลฤดูกาลจะใช้การทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis) สำหรับข้อมูลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ การทดสอบอิทธิพลฤดูกาลจะใช้ การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง สำหรับข้อมูลแบบใช้พารามิเตอร์

4. เลือกวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของอนุกรมเวลาทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ

4.1 วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

เนื่องจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จึงเลือกใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มในการสร้างสมการพยากรณ์ คือ สัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก และสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ

4.2 วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Exponential Smoothing Holt-Winter method)

เนื่องจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จึงเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ สำหรับรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ

4.3 วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่สามารถใช้ได้กับอนุกรมเวลาทุกรูปแบบ ในกรณีที่มีตัวแบบพยากรณ์ที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมมากกว่า 1 ตัวแบบ จึงต้องเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้เกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะ (AIC)

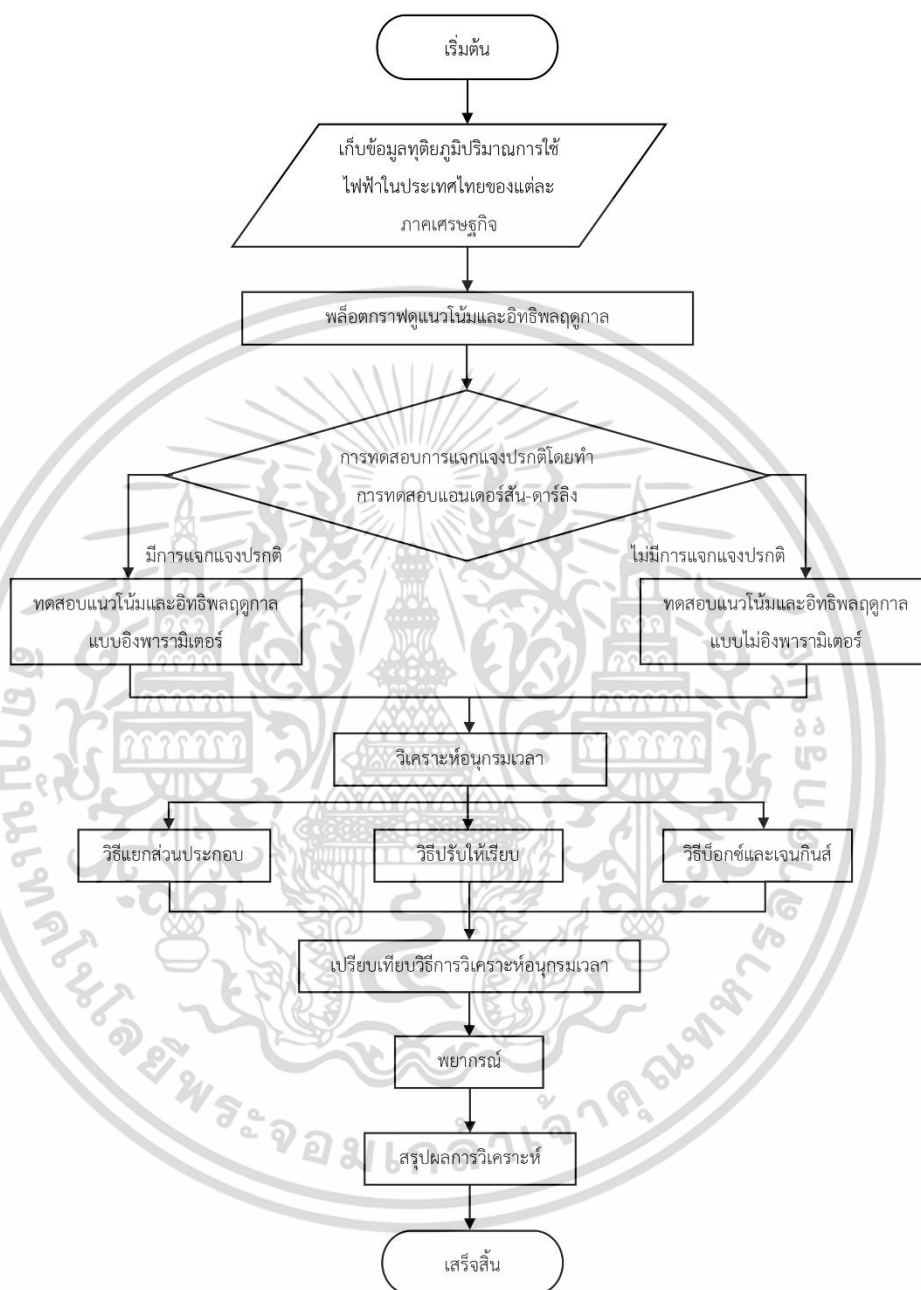
5. สร้างตัวแบบการพยากรณ์จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) เป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจะให้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด

6. นำตัวแบบที่เหมาะสมหาค่าพยากรณ์ โดยพล็อตและเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม ปีพ.ศ. 2566) เพื่อเปรียบเทียบค่าจากข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์มีความแตกต่างกันเท่าใด โดยหาจากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

7. สรุปผลและจัดทำรายงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

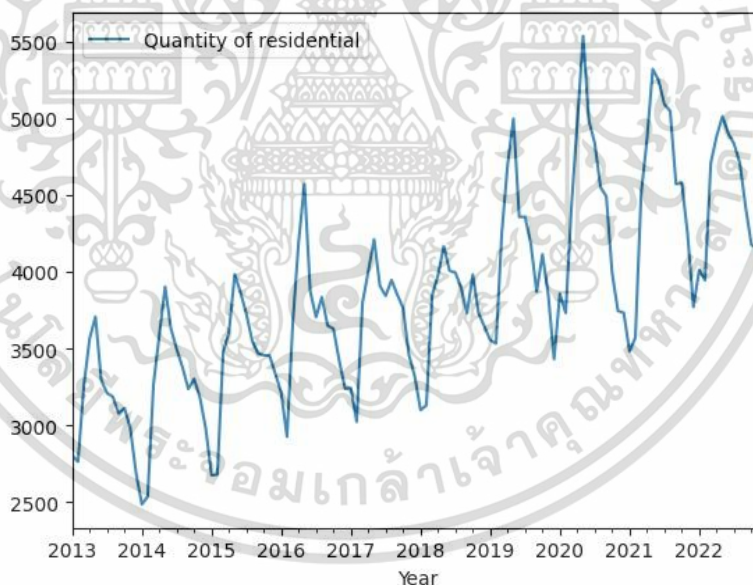
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจโดยวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

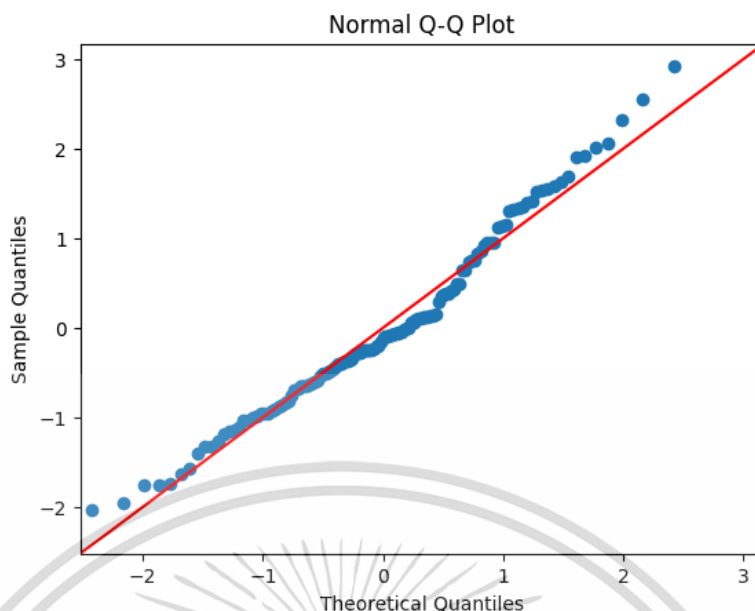
- 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน
- 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ
- 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม
- 4.4 สรุปผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน

จากรูปที่ 4.1 พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนจะมีแนวโน้มที่ชัดเจน และพบว่าอิทธิพลของฤดูกาลมีลักษณะที่ชัดเจน จึงนำอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไปทดสอบการแจกแจงปกติ เพื่อเลือกวิธีการทดสอบแนวโน้มและฤดูกาล เอกสารนี้เป็นเอกสารหลังเรียนวิชาสำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้ Q-Q plot ของอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน

การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test)

สมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ

ค่าสถิติทดสอบ AD = 0.7733 และ p-value = 0.0434

จะได้ p-value = 0.0434 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไม่มีการแจกแจงปกติ

เนื่องจาก ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไม่มีการแจกแจงปกติ ใช้การทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ การทดสอบของแคเนียนในการทดสอบแนวโน้ม และการทดสอบของคริสต์กาล-วอลลิสในการทดสอบฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบของแดเนียล (Danial's Test)

สมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไม่มีแนวโน้ม

H_1 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีแนวโน้ม

สถิติทดสอบ

$$r_s = 1 - \frac{(6 \sum_{t=1}^n d_t^2)}{n(n^2-1)}$$

$$r_s = 1 - \frac{6(71864)}{120(120^2-1)} = 0.7505$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤต เป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

$$\begin{aligned} \text{โดย } Z &= \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}} \\ &= \frac{(0.7505 - 0)}{\frac{1}{\sqrt{120-1}}} \\ &= 8.1870 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $Z = 8.1870 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีแนวโน้ม

การทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis)

จากอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนที่มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำการจัดแนวโน้มออกก่อนเพื่อทำการทดสอบอิทธิพลของฤดูกาล

รูปแบบบวก

ตารางที่ 4.1 แสดงการคำนวณค่าตัวทดสอบครัสคาลและวอลลิส (Kruskal-Wallis) ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน กรณีรูปแบบบวก

| ฤดูกาลที่ | ลำดับที่ | | | | | | | | | | R_i | n_i |
|-----------|----------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-------|-------|
| 1 | | 7 | 8 | 22 | 23 | 12 | 19 | 20 | 1 | 17 | 129 | 9 |
| 2 | | 9 | 6 | 5 | 10 | 16 | 18 | 14 | 2 | 15 | 95 | 9 |
| 3 | | 60 | 64 | 51 | 66 | 67 | 70 | 55 | 59 | 73 | 565 | 9 |
| 4 | | 86 | 77 | 96 | 85 | 84 | 102 | 99 | 89 | 88 | 806 | 9 |
| 5 | | 103 | 100 | 107 | 95 | 91 | 106 | 108 | 105 | 98 | 913 | 9 |
| 6 | | 87 | 92 | 74 | 76 | 81 | 80 | 101 | 104 | 90 | 785 | 9 |
| 7 | 62 | 78 | 83 | 52 | 68 | 75 | 79 | 93 | 97 | | 687 | 9 |
| 8 | 61 | 63 | 54 | 71 | 82 | 57 | 53 | 72 | 94 | | 607 | 9 |
| 9 | 48 | 42 | 43 | 47 | 69 | 37 | 32 | 65 | 46 | | 429 | 9 |
| 10 | 50 | 49 | 40 | 44 | 56 | 58 | 41 | 27 | 45 | | 410 | 9 |
| 11 | 38 | 39 | 36 | 35 | 34 | 33 | 29 | 13 | 28 | | 285 | 9 |
| 12 | 21 | 30 | 31 | 24 | 25 | 26 | 3 | 11 | 4 | | 175 | 9 |

สมมติฐาน

$$H_0 : S_1 = S_2 = \dots = S_L = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล}$$

สถิติทดสอบ

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1)$$

$$H = \frac{12}{120(120+1)} \left[\frac{129^2}{9} + \frac{95^2}{9} + \frac{565^2}{9} + \dots + \frac{410^2}{9} \right] - 3(120+1)$$

$$= 97.5928$$

$$\text{บริเวณวิกฤต คือ } H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2 = \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$$

เนื่องจาก $H = 97.5928 > \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต

จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงนไวสำหรับกรเซงานเพื่กรการศกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องสำหรับรูปแบบบวก

รูปแบบคูณ

ตารางที่ 4.2 แสดงการคำนวณค่าตัวทดสอบครัสคาลและวอลลิส (Kruskal-Wallis) ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน กรณีรูปแบบคูณ

| ฤดูกาลที่ | ลำดับที่ | | | | | | | | | | R_i | n_i |
|-----------|----------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-------|-------|
| 1 | | 1 | 5 | 21 | 22 | 11 | 19 | 24 | 2 | 20 | 125 | 9 |
| 2 | | 3 | 4 | 6 | 10 | 12 | 17 | 16 | 8 | 18 | 94 | 9 |
| 3 | | 60 | 65 | 50 | 66 | 67 | 68 | 54 | 57 | 72 | 559 | 9 |
| 4 | | 93 | 79 | 100 | 85 | 82 | 101 | 97 | 87 | 86 | 810 | 9 |
| 5 | | 105 | 103 | 107 | 99 | 91 | 106 | 108 | 104 | 95 | 918 | 9 |
| 6 | | 94 | 96 | 75 | 76 | 80 | 78 | 98 | 102 | 88 | 787 | 9 |
| 7 | 62 | 83 | 84 | 53 | 69 | 74 | 77 | 90 | 92 | | 684 | 9 |
| 8 | 61 | 64 | 55 | 73 | 81 | 58 | 52 | 71 | 89 | | 604 | 9 |
| 9 | 48 | 41 | 43 | 47 | 70 | 39 | 32 | 63 | 46 | | 429 | 9 |
| 10 | 51 | 49 | 40 | 44 | 56 | 59 | 42 | 28 | 45 | | 414 | 9 |
| 11 | 37 | 38 | 36 | 34 | 33 | 35 | 29 | 15 | 31 | | 288 | 9 |
| 12 | 14 | 26 | 30 | 23 | 25 | 27 | 7 | 13 | 9 | | 174 | 9 |

สมมติฐาน

$$H_0 : S_1 = S_2 = \dots = S_L = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล}$$

สถิติทดสอบ

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1)$$

$$H = \frac{12}{120(120+1)} \left[\frac{125^2}{9} + \frac{94^2}{9} + \frac{559^2}{9} + \dots + \frac{414^2}{9} \right] - 3(120+1)$$

$$= 98.4688$$

$$\text{บริเวณวิกฤต คือ } H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2 = \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$$

เนื่องจาก $H = 98.4688 > \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต

จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

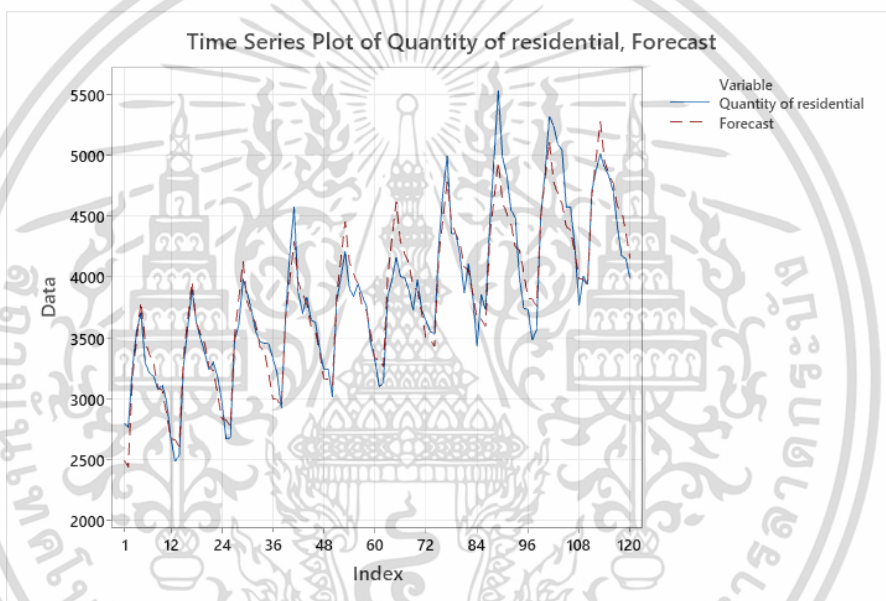
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องสำหรับรูปแบบคูณ

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีทั้งการเคลื่อนไหวจากแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาลทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ ทำการวิเคราะห์วิธีแยกส่วนประกอบโดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก และรูปแบบคูณ

4.1.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก

สมการพยากรณ์

$$Y_t = 3015.25 + 13.74t + S_i$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยที่ t อยู่ในฤดูกาลที่ i, i = 1, 2, 3,...,12

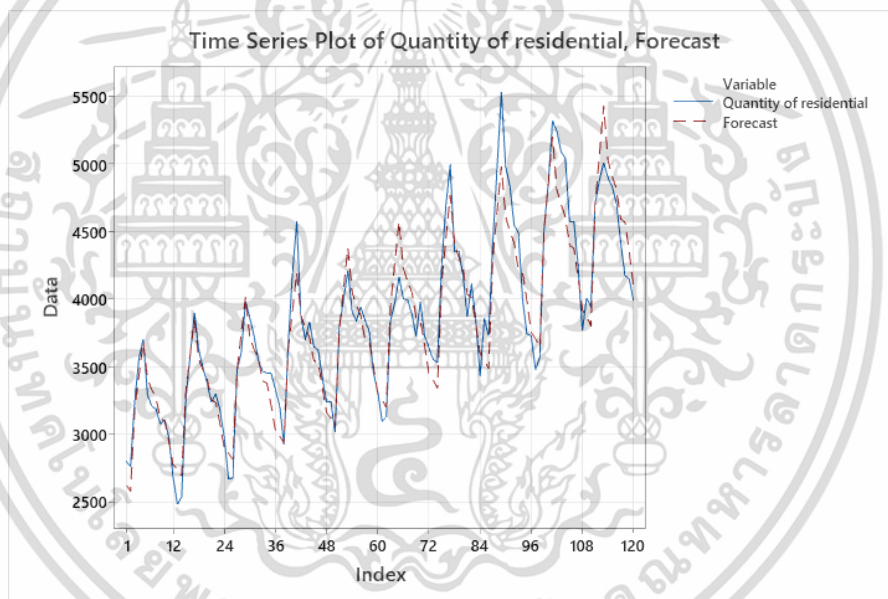
| | | | |
|--------|---------------------|----------------------|----------------------|
| โดยที่ | $S_1 = -527.1566$ | $S_2 = -599.5892$ | $S_3 = 124.0877$ |
| | $S_4 = 422.5496$ | $S_5 = 714.8711$ | $S_6 = 367.6623$ |
| | $S_7 = 256.6061$ | $S_8 = 161.2256$ | $S_9 = -43.5331$ |
| | $S_{10} = -83.3677$ | $S_{11} = -285.1950$ | $S_{12} = -508.1609$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_1 = -527.1566$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 527.1566 กิโลวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนกุมภาพันธ์ กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 599.5892, 43.5331, 83.3677, 285.1950 และ 508.1609 กิโลวัตต์ ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_3 = 124.0877$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 124.0877 กิโลวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 422.5496, 714.8711, 367.6623, 256.6061 และ 161.2256 กิโลวัตต์ ตามลำดับ

4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีสกัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีสกัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ

สมการพยากรณ์

$$Y_t = 3063.6949(1.0036)^t \times S_i$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยที่ t อยู่ในฤดูกาลที่ $i, i = 1, 2, 3, \dots, 12$

| | | | |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| โดยที่ | $S_1 = 0.8582$ | $S_2 = 0.8401$ | $S_3 = 1.0332$ |
| | $S_4 = 1.1113$ | $S_5 = 1.1866$ | $S_6 = 1.0939$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน $S_7 = 1.0643$ งานเพื่อ $S_8 = 1.0404$ ไม่อนุญาต $S_9 = 0.9890$ โยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง $S_{10} = 0.9808$ ลงเนื้อหา $S_{11} = 0.9297$ เจ้าของ $S_{12} = 0.8724$ มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_1 = 0.8582$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 14.18% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนกุมภาพันธ์ กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 15.99%, 1.10%, 1.92%, 7.03% และ 12.76% ตามลำดับ

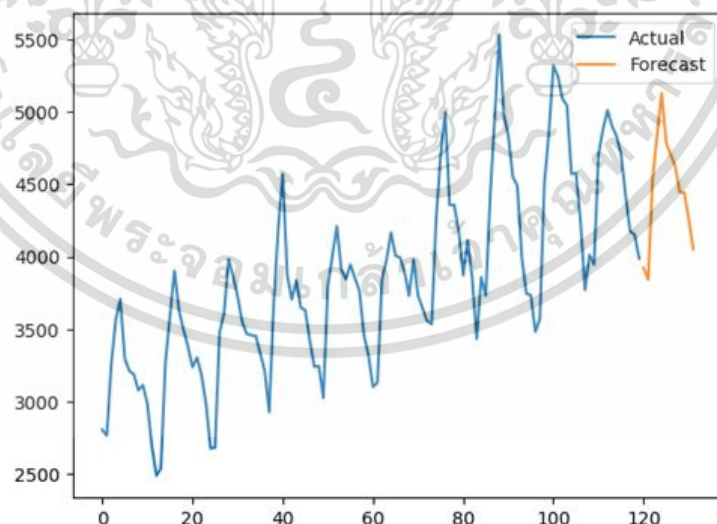
ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_3 = 1.0332$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 3.32% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 11.13%, 18.66%, 9.39%, 6.43% และ 4.04% ตามลำดับ

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ

นำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 120 ค่า มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาล จึงทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก และรูปแบบคูณ

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก

ผลวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนซึ่งมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน

โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการพยากรณ์

$$\alpha = 0.8577, \quad \gamma = 0.0053, \quad \delta = 0.0315$$

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (3126.9147 + 6.7539p) + S_i(12)$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, p มีหน่วยเป็นเดือน)

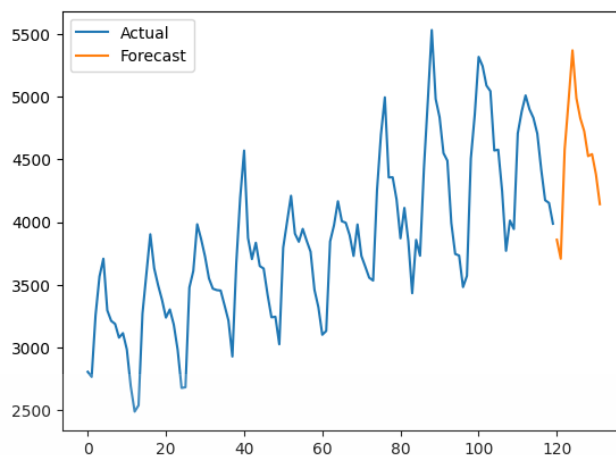
| | | | |
|--------|---------------------|----------------------|----------------------|
| โดยที่ | $S_1 = -511.0032$ | $S_2 = -599.4579$ | $S_3 = 93.1994$ |
| | $S_4 = 395.1666$ | $S_5 = 672.0803$ | $S_6 = 323.1349$ |
| | $S_7 = 235.6254$ | $S_8 = 149.9409$ | $S_9 = -34.9871$ |
| | $S_{10} = -42.8996$ | $S_{11} = -232.9856$ | $S_{12} = -447.8142$ |

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_1 = -511.0032$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 511.0032 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนกุมภาพันธ์ กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 599.4579, 34.9871, 42.8996, 232.9856 และ 447.8142 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_3 = 93.1994$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 93.1994 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 395.1666, 672.0803, 323.1349, 235.6254 และ 149.9409 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

ผลวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนซึ่งมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน
โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

สมการพยากรณ์

$$\alpha = 0.7121, \gamma = 0.0768, \delta = 0.0001$$

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (3073.5739 + 1.0036p) \times \hat{S}_i(12)$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, p มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยที่

$$\hat{S}_1 = 0.8443$$

$$\hat{S}_2 = 0.8103$$

$$\hat{S}_3 = 1.0272$$

$$\hat{S}_4 = 1.1073$$

$$\hat{S}_5 = 1.1954$$

$$\hat{S}_6 = 1.0935$$

$$\hat{S}_7 = 1.0494$$

$$\hat{S}_8 = 1.0327$$

$$\hat{S}_9 = 0.9921$$

$$\hat{S}_{10} = 0.9948$$

$$\hat{S}_{11} = 0.9579$$

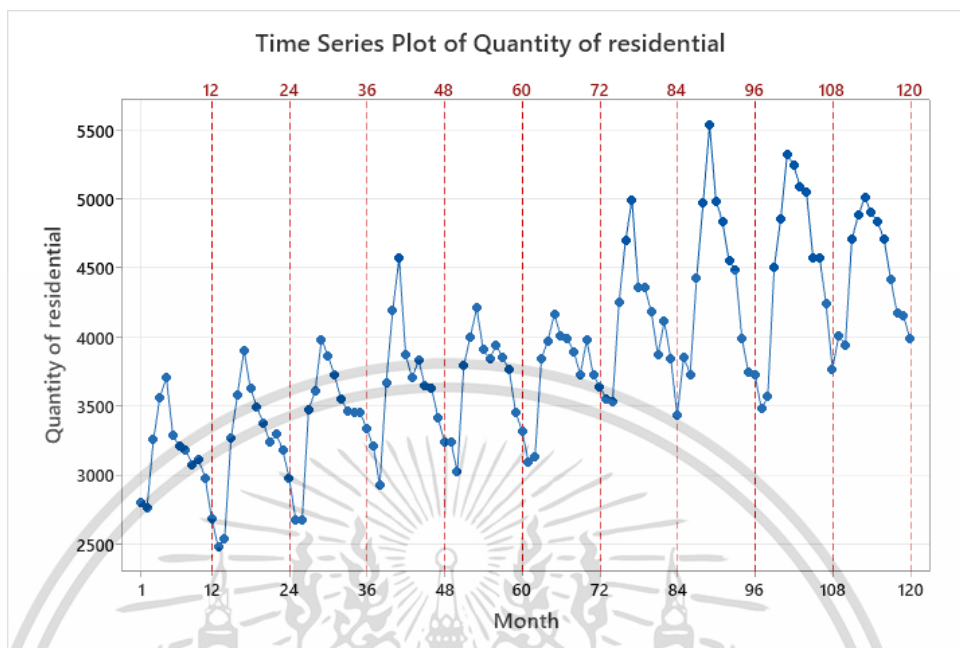
$$\hat{S}_{12} = 0.8950$$

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = 0.8443$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 15.57% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนกุมภาพันธ์ กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 18.97%, 0.79%, 0.52%, 4.21% และ 10.50% ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_3 = 1.0272$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 2.72% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 10.73%, 19.54%, 9.35%, 4.94% และ 3.27% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

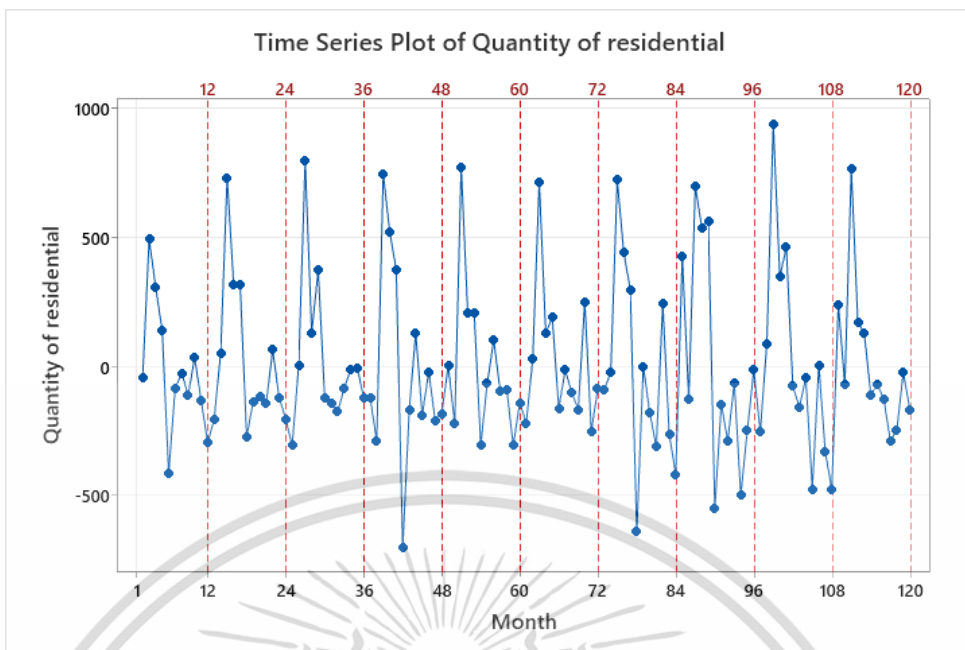
4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์



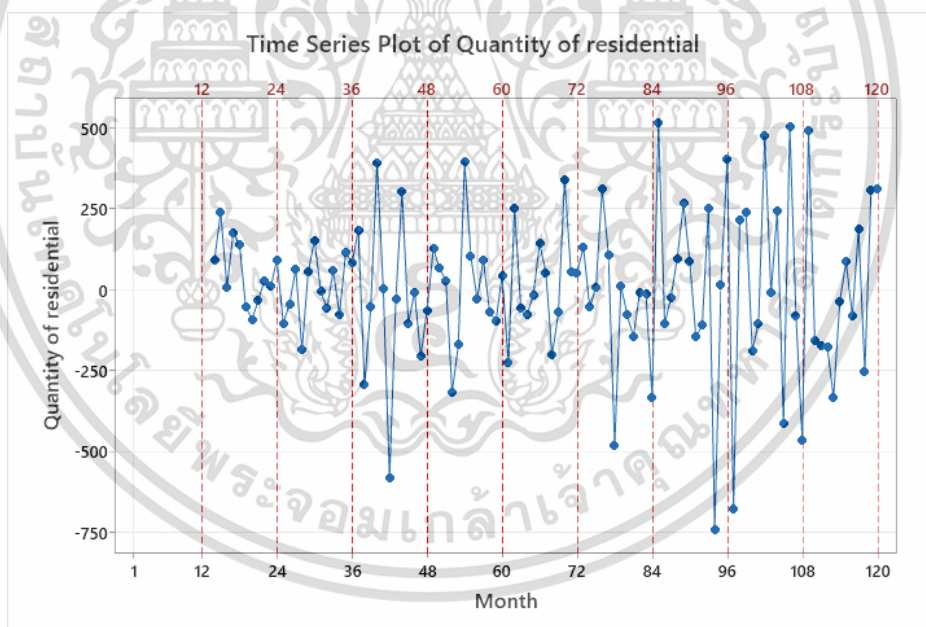
รูปที่ 4.7 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน

จากรูป 4.7 จะเห็นว่าอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไม่เป็นสเตชันนารี จากการทดสอบสมมติฐานที่พบว่า อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จึงต้องทำให้ อนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนเป็นสเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่าง และหาผลต่างฤดูกาล ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



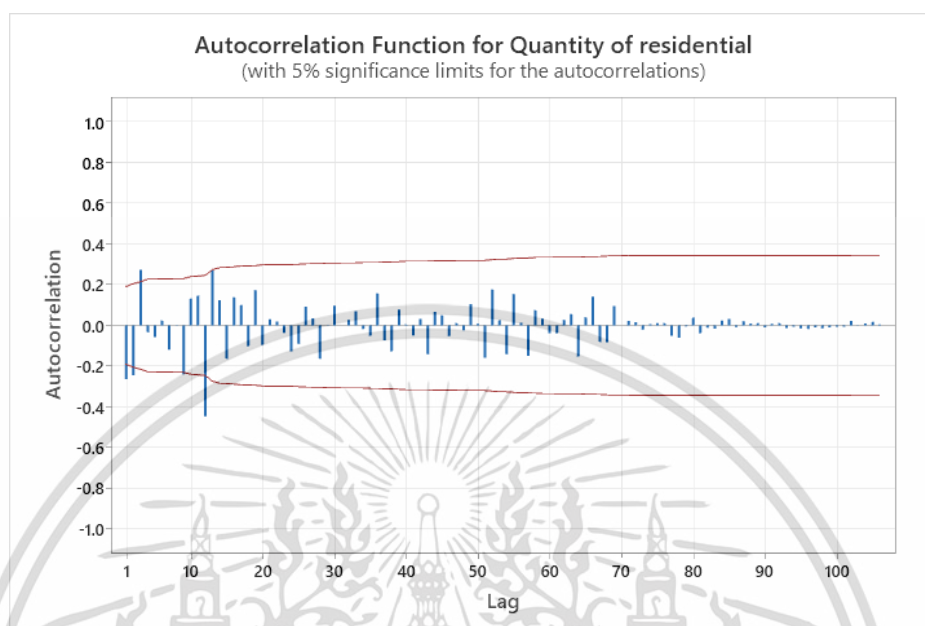
รูปที่ 4.8 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง



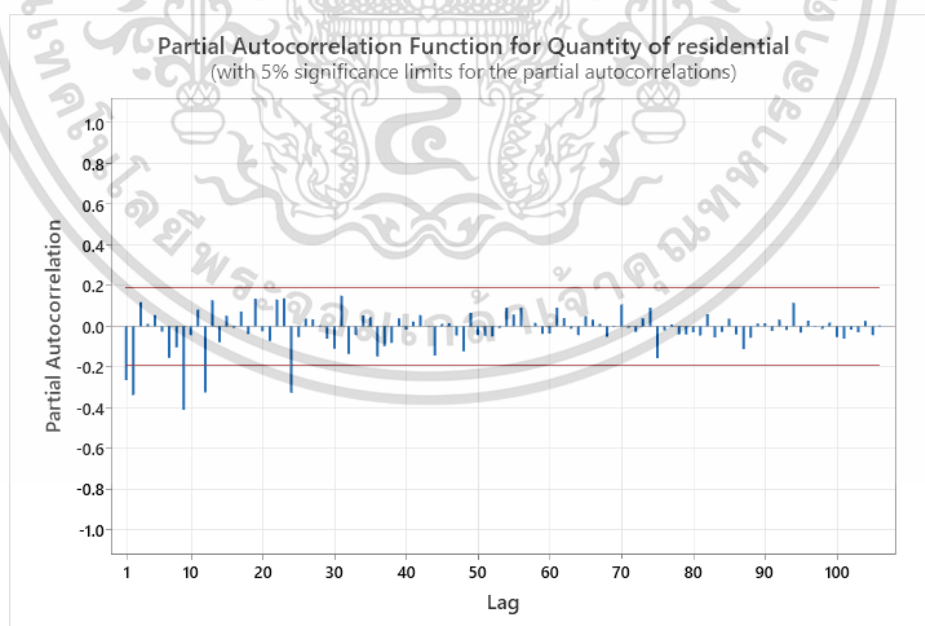
รูปที่ 4.9 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน เมื่อหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

จากรูป 4.8 และ 4.9 อนุกรมเวลาชุดใหม่ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่ เป็นอนุกรมเวลาที่สแตชันนารีแล้ว จึงนำอนุกรมเวลาที่สแตชันนารีไปพล็อต (Plot) เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอเรลโรลแกรมของ Autocorrelation Function (AFC) และ Partial Autocorrelation Function (PAFC) เพื่อหาตัวแบบ ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.10 คอเรลโรลแกรม Autocorrelation Function (AFC) ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง



รูปที่ 4.11 คอเรลโรลแกรม Partial Autocorrelation Function (PAFC) ของอนุกรมเวลา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการคัดค้านของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 สังเกตได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ $ARIMA(2, 1, 3)$ ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF ที่ lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และ PACF ที่ lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และมีการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ $SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ จึงได้ตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน คือ $ARIMA(2, 1, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$

เนื่องจากตัวแบบ $ARIMA(2, 1, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ ไม่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจึงปรับตัวแบบเป็น $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$

ตารางที่ 4.3 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$

| Statistics | Coef | SE Coef | t | p-value |
|---------------|---------|---------|--------|---------|
| ϕ_1 | 1.7081 | 0.0324 | 52.67 | 0.000 |
| ϕ_2 | -0.9819 | 0.0321 | -30.62 | 0.000 |
| θ_1 | -0.3447 | 0.116 | -2.96 | 0.004 |
| θ_2 | -0.5159 | 0.126 | -4.11 | 0.000 |
| θ_3 | 1.0650 | 0.0838 | 12.71 | 0.000 |
| Φ_{12} | -0.2268 | 0.105 | -2.16 | 0.033 |
| Φ_{24} | -0.4340 | 0.0696 | -6.23 | 0.000 |
| θ_{12} | 0.7673 | 0.134 | 5.72 | 0.000 |
| θ_0 | 85.8561 | 2.01 | 42.69 | 0.000 |

จากตารางที่ 4.3 ทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

$ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$$H_0 : \phi_1 = 0$$

$$H_1 : \phi_1 \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ ϕ_1 ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ ϕ_1 ควร
มีในตัวแบบ

$$H_0 : \phi_2 = 0$$

$$H_1 : \phi_2 \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ ϕ_2 ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ ϕ_2 ควร
มีในตัวแบบ

$$H_0 : \theta_1 = 0$$

$$H_1 : \theta_1 \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.004 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ θ_1 ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ θ_1 ควรมี
ในตัวแบบ

$$H_0 : \theta_2 = 0$$

$$H_1 : \theta_2 \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ θ_2 ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ θ_2 ควร
มีในตัวแบบ

$$H_0 : \theta_3 = 0$$

$$H_1 : \theta_3 \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ θ_3 ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ θ_3 ควร
มีในตัวแบบ

$$H_0 : \Phi_{12} = 0$$

$$H_1 : \Phi_{12} \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.033 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ Φ_{12} ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ Φ_{12}
ควรมีในตัวแบบ

$$H_0 : \Phi_{24} = 0$$

$$H_1 : \Phi_{24} \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ Φ_{24} ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ Φ_{24}
ควรมีในตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_0 : \theta_{12} = 0$$

$$H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ θ_{12} ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ θ_{12} ควรมีในตัวแบบ

$$H_0 : \theta_0 = 0$$

$$H_1 : \theta_0 \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ θ_0 ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ θ_0 ควรมีในตัวแบบ

สรุปได้ว่า ตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน

ตารางที่ 4.4 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Modified Box-Pierce) ของตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$

| Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Lag | 12 | 24 | 36 | 48 |
| Chi-Square | 6.45 | 19.07 | 26.70 | 36.43 |
| DF | 3 | 15 | 27 | 39 |
| p-value | 0.092 | 0.221 | 0.480 | 0.588 |

จากตารางที่ 4.4 ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน โดยใช้สถิติทดสอบ Box-Pierce (Ljung-Box) สำหรับ lag 12 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

เนื่องจาก $p - value = 0.092 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 12 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ lag 24 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.221 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 24 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 36 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.480 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 36 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 48 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

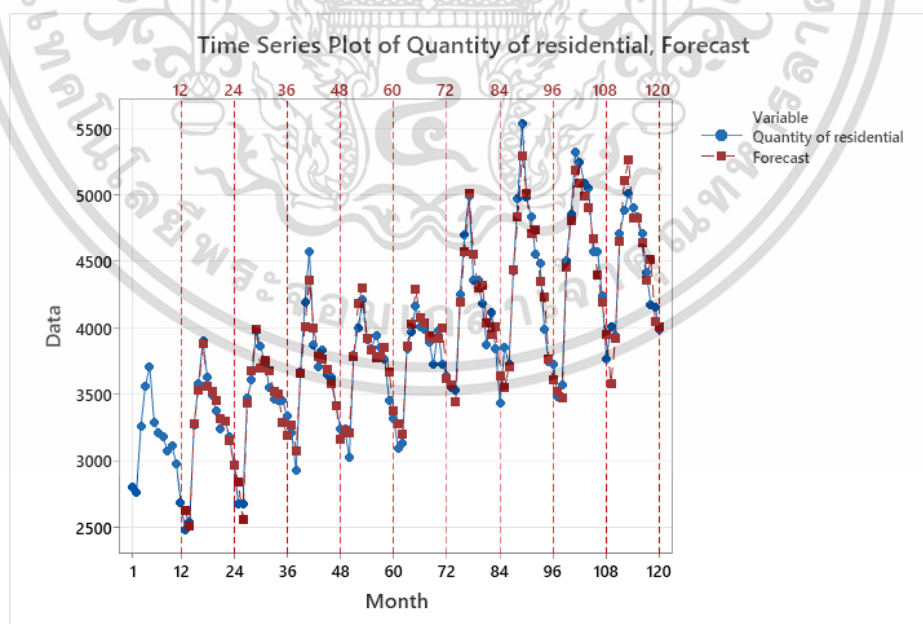
$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.588 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 48 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้น ตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ มีค่าคงที่ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน



รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยสำนักวิจัยและข้อมูลเชิงลึกของสถาบันวิจัยนโยบายด้านการค้า โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วย
 ตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และให้ค่า $MSE = 18,453.3467$

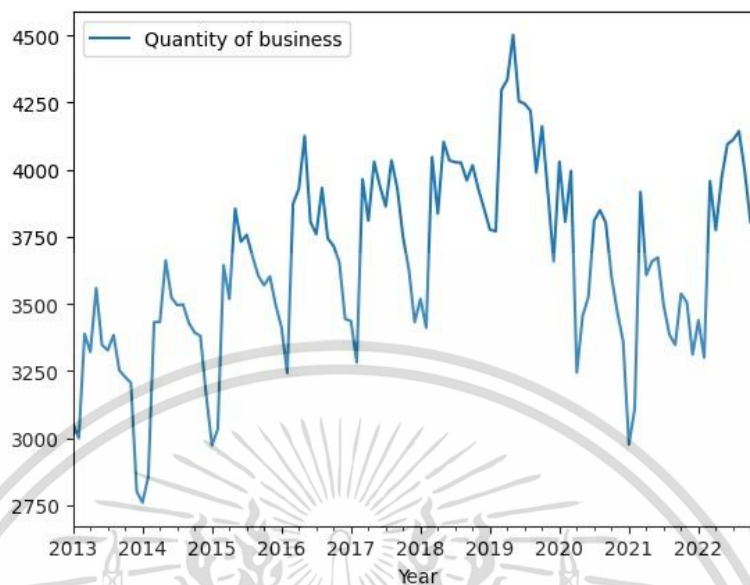
ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของอนุกรมปริมาณการใช้ไฟฟ้า
 ของภาคครัวเรือน

| วิธีพยากรณ์ | MSE |
|---|----------------------------|
| 1.วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก - วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ | 34,519.0847 32,640.2675 |
| 2.วิธีการปรับให้เรียบ - วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก - วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ | 49,353.3689 81,602.0943 |
| 3.วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ | 18,453.3467 |

จากตารางที่ 4.5 พบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$
 ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด คือ 18,453.3467 ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณ
 การใช้ไฟฟ้าครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

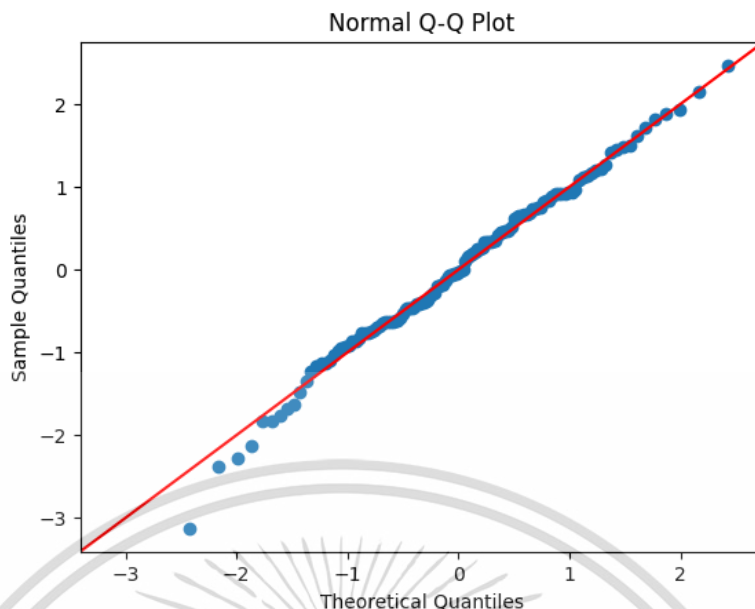
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ

จากรูปที่ 4.13 พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจจะมีแนวโน้มที่ชัดเจน และพบว่าอิทธิพลของฤดูกาลมีลักษณะที่ชัดเจน จึงนำอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไปทดสอบการแจกแจงปกติ เพื่อเลือกวิธีการทดสอบแนวโน้มและฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้ Q-Q plot ของอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ

การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test)

สมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ

ค่าสถิติทดสอบ AD = 0.3953 และ p-value = 0.3667

จะได้ p-value = 0.3667 > 0.05 จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจมีการแจกแจงปกติ

เนื่องจาก ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจมีการแจกแจงปกติ ใช้การทดสอบแบบใช้

พารามิเตอร์ คือ การทดสอบของ Box-Ljung ในการทดสอบแนวโน้ม และการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ในการทดสอบอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบของ Box-Ljung

สมมติฐาน

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_{119} = 0$$

H_1 : มี ρ_k อย่างน้อย 1 ตัวที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ k มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 119

สถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} Q'_m &= n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k} \\ &= 120(120+2) \left[\frac{0.7564^2}{120-1} + \frac{0.6234^2}{120-2} + \frac{0.4353^2}{120-3} + \dots + \frac{0.0000^2}{120-119} \right] \\ &= 721.5975 \end{aligned}$$

บริเวณเขตวิกฤต คือ $Q'_m \geq \chi_{\alpha,m}^2 = \chi_{0.05,119}^2 = 145.461$

เนื่องจาก $Q'_m = 721.5975 > \chi_{0.05,119}^2 = 145.461$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจมีแนวโน้ม

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง

ในการทดสอบอติพลฤดูกาล เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจมีแนวโน้ม
จึงต้องทำการขจัดแนวโน้มออกก่อนจึงทำการทดสอบอติพลฤดูกาล

สมมติฐาน

$$H_0: \rho_{12} = 0$$

$$H_1: \rho_{12} > 0$$

สถิติทดสอบ

$$r_{12} = 0.5695$$

บริเวณวิกฤต คือ $r_L \geq \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}} = \frac{Z_{0.05}}{\sqrt{118}} = 0.1514$

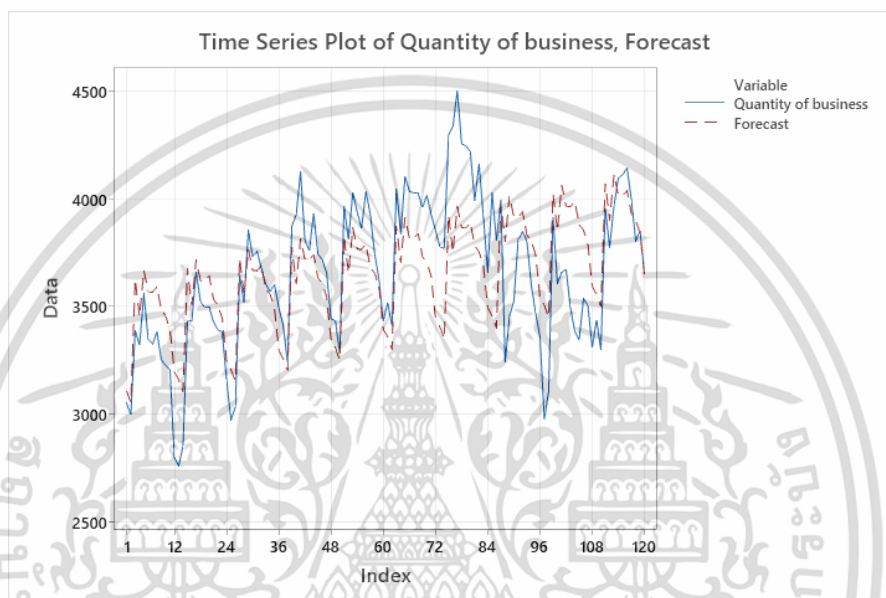
เนื่องจาก $r_{12} = 0.5695 > \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}} = 0.1514$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจมีอติพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจมีทั้งการเคลื่อนไหวจากแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาลทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ ทำการวิเคราะห์วิธีแยกส่วนประกอบโดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก และรูปแบบคูณ

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม สำหรับรูปแบบบวก



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก

สมการพยากรณ์

$$\hat{Y}_t = 3405.06 + 4.1269t + \hat{S}_t$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, t มีหน่วยเป็นเดือน)

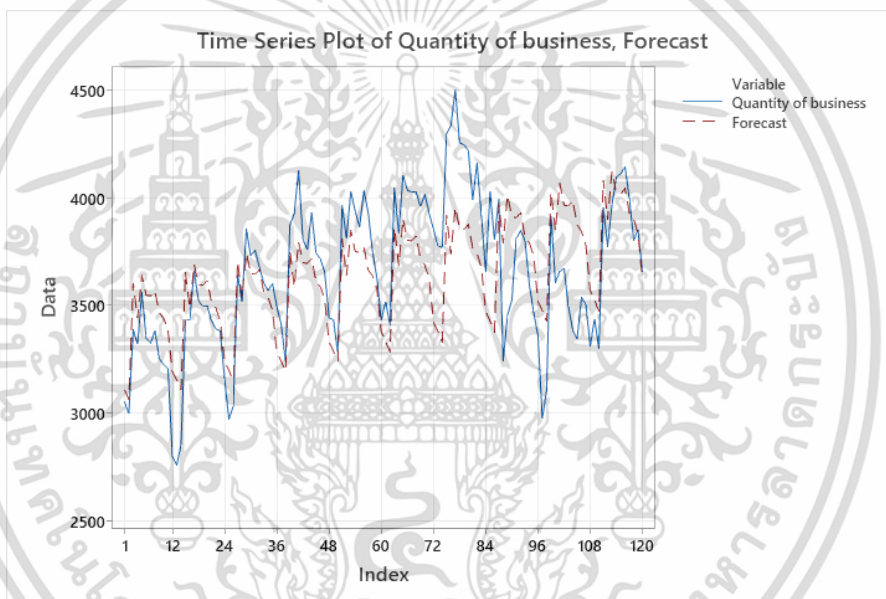
| โดยที่ | $\hat{S}_1 = -294.0364$ | $\hat{S}_2 = -354.4485$ | $\hat{S}_3 = 211.3227$ |
|--------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | $\hat{S}_4 = 36.7123$ | $\hat{S}_5 = 243.1208$ | $\hat{S}_6 = 140.3974$ |
| | $\hat{S}_7 = 132.6026$ | $\hat{S}_8 = 155.8882$ | $\hat{S}_9 = 40.7291$ |
| | $\hat{S}_{10} = 8.4802$ | $\hat{S}_{11} = -58.7052$ | $\hat{S}_{12} = -260.0632$ |

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = -294.0364$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ ในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 294.0364 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคธุรกิจในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 354.4485, 58.7052 และ 260.0632 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_3 = 211.3227$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 211.3227 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 36.7123, 243.1208, 140.3974, 132.6026, 155.8882, 40.7291 และ 8.4802 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม สำหรับรูปแบบคูณ



รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ

สมการพยากรณ์

$$Y_t = 3396.7409(1.0012)^t \times S_i$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, t มีหน่วยเป็นเดือน)

| | | | |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| โดยที่ | $S_1 = 0.9163$ | $S_2 = 0.9019$ | $S_3 = 1.0589$ |
| | $S_4 = 1.0099$ | $S_5 = 1.0669$ | $S_6 = 1.0390$ |
| | $S_7 = 1.0367$ | $S_8 = 1.0421$ | $S_9 = 1.0115$ |
| | $S_{10} = 1.0028$ | $S_{11} = 0.9851$ | $S_{12} = 0.9288$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_1 = 0.9163$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 8.37% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 9.81%, 2.49% และ 7.12% ตามลำดับ

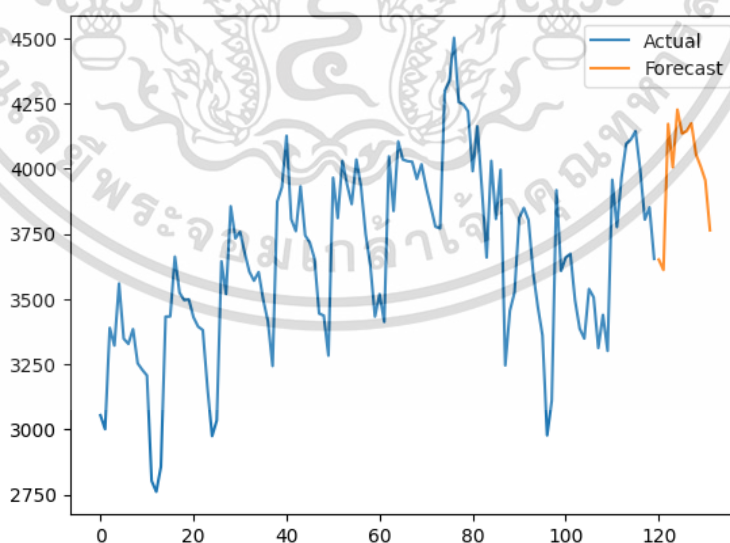
ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_3 = 1.0589$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 5.89% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 0.99%, 6.69%, 3.90%, 3.67%, 4.21%, 1.15% และ 0.28% ตามลำดับ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ

นำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 120 ค่า มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาล จึงทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกและรูปแบบคูณ

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก

ผลวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจซึ่งมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก



รูปที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก ซึ่งด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการพยากรณ์โดย

$$\alpha = 0.9494, \quad \gamma = 0.0025, \quad \delta = 0.0441$$

$$Y_{120+p}(120) = (3245.3223 + 15.7655p) + S_i(12)$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, p มีหน่วยเป็นเดือน)

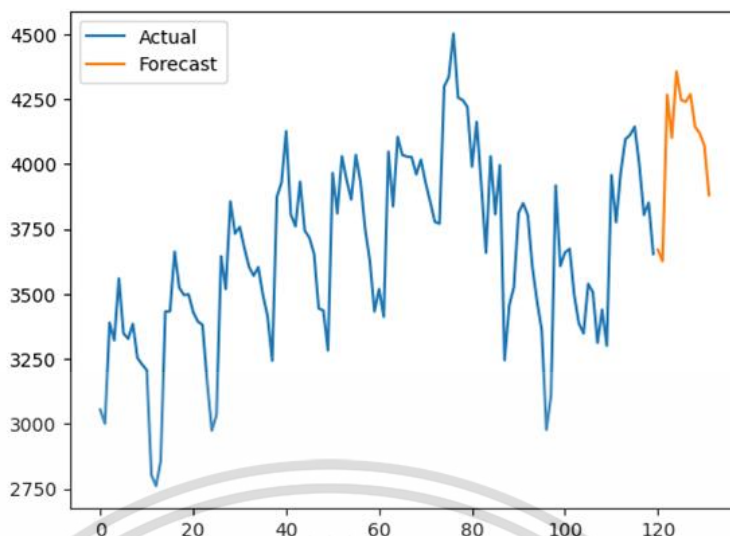
| | | | |
|--------|---------------------|---------------------|----------------------|
| โดยที่ | $S_1 = -290.1324$ | $S_2 = -339.0325$ | $S_3 = 211.0595$ |
| | $S_4 = 36.7618$ | $S_5 = 248.5474$ | $S_6 = 147.6434$ |
| | $S_7 = 147.7932$ | $S_8 = 168.3292$ | $S_9 = 39.9031$ |
| | $S_{10} = -15.5739$ | $S_{11} = -77.1213$ | $S_{12} = -278.0280$ |

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_1 = -290.1324$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ ในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 290.1324 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ ภาคธุรกิจในเดือนกุมภาพันธ์ ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 339.0325, 15.5739, 77.1213 และ -278.0280 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $S_3 = 211.0595$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ ในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 211.0595 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ ภาคธุรกิจในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน มีค่าสูงกว่า ค่าเฉลี่ย 36.7618, 248.5474, 147.6434, 147.7932, 168.3292 และ 39.9031 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ เอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

ผลวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจซึ่งมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลโดยใช้วิธี วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ



รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ
โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

สมการพยากรณ์ โดย

$$\alpha = 0.995, \quad \gamma = 0.0001, \quad \delta = 0.0001$$

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (3290.7188 + 1.0343p) \times \hat{S}_i(12)$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, p มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยที่

$$\begin{array}{lll} \hat{S}_1 = 0.9240 & \hat{S}_2 = 0.9081 & \hat{S}_3 = 1.0591 \\ \hat{S}_4 = 1.0120 & \hat{S}_5 = 1.0692 & \hat{S}_6 = 1.0327 \\ \hat{S}_7 = 1.0298 & \hat{S}_8 = 1.0368 & \hat{S}_9 = 1.0081 \\ \hat{S}_{10} = 1.0056 & \hat{S}_{11} = 0.9832 & \hat{S}_{12} = 0.9315 \end{array}$$

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = 0.9240$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 7.60% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 9.19%, 1.68% และ 6.85% ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_3 = 1.0591$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 5.91% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจในเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 1.20%, 6.92%, 3.27%, 2.98%, 3.68%, 0.81% และ 0.56% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

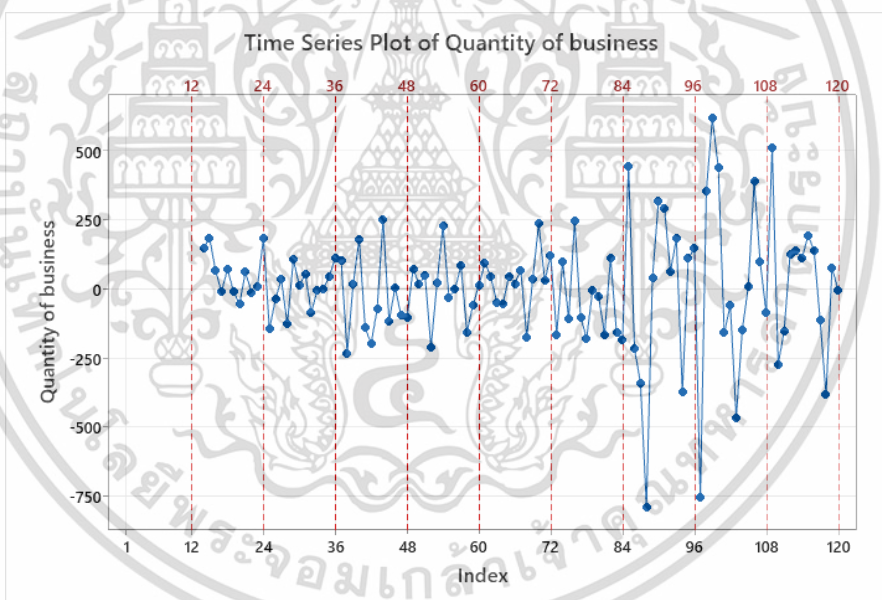


รูปที่ 4.19 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

จากรูปที่ 4.19 จะสังเกตได้ว่าอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจไม่เป็นสเตชันนารี จากการทดสอบสมมติฐานที่พบว่า อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จึงต้องทำให้อนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจเป็นสเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่าง และหาผลต่างฤดูกาล ดังรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21



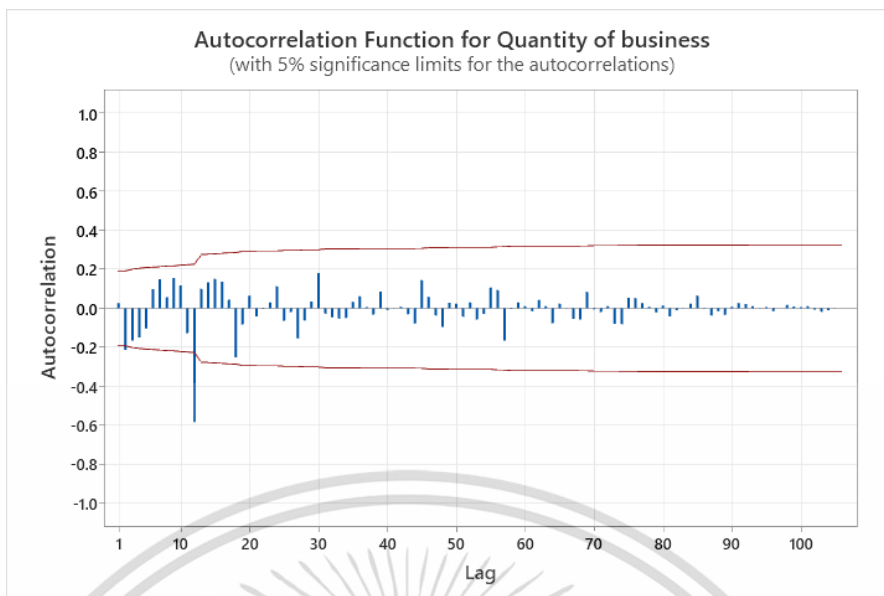
รูปที่ 4.20 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง



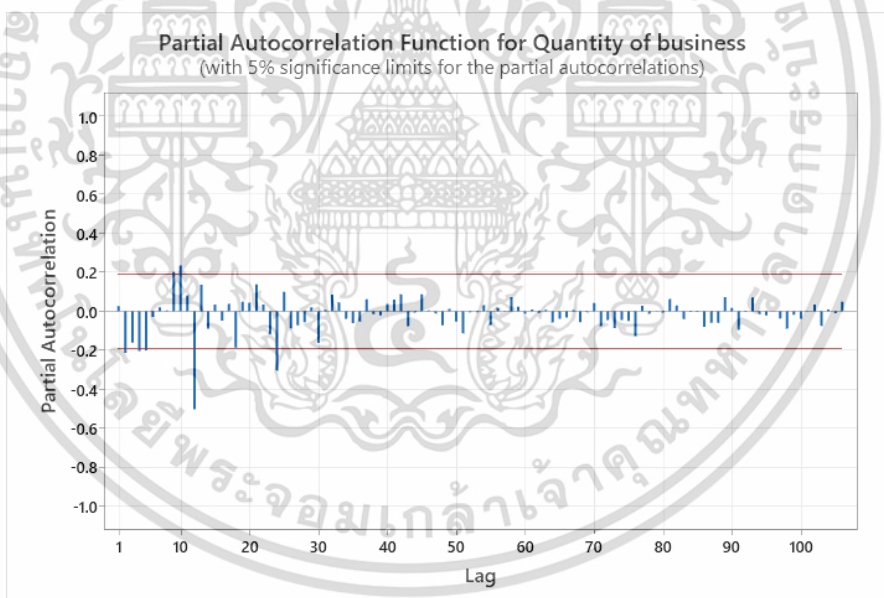
รูปที่ 4.21 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ เมื่อหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

จากรูป 4.20 และ 4.21 อนุกรมเวลาชุดใหม่ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่ เป็นอนุกรมเวลาที่สเตรชันนารีแล้ว จึงนำอนุกรมเวลาที่สเตรชันนารีไปพล็อต (Plot) คอเรลโรแกรมของ Autocorrelation Function (AFC) และ Partial Autocorrelation Function (PAFC) เพื่อหาตัวแบบ ดังรูปที่ 4.22 และ 4.23

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 คอเรลโรลแกรม Autocorrelation Function (AFC) ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง



รูปที่ 4.23 คอเรลโรลแกรม Partial Autocorrelation Function (PAFC) ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.22 และ 4.23 สังเกตได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0)$ ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF ที่ lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างช้าๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว และ PACF ที่ lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และมีการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ $SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ จึงได้ตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ คือ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ จึงเป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.6 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$

| Statistics | Coef | SE Coef | t | p-value |
|---------------------|---------|---------|-------|---------|
| $\hat{\Phi}_{12}$ | -0.2931 | 0.1115 | -2.55 | 0.012 |
| $\hat{\Theta}_{12}$ | 0.8112 | 0.957 | 8.39 | 0.000 |

จากตารางที่ 4.6 ทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

$ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$$H_0 : \Phi_{12} = 0$$

$$H_1 : \Phi_{12} \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.012 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ Φ_{12} ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ Φ_{12}

ควรมีในตัวแบบ

$$H_0 : \Theta_{12} = 0$$

$$H_1 : \Theta_{12} \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ Θ_{12} ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ Θ_{12}

ควรมีในตัวแบบ

สรุปได้ว่า ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

ตารางที่ 4.7 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Modified Box-Pierce) ของตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$

| Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Lag | 12 | 24 | 36 | 48 |
| Chi-Square | 15.60 | 29.05 | 46.20 | 57.64 |
| DF | 10 | 22 | 34 | 46 |
| p-value | 0.112 | 0.143 | 0.079 | 0.117 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

$ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ โดยใช้สถิติทดสอบ Box-Pierce (Ljung-Box)

สำหรับ lag 12 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.112 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 12 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 24 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.143 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 24 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 36 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.079 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 36 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 48 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1: \text{มี } \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

เนื่องจาก $p\text{-value} = 0.117 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 48 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้น ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ ไม่มีค่าคงที่ เป็นตัวแบบที่

เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

นอกจากตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ ยังมีตัวแบบที่ผ่านการ

ตรวจสอบความเหมาะสมอีก ตัวแบบดังนี้

1. $ARIMA(3, 0, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ with constant

2. $ARIMA(1, 1, 1) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$

3. $ARIMA(2, 1, 1) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

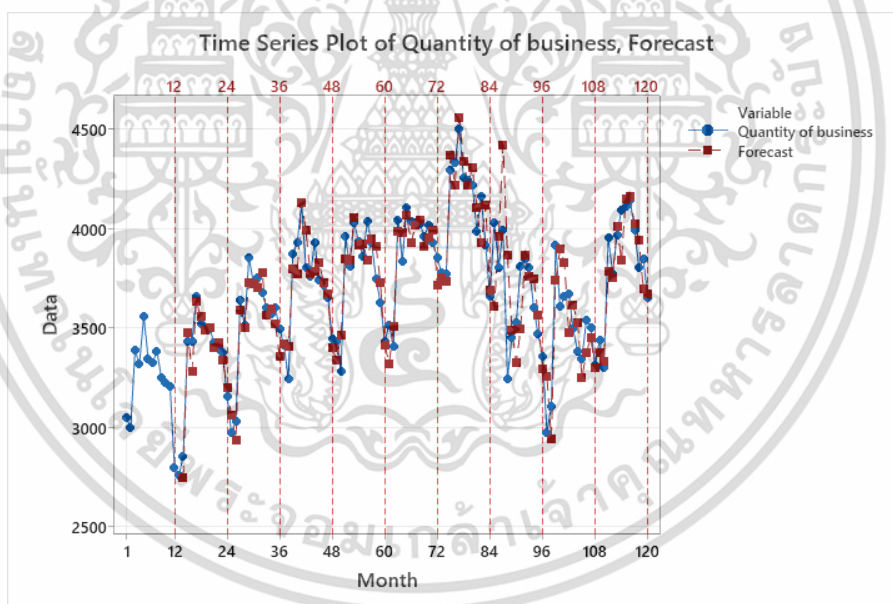
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากปัญหาพิเศษฉบับนี้มีตัวแบบที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมมากกว่า 1 ตัวแบบ จึงใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ โดยเกณฑ์สารสนเทศของอาโคเคะ (AIC) เลือกตัวแบบที่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุด จะเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลา

ตารางที่ 4.8 ค่า MSE, SSE และ AIC ของตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

| ตัวแบบ | MSE | SSE | AIC |
|--|----------|-----------|----------|
| $ARIMA(3, 0, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ with constant | 18,117.4 | 1,847,971 | 516.5017 |
| $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 19,915.5 | 2,091,128 | 514.9439 |
| $ARIMA(1, 1, 1) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 19,375.2 | 1,995,647 | 516.5083 |
| $ARIMA(2, 1, 1) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 18,296.0 | 1,866,196 | 515.0131 |

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ มีค่า AIC = 514.9439 ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด จึงเป็นตัวแบบที่เหมาะสม โดยให้ค่า MSE = 19,915.5085



รูปที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$

จากรูปที่ 4.24 กราฟแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และให้ค่า MSE = 19,915.5085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของอนุกรมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ

| วิธีพยากรณ์ | MSE |
|---|-----------------------------|
| 1.วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก - วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ | 62,374.8259 63,675.7286 |
| 2.วิธีการปรับให้เรียบ - วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก - วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ | 189,081.0510 54,497.1782 |
| 3.วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 19,915.5085 |

จากตารางที่ 4.9 พบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด คือ 19,915.5085 ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

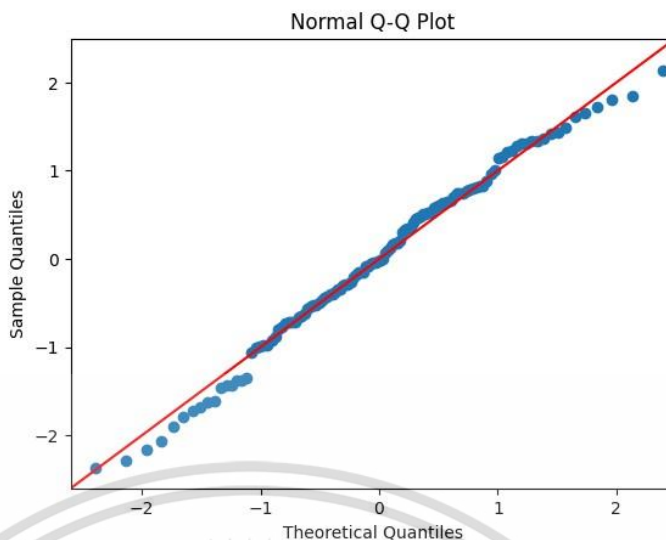
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 4.25 พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมจะมีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน และพบว่าอิทธิพลของฤดูกาลมีลักษณะที่ชัดเจน จึงนำอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนไปทดสอบการแจกแจงปกติ เพื่อเลือกวิธีการทดสอบแนวโน้มและฤดูกาล



รูปที่ 4.26 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้ Q-Q plot ของอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test)

สมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ

ค่าสถิติทดสอบ AD = 0.3505 และ p-value = 0.4660

จะได้ p-value = 0.4660 > 0.05 จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมมีการแจกแจงปกติ

เนื่องจาก ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมมีการแจกแจงใช้การทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ คือ การทดสอบของ Box-Ljung ในการทดสอบแนวโน้ม และการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ในการทดสอบอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบของ Box-Ljung

สมมติฐาน

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_{119} = 0$$

H_1 : มี ρ_k อย่างน้อย 1 ตัวที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ k มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 119

สถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} Q'_m &= n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k} \\ &= 120(120+2) \left[\frac{0.2646^2}{120-1} + \frac{0.4944^2}{120-2} + \frac{0.1658^2}{120-3} + \dots + \frac{0.0096^2}{120-119} \right] \\ &= 474.7586 \end{aligned}$$

บริเวณเขตวิกฤต คือ $Q'_m \geq \chi_{\alpha,m}^2 = \chi_{0.05,119}^2 = 145.461$

เนื่องจาก $Q'_m = 474.7586 > \chi_{0.05,119}^2 = 145.461$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้ม

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง

ในการทดสอบอหิทธิพลฤดูกาล เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้ม จึงต้องทำการขจัดแนวโน้มออกก่อนจึงทำการทดสอบอหิทธิพลฤดูกาล

สมมติฐาน

$$H_0: \rho_{12} = 0$$

$$H_1: \rho_{12} > 0$$

สถิติทดสอบ

$$r_{12} = 0.8203$$

บริเวณวิกฤต คือ $r_L \geq \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}} = \frac{Z_{0.05}}{\sqrt{118}} = 0.1514$

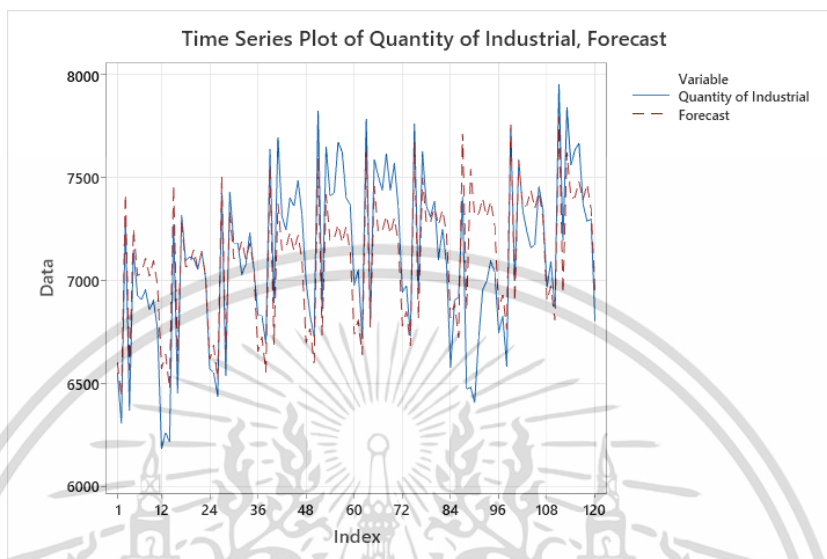
เนื่องจาก $r_{12} = 0.8203 > \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}} = 0.1514$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรมมีอหิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ

4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมโดยใช้วิธีสกัดส่วนกับ แนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก



รูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม
โดยใช้วิธีสกัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก

สมการพยากรณ์

$$\hat{Y}_t = 6904.9384 + 3.4346t + \hat{S}_t$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยที่

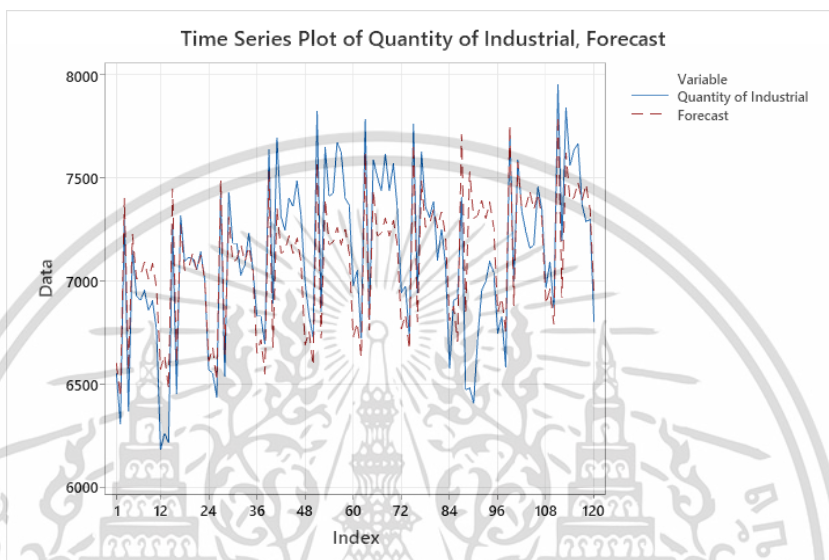
$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= -304.3020 & \hat{S}_2 &= -475.9282 & \hat{S}_3 &= 509.1366 \\ \hat{S}_4 &= -350.7422 & \hat{S}_5 &= 329.0107 & \hat{S}_6 &= 100.1241 \\ \hat{S}_7 &= 108.0025 & \hat{S}_8 &= 177.4193 & \hat{S}_9 &= 85.6894 \\ \hat{S}_{10} &= 158.3262 & \hat{S}_{11} &= 35.5160 & \hat{S}_{12} &= -372.2525 \end{aligned}$$

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = -304.3020$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 304.3020 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 475.9282, 350.7422 และ -372.2525 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_3 = 509.1366$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 509.1366 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพฤศจิกายน มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 329.0107, 100.1241, 108.0025, 177.4193, 85.6894, 158.3262 และ 35.5160 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

4.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมโดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ



รูปที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมโดยใช้วิธีสัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ

สมการพยากรณ์

$$\hat{Y}_t = 6900.9189(1.0005)^t \times \hat{S}_i$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, t มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยที่

| | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $\hat{S}_1 = 0.9571$ | $\hat{S}_2 = 0.9331$ | $\hat{S}_3 = 1.0720$ |
| $\hat{S}_4 = 0.9506$ | $\hat{S}_5 = 1.0456$ | $\hat{S}_6 = 1.0137$ |
| $\hat{S}_7 = 1.0152$ | $\hat{S}_8 = 1.0249$ | $\hat{S}_9 = 1.0122$ |
| $\hat{S}_{10} = 1.0225$ | $\hat{S}_{11} = 1.0053$ | $\hat{S}_{12} = 0.9478$ |

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = 0.9571$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 4.29% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 6.69%, 4.94% และ 5.22% ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_3 = 1.0884$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 7.20% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า

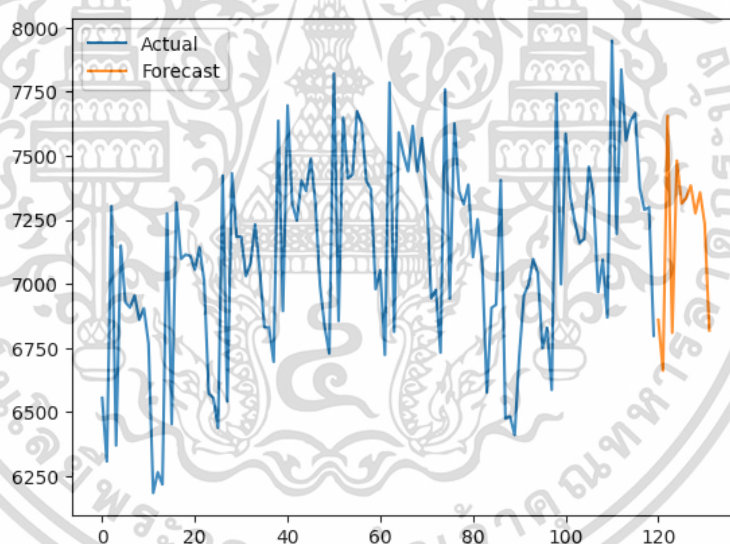
ของภาคอุตสาหกรรมในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 4.56%, 1.37%, 1.52%, 2.49%, 1.22%, 2.25% และ 0.53% ตามลำดับ

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ

นำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 120 ค่า มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบ เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาล จึงทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกและรูปแบบคูณ

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก

ผลวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก



รูปที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก

สมการพยากรณ์โดย

$$\alpha = 0.8595, \quad \gamma = 0.0927, \quad \delta = 0.0285$$

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (6735.7502 + 28.8694p) + \hat{S}_i(12)$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, p มีหน่วยเป็นเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

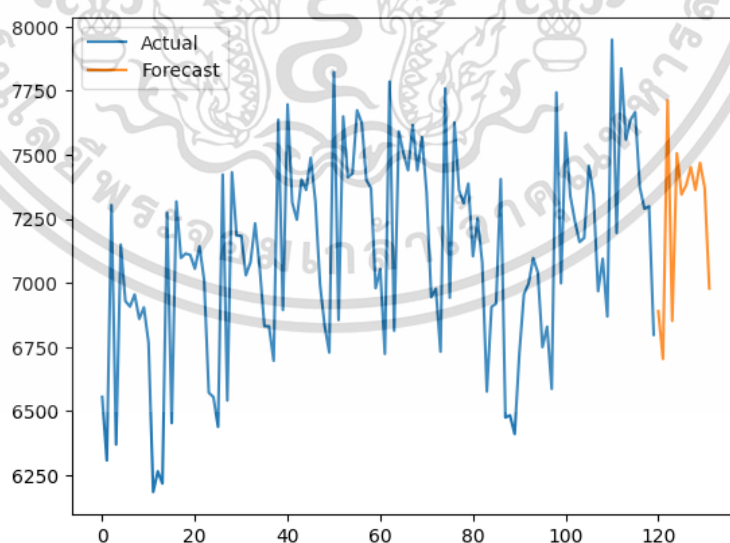
| | | | |
|--------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| โดยที่ | $\hat{S}_1 = -351.8961$ | $\hat{S}_2 = -515.3733$ | $\hat{S}_3 = 494.9584$ |
| | $\hat{S}_4 = -373.8909$ | $\hat{S}_5 = 363.9543$ | $\hat{S}_6 = 146.6315$ |
| | $\hat{S}_7 = 140.8863$ | $\hat{S}_8 = 176.6262$ | $\hat{S}_9 = 92.6283$ |
| | $\hat{S}_{10} = 171.3131$ | $\hat{S}_{11} = 33.8459$ | $\hat{S}_{12} = -379.6835$ |

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = -351.8961$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 351.8961 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 515.3733, 373.8909 และ 379.6835 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_3 = 494.9584$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 494.9584 กิกะวัตต์ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 363.9543, 146.6315, 140.8863, 176.6262, 92.6283, 171.3131 และ 33.8459 กิกะวัตต์ ตามลำดับ

4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

ผลวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมธุรกิจซึ่งมีแนวโน้มและมีอิทธิพลฤดูกาลโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ



รูปที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ ซึ่งด้านการคำนวณไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการพยากรณ์โดย

$$\alpha = 0.8889, \quad \gamma = 0.0987, \quad \delta = 0.0010$$

$$\hat{Y}_{120+p}(120) = (6835.2206 + 1.02p) \times \hat{S}_i(12)$$

(origin เดือนที่ 12 ปี 2555, p มีหน่วยเป็นเดือน)

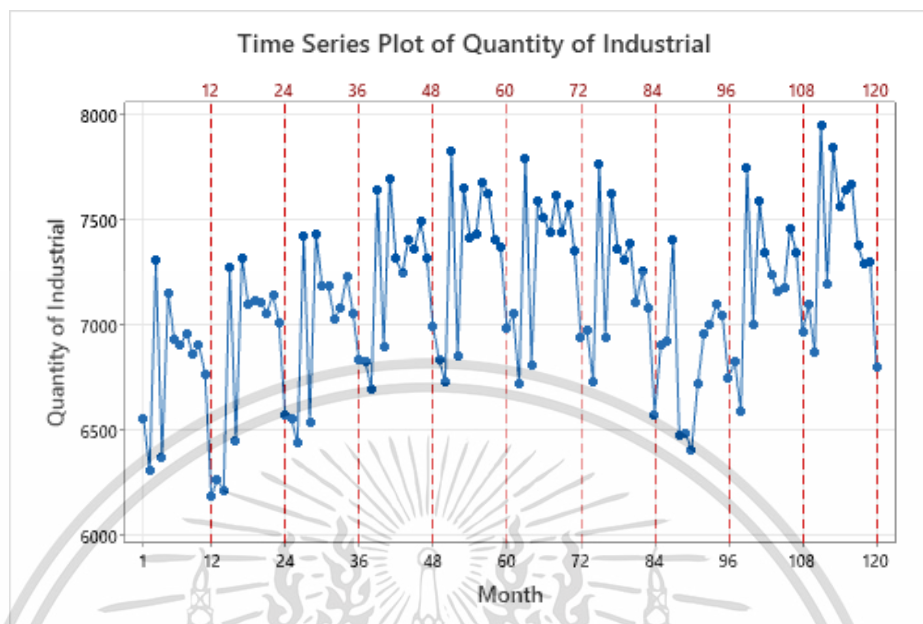
| | | | |
|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| โดยที่ | $\hat{S}_1 = 0.9595$ | $\hat{S}_2 = 0.9318$ | $\hat{S}_3 = 1.0721$ |
| | $\hat{S}_4 = 0.9436$ | $\hat{S}_5 = 1.0443$ | $\hat{S}_6 = 1.0145$ |
| | $\hat{S}_7 = 1.0154$ | $\hat{S}_8 = 1.0231$ | $\hat{S}_9 = 1.0113$ |
| | $\hat{S}_{10} = 1.0236$ | $\hat{S}_{11} = 1.0078$ | $\hat{S}_{12} = 0.9529$ |

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_1 = 0.9595$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมกราคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 4.05% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และธันวาคม มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 6.82%, 5.64% และ 4.71% ตามลำดับ

ค่าวัดอิทธิพลฤดูกาล $\hat{S}_3 = 1.0721$ หมายความว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนมีนาคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 7.21% ในทำนองเดียวกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 4.43%, 1.45%, 1.54%, 2.31%, 1.13%, 2.36% และ 0.78% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

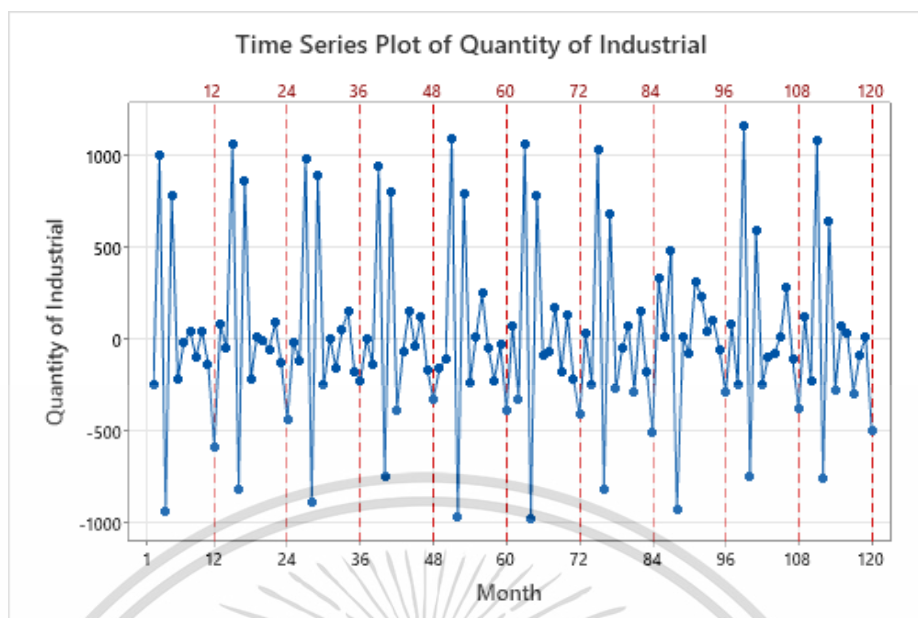
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์



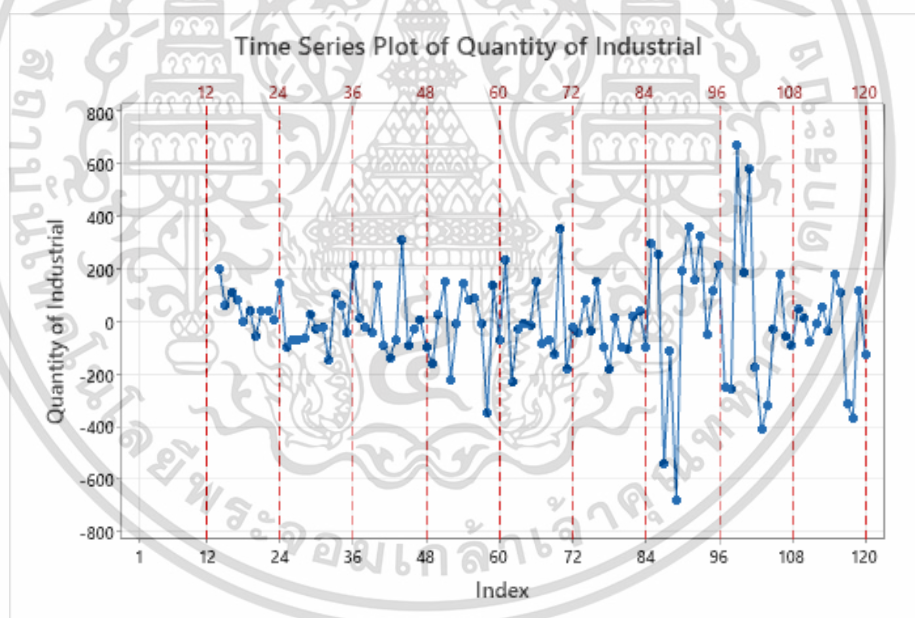
รูปที่ 4.31 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 4.31 จะสังเกตได้ว่าอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมไม่เป็นสเตชันนารี จากการทดสอบสมมติฐานที่พบว่า อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จึงต้องทำให้อนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมเป็นสเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่าง และหาผลต่างฤดูกาล ดังรูปที่ 4.32 และรูปที่ 4.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

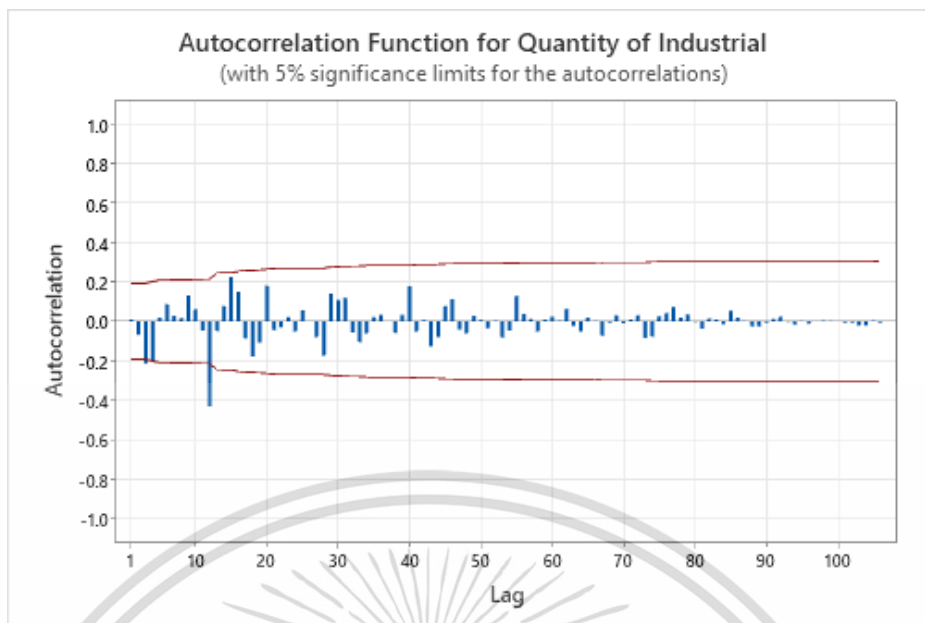


รูปที่ 4.32 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง

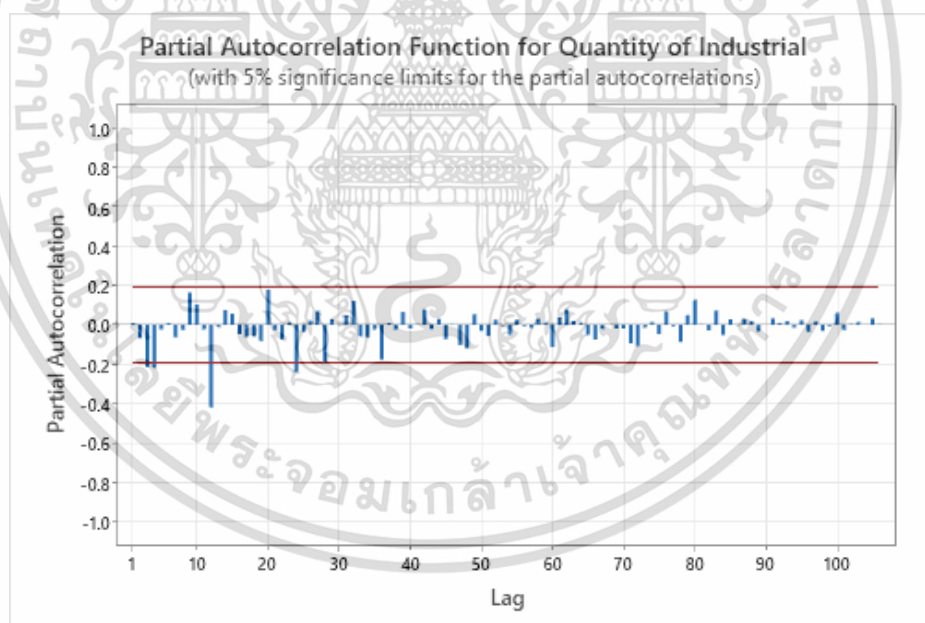


รูปที่ 4.33 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม เมื่อหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

จากรูป 4.32 และ 4.33 อนุกรมเวลาชุดใหม่ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่ เป็นอนุกรมเวลาที่สเตรชันนารีแล้ว จึงนำอนุกรมเวลาที่สเตรชันนารีไปพล็อต (Plot) เอกสารนี้คือเรลโกลแกรมของ Autocorrelation Function (AFC) และ Partial Autocorrelation Function (PAFC) เพื่อหาตัวแบบ ดังรูปที่ 4.34 และ 4.35 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 คอเรลโรลแกรม Autocorrelation Function (AFC) ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง



รูปที่ 4.35 คอเรลโรลแกรม Partial Autocorrelation Function (PAFC) ของอนุกรมเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

จากรูปที่ 4.34 และ 4.35 สังเกตได้ว่า ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ และ
 เอกสารนี้ PACF มีลักษณะลัดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$ARIMA(0, 1, 0)$ ในส่วนของอิทธิพลฤดูกาล พบว่า ACF ที่ lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และ PACF ที่ lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และมีการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง จึงได้ตัวแบบ $SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ จึงได้ตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม คือ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ จึงเป็นตัวแทนที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.10 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$

| Statistics | Coef | SE Coef | t | p-value |
|---------------|--------|---------|-------|---------|
| θ_{12} | 0.8743 | 0.0767 | 11.41 | 0.000 |

จากตารางที่ 4.10 ทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

$ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$$H_0 : \theta_{12} = 0$$

$$H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

เนื่องจาก $p - value = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

หมายความว่า ค่าพารามิเตอร์ θ_{12} ในตัวแบบมีค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ θ_{12} ควรมีในตัวแบบ

สรุปได้ว่า ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ เป็นตัวแทนที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.11 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน (Modified Box-Pierce) ของตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$

| Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Lag | 12 | 24 | 36 | 48 |
| Chi-Square | 8.20 | 20.58 | 30.83 | 39.16 |
| DF | 11 | 23 | 35 | 47 |
| p-value | 0.696 | 0.607 | 0.670 | 0.785 |

จากตารางที่ 4.11 ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

$ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ โดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม โดยใช้สถิติทดสอบ Box-Pierce (Ljung-Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ lag 12 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

H_1 : มี $\rho_k(e_t)$ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 12$

เนื่องจาก $p - value = 0.696 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 12 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 24 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

H_1 : มี $\rho_k(e_t)$ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 24$

เนื่องจาก $p - value = 0.607 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 24 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 36 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

H_1 : มี $\rho_k(e_t)$ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 36$

เนื่องจาก $p - value = 0.670 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 36 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

สำหรับ lag 48 ทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

H_1 : มี $\rho_k(e_t)$ อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 48$

เนื่องจาก $p - value = 0.785 > \alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นั่นคือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ห่างกัน 1, 2, ..., 48 ช่วงเวลา มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้น ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ ไม่มีค่าคงที่ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม

นอกจากตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ ยังมีตัวแบบที่ผ่านการ

ตรวจสอบความเหมาะสมอีก ตัวแบบนี้

1. $ARIMA(1, 1, 1) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$

2. $ARIMA(3, 1, 3) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$

เนื่องจากปัญหาพิเศษฉบับนี้มีตัวแบบที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมมากกว่า 1 ตัวแบบ จึงใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ โดยเกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะ (AIC) เลือกตัวแบบที่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุด จะเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลา

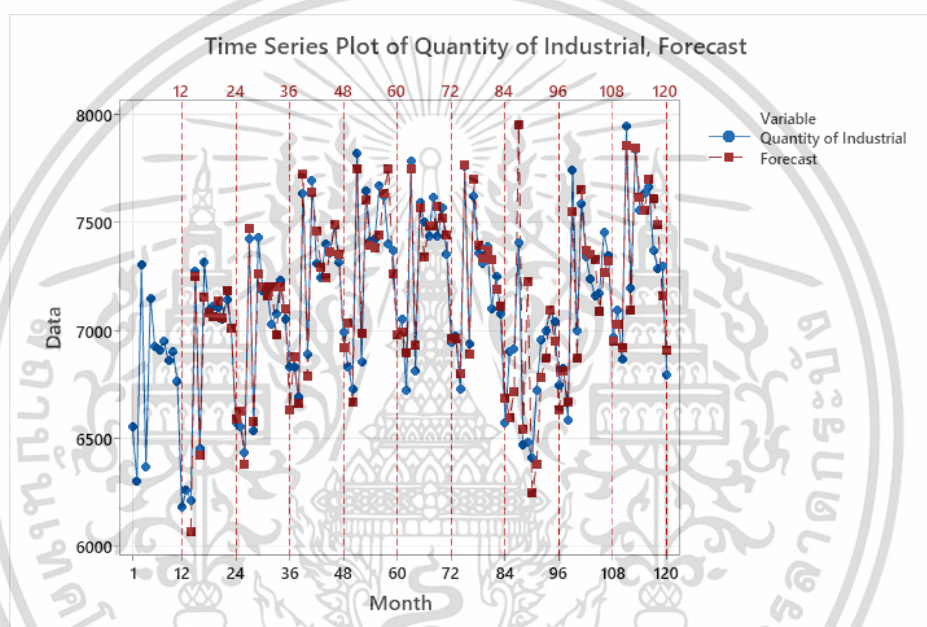
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ค่า MSE, SSE และ AIC ของตัวแบบอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม

| ตัวแบบ | MSE | SSE | AIC |
|--|----------|-----------|----------|
| $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 21,071.4 | 2,233,570 | 516.3782 |
| $ARIMA(1, 1, 1) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 20,545.2 | 2,136,698 | 518.0674 |
| $ARIMA(3, 1, 3) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 19,706.6 | 1,970,661 | 521.8517 |

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$

มีค่า AIC = 516.3782 ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด จึงเป็นตัวแบบที่เหมาะสม โดยให้ค่า MSE = 21,071.4125



รูปที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม
โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบค่า MSE ของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของอนุกรมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

| วิธีพยากรณ์ | MSE |
|---|----------------------------|
| 1.วิธีแยกส่วนประกอบ - วิธีตัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบบวก - วิธีตัดส่วนกับแนวโน้มสำหรับรูปแบบคูณ | 51,764.8971 52,293.6673 |
| 2.วิธีการปรับให้เรียบ - วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก - วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ | 35,039.9017 24,998.7931 |
| 3.วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 21,071.4175 |

จากตารางที่ 4.13 พบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด คือ 21,071.4125 ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม

4.4 สรุปผลการวิเคราะห์

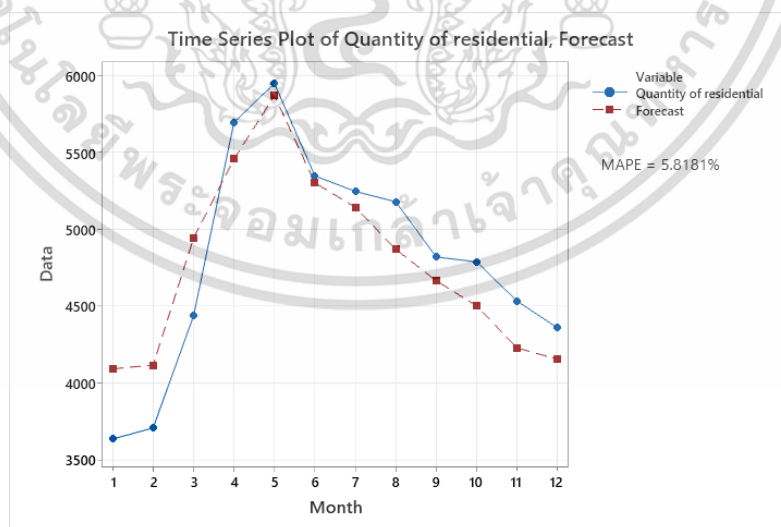
4.4.1 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคครัวเรือน จากการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 120 ค่า โดยมีค่า MSE เท่ากับ 18,453.3467 ได้ตัวแบบคือ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 & 1.7081Y_{120} - 0.9819Y_{118+l} + 0.7732Y_{108+l} - 1.3207Y_{107+l} \\
 & + 0.9819Y_{106+l} - 0.2042Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} - 0.2034Y_{94+l} \\
 & + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} - Y_{108+l} + 85.8561 \\
 & - 0.7673e_{108+l} + 0.3447e_{120} - 0.2645e_{109+l} + 0.5159e_{118+l} \\
 & - 0.3959e_{106+l} - 1.065e_{117+l} + 0.8172e_{105+l} \quad \text{สำหรับ } l = 1 \\
 \\
 & 1.7081\hat{Y}_{120}(l-1) - 0.9819Y_{120} + 0.7732Y_{108+l} - 1.3207Y_{107+l} \\
 & + 0.9819Y_{106+l} - 0.2072Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} - 0.2034Y_{94+l} \\
 & + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} - Y_{108+l} + 85.8561 \\
 & - 0.7673e_{108+l} + 0.2645e_{107+l} + 0.5159e_{120} - 0.3959e_{106+l} \\
 & - 1.065e_{117+l} + 0.8172e_{105+l} \quad \text{สำหรับ } l = 2 \\
 \\
 & 1.7081\hat{Y}_{120}(l-1) + 0.9819\hat{Y}_{120}(l-2) - 0.7732Y_{108+l} \\
 & + 1.3207Y_{107+l} + 0.9819Y_{106+l} - 0.2072Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} \\
 & - 0.2034Y_{94+l} + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} \\
 & - Y_{108+l} + 85.8561 - 0.7673e_{108+l} - 0.2645e_{107+l} \\
 & - 0.3959e_{106+l} - 1.065e_{120} + 0.8172e_{105+l} \quad \text{สำหรับ } l = 3 \\
 \\
 & 1.7081\hat{Y}_{120}(l-1) + 0.9819\hat{Y}_{120}(l-2) - 0.7732Y_{108+l} \\
 & + 1.3207Y_{107+l} + 0.9819Y_{106+l} - 0.2072Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} \\
 & - 0.2034Y_{94+l} + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} \\
 & - Y_{108+l} + 85.8561 - 0.7673e_{108+l} - 0.2645e_{107+l} \\
 & - 0.3959e_{106+l} + 0.8172e_{105+l} \quad \text{สำหรับ } l \geq 4
 \end{aligned}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้ จะนำมาพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565) ซึ่งได้กับค่า MAPE เท่ากับ 8.3973% แสดงว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์แตกต่างกัน 5.8181% ดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน

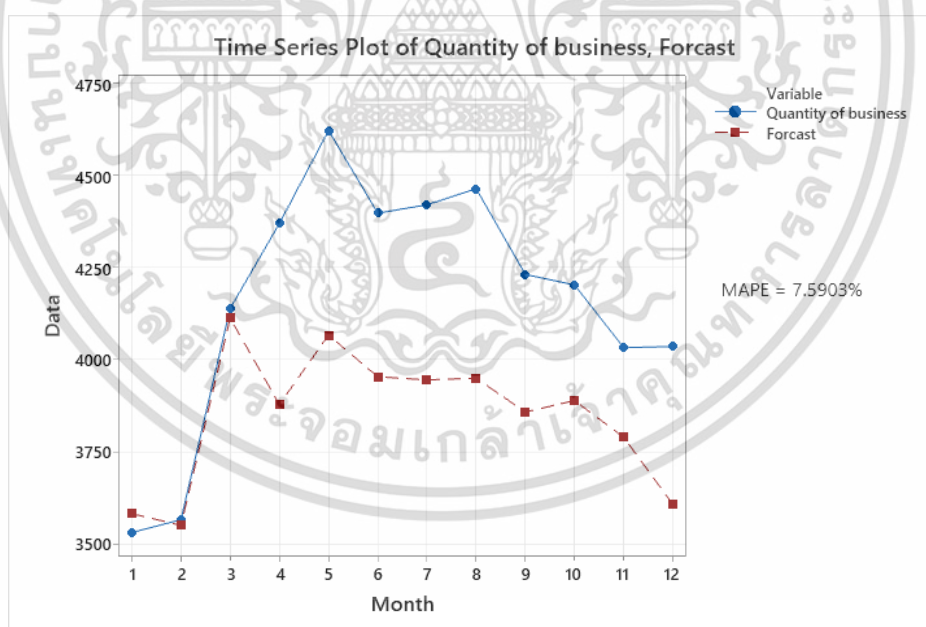
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน และค่าพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า โดยวิธีวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคธุรกิจ จากการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 120 ค่า โดยมีค่า MSE เท่ากับ 19,915.5085 ได้ตัวแบบ คือ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120}(l) = \begin{cases} Y_{120} + 0.707Y_{108+l} - 0.707Y_{107+l} + 0.293Y_{96+l} - 0.293Y_{95+l} - 0.8112\varepsilon_{108+l} & \text{สำหรับ } l = 1 \\ \hat{Y}_{120}(l-1) + 0.707Y_{108-l} - 0.707Y_{107+l} + 0.293Y_{96+l} - 0.293Y_{95+l} - 0.8112\varepsilon_{108+l} & \text{สำหรับ } l \geq 2 \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้ จะนำมาพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565) ซึ่งได้กับค่า MAPE เท่ากับ 11.6778% แสดงว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์แตกต่างกัน 7.5903% ดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ และค่าพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า โดยวิธีวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

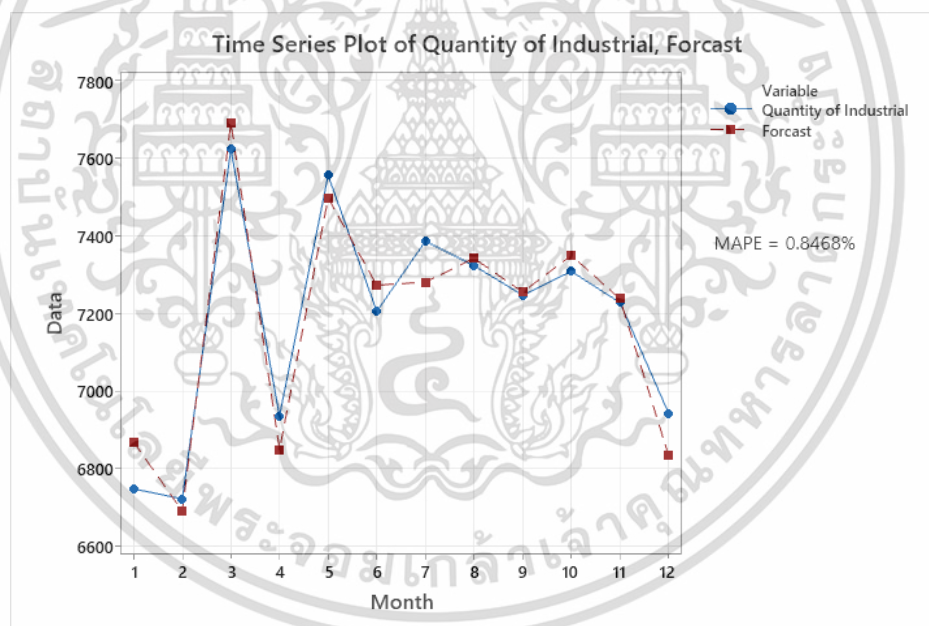
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคธุรกิจ จากการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 120 ค่า โดยมีค่า MSE เท่ากับ 21,071.4175 ได้ตัวแบบ คือ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120}(l) = \begin{cases} Y_{120} + Y_{108+l} - Y_{107+l} - 0.8743e_{108+l} & \text{สำหรับ } l = 1 \\ \hat{Y}_{120}(l-1) + Y_{108+l} - Y_{107+l} - 0.8743e_{108+l} & \text{สำหรับ } l \geq 2 \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้ จะนำมาพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565) ซึ่งได้กับค่า MAPE เท่ากับ 2.1369% แสดงว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์แตกต่างกัน 0.8468% ดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม และค่าพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า โดยวิธีวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 สรุปวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละภาคเศรษฐกิจ

| อนุกรมเวลา | วิธีการพยากรณ์ | MSE | MAPE |
|---|---|-------------|---------|
| อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน | วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ | 18,453.3467 | 5.8181% |
| อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ | วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ | 19,915.5085 | 7.5903% |
| อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม | วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ | 21,071.4175 | 0.8468% |

จากตารางที่ 4.14 สรุปได้ว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน ซึ่งมีค่า MAPE เท่ากับ 5.8181% วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ ซึ่งมีค่า MAPE เท่ากับ 7.5903% วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีค่า MAPE เท่ากับ 0.8468%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ และหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยซึ่งใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการเก็บรวบรวมรายเดือนของกระทรวงพลังงาน ระยะเวลาระยะเวลา 11 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ใช้สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยใช้ค่าเฉลี่ยความคลื่อนกำลังสอง (MSE) น้อยที่สุดเป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม และทำการตรวจสอบประสิทธิภาพความถูกต้อง แม่นยำ ของตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) หากตัวแบบที่ได้มีความแม่นยำในการพยากรณ์มาก ค่า MAPE จะต้องมีค่าต่ำที่สุด

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธีแยกส่วนประกอบวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ผู้วิจัยได้ทำเลือกวิธีสำหรับสร้างตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจากค่าเฉลี่ยความคลื่อนกำลังสอง (MSE) น้อยที่สุดเป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม และใช้เปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ในการแสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ในรูปแบบที่เป็นค่าร้อยละ พบว่าที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคครัวเรือน โดยมีค่า MSE เท่ากับ 18,453.3467 ได้ตัวแบบ คือ $ARIMA(2, 0, 3) \times SARIMA(2, 1, 1)_{12}$ ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & 1.7081Y_{120} - 0.9819Y_{118+l} + 0.7732Y_{108+l} - 1.3207Y_{107+l} \\
 & + 0.9819Y_{106+l} - 0.2042Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} - 0.2034Y_{94+l} \\
 & + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} - Y_{108+l} + 85.8561 \\
 & - 0.7673e_{108+l} + 0.3447e_{120} - 0.2645e_{109+l} + 0.5159e_{118+l} \\
 & - 0.3959e_{106+l} - 1.065e_{117+l} + 0.8172e_{105+l}
 \end{aligned} \right\} \text{สำหรับ } l = 1 \\
 & \left. \begin{aligned}
 & 1.7081\hat{Y}_{120}(l-1) - 0.9819Y_{120} + 0.7732Y_{108+l} - 1.3207Y_{107+l} \\
 & + 0.9819Y_{106+l} - 0.2072Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} - 0.2034Y_{94+l} \\
 & + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} - Y_{108+l} + 85.8561 \\
 & - 0.7673e_{108+l} + 0.2645e_{107+l} + 0.5159e_{120} - 0.3959e_{106+l} \\
 & - 1.065e_{117+l} + 0.8172e_{105+l}
 \end{aligned} \right\} \text{สำหรับ } l = 2 \\
 & \left. \begin{aligned}
 & 1.7081\hat{Y}_{120}(l-1) + 0.9819\hat{Y}_{120}(l-2) - 0.7732Y_{108+l} \\
 & + 1.3207Y_{107+l} + 0.9819Y_{106+l} - 0.2072Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} \\
 & - 0.2034Y_{94+l} + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} \\
 & - Y_{108+l} + 85.8561 - 0.7673e_{108+l} - 0.2645e_{107+l} \\
 & - 0.3959e_{106+l} - 1.065e_{120} + 0.8172e_{105+l}
 \end{aligned} \right\} \text{สำหรับ } l = 3 \\
 & \left. \begin{aligned}
 & 1.7081\hat{Y}_{120}(l-1) + 0.9819\hat{Y}_{120}(l-2) - 0.7732Y_{108+l} \\
 & + 1.3207Y_{107+l} + 0.9819Y_{106+l} - 0.2072Y_{96+l} + 0.3539Y_{95+l} \\
 & - 0.2034Y_{94+l} + 0.434Y_{84+l} - 0.7413Y_{83+l} + 0.4261Y_{82+l} \\
 & - Y_{108+l} + 85.8561 - 0.7673e_{108+l} - 0.2645e_{107+l} \\
 & - 0.3959e_{106+l} + 0.8172e_{105+l}
 \end{aligned} \right\} \text{สำหรับ } l \geq 4
 \end{aligned}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้ จะนำมาพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565) ซึ่งได้กับค่า MAPE เท่ากับ 5.8181% แสดงว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์แตกต่างกัน 5.8181%

5.1.2 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคธุรกิจ โดยมีค่า MSE เท่ากับ 19,915.5085 ได้ตัวแบบ คือ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120}(l) = \begin{cases} Y_{120} + 0.707Y_{108+l} - 0.707Y_{107+l} & \text{สำหรับ } l = 1 \\ +0.293Y_{96+l} - 0.293Y_{95+l} - 0.8112\varepsilon_{108+l} & \\ \hat{Y}_{120}(l-1) + 0.707Y_{108-l} - 0.707Y_{107+l} & \text{สำหรับ } l \geq 2 \\ +0.293Y_{96+l} - 0.293Y_{95+l} - 0.8112\varepsilon_{108+l} & \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้ จะนำมาพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565) ซึ่งได้กับค่า MAPE เท่ากับ 7.5903% แสดงว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์แตกต่างกัน 7.5903%

5.1.3 อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของภาคธุรกิจ โดยมีค่า MSE เท่ากับ 21,071.4175 ได้ตัวแบบ คือ $ARIMA(0, 1, 0) \times SARIMA(0, 1, 1)_{12}$ ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{120}(l) = \begin{cases} Y_{120} + Y_{108+l} - Y_{107+l} - 0.8743e_{108+l} & \text{สำหรับ } l = 1 \\ \hat{Y}_{120}(l-1) + Y_{108+l} - Y_{107+l} - 0.8743e_{108+l} & \text{สำหรับ } l \geq 2 \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้ จะนำมาพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูล 12 เดือนสุดท้าย (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565) ซึ่งได้กับค่า MAPE เท่ากับ 0.8468% แสดงว่าค่าจริงกับค่าพยากรณ์แตกต่างกัน 0.8468%

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลข้างต้น พบว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม จึงสามารถนำสมการพยากรณ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ได้

ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาเท่านั้น ในอนาคตควรเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า เช่น อุตสาหกรรมที่เจริญก้าวหน้ามีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น การพัฒนาเศรษฐกิจที่ทำให้มีการเพิ่มจำนวนประชากรและผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงในวัฒนธรรมการใช้พลังงาน และนโยบายของรัฐบาลเกี่ยวกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ไม่ว่าการใช้พลังงาน ยั่งยืน ที่มีให้เห็นในปัจจุบัน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์, ศรีนัย ต้นวัฒนพงษ์, ธนาศักดิ์ ช่างกระโทก และ อัจฉรา ชินนิยมพาณิชย์.

2565. **ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย. ใน การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ และนานาชาติ ครั้งที่ 13, มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่, 607-622.**

เฉลิมพล จตุพร. 2560. **การพยากรณ์ทางอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) สาขาเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช**

ณัฐนรี พรหมสมัย, สุชานันท์ สืบสิงห์ และสุวิมล เพิ่มพูน. 2565. **การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกอุปกรณ์ประกอบอาหารที่ใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านอื่น ๆ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง**

ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. **การพยากรณ์เชิงปริมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

ธนวัฒน์ ศรีเวทย์บดี, พรธีรา เต็มแป้น และพิรดา โพธิ์ศิริ. 2565. **การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น และเครื่องใช้ไฟฟ้า. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง**

นรินทร์ ต้นไพบูลย์. 2564. **แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-2565: ธุรกิจผลิตไฟฟ้า (Online).** <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industryoutlook/energy-utilities/power-generation/io/io-power-generation-20>, 30 ก.ย. 2566.

ลัดดา วัฒนพงษ์กุล. 2559. **การแปลงข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ (Online)** https://stat.mju.ac.th/government/25610410092336_stat2/Doc_25620819181157_44530.pdf

ศศิประภา ตาลยงค์. 2560. **การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบวินเทอร์ ตัวแบบอาร์มา และตัวแบบวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอาร์มา. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์) สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.**

สมศรี บัณฑิตวิไล. 2565. **“เอกสารประกอบการเรียน วิชาอนุกรมเวลา” ภาคสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2566. **รายงานภาพรวมพลังงานรายเดือน รายงานการวิจัยกระทรวงพลังงาน.**

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2565. **สถานการณ์พลังงานปี 2565.**

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2554. **พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์โดยสำนักงานราชบัณฑิตยสภา. อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- Akaike, H. 1973. **Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle**. International Symposium on Information Theory. 2 nded.Peteov B.N. and CsakiF.. Budapest: AkademiaKiado.
- Anderson, T.W. and Darling, D.A. 1925. **A test of goodness-of-fit**. Journal of the American Statistical Association,49: 765-769
- Blockdit. 2566. **ค่าไฟเกษตร กับ ค่าไฟครัวเรือน ต่างกันอย่างไร รวมถึงวิธีการขอใช้ที่แตกต่างกัน** (Online) <https://www.blockdit.com/posts/642587cd47a1db78f69ad90d>, 4 ต.ค. 2566.
- Investing. 2561. **กิโลวัตต์ เมกะวัตต์ กิกะวัตต์ ศัพท์ต้องรู้หากอยากลงทุนในหุ้นโรงไฟฟ้า** (Online). <https://www.investing.in.th/content/15092>, 30 ก.ย. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

- ตารางที่ ก.1 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565
- ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565
- ตารางที่ ก.3 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

(หน่วย : กิกะวัตต์)

| เดือน | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม |
|-------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 2556 | 2804.745 | 2764.096 | 3257.107 | 3565.731 | 3707.832 | 3295.578 | 3211.282 | 3187.020 | 3077.838 | 3113.258 | 2983.608 | 2689.280 |
| 2557 | 2486.838 | 2537.361 | 3268.859 | 3586.315 | 3902.804 | 3631.315 | 3496.072 | 3379.310 | 3237.780 | 3302.688 | 3182.617 | 2981.211 |
| 2558 | 2676.064 | 2681.488 | 3477.804 | 3609.565 | 3983.259 | 3865.126 | 3726.167 | 3551.354 | 3468.794 | 3457.301 | 3453.723 | 3335.208 |
| 2559 | 3213.484 | 2927.029 | 3671.314 | 4194.852 | 4571.439 | 3873.825 | 3704.841 | 3835.341 | 3649.349 | 3629.402 | 3421.381 | 3240.092 |
| 2560 | 3244.466 | 3024.713 | 3797.355 | 4004.230 | 4210.430 | 3908.256 | 3843.408 | 3946.096 | 3851.497 | 3763.823 | 3459.148 | 3320.536 |
| 2561 | 3100.760 | 3131.078 | 3846.268 | 3975.964 | 4166.781 | 4007.245 | 3995.065 | 3895.297 | 3730.239 | 3981.223 | 3730.484 | 3644.477 |
| 2562 | 3555.909 | 3533.688 | 4255.705 | 4697.312 | 4996.433 | 4357.264 | 4358.018 | 4180.994 | 3870.763 | 4113.422 | 3849.875 | 3432.523 |
| 2563 | 3858.206 | 3731.905 | 4430.198 | 4969.138 | 5533.814 | 4983.662 | 4838.388 | 4551.323 | 4490.628 | 3994.022 | 3745.951 | 3733.148 |
| 2564 | 3481.642 | 3571.309 | 4508.140 | 4858.155 | 5319.709 | 5246.039 | 5090.285 | 5045.987 | 4572.096 | 4578.188 | 4247.710 | 3771.217 |
| 2565 | 4012.484 | 3944.946 | 4708.970 | 4882.417 | 5011.734 | 4901.178 | 4832.738 | 4707.077 | 4420.568 | 4175.219 | 4153.114 | 3987.602 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

(หน่วย : กิกะวัตต์)

| เดือน | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม |
|-------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 2556 | 3054.077 | 3000.698 | 3388.938 | 3321.289 | 3558.961 | 3347.598 | 3327.705 | 3384.207 | 3253.266 | 3228.099 | 3206.275 | 2802.381 |
| 2557 | 2760.790 | 2856.810 | 3432.110 | 3433.041 | 3661.827 | 3523.786 | 3495.580 | 3498.216 | 3429.542 | 3393.598 | 3380.630 | 3159.944 |
| 2558 | 2974.251 | 3034.011 | 3644.190 | 3518.949 | 3854.943 | 3732.041 | 3757.354 | 3677.136 | 3604.653 | 3569.827 | 3602.607 | 3495.720 |
| 2559 | 3414.011 | 3242.853 | 3873.269 | 3928.139 | 4125.320 | 3805.787 | 3759.857 | 3931.388 | 3743.535 | 3716.089 | 3654.683 | 3444.049 |
| 2560 | 3436.125 | 3282.808 | 3964.585 | 3810.066 | 4029.298 | 3939.045 | 3863.411 | 4034.223 | 3930.616 | 3748.487 | 3628.806 | 3432.551 |
| 2561 | 3518.658 | 3412.153 | 4046.506 | 3836.987 | 4103.469 | 4034.247 | 4028.026 | 4025.886 | 3959.844 | 4016.144 | 3927.907 | 3853.776 |
| 2562 | 3776.967 | 3770.498 | 4297.801 | 4334.788 | 4501.197 | 4254.704 | 4245.578 | 4219.056 | 3990.006 | 4161.362 | 3917.548 | 3658.818 |
| 2563 | 4029.257 | 3806.605 | 3995.048 | 3245.034 | 3454.796 | 3525.568 | 3810.516 | 3848.757 | 3802.496 | 3600.754 | 3470.454 | 3360.533 |
| 2564 | 2977.030 | 3109.926 | 3916.952 | 3607.306 | 3659.114 | 3672.991 | 3494.760 | 3386.146 | 3347.957 | 3538.178 | 3506.420 | 3312.089 |
| 2565 | 3438.848 | 3300.800 | 3956.744 | 3775.709 | 3967.736 | 4094.929 | 4111.229 | 4143.127 | 3995.902 | 3804.060 | 3850.683 | 3653.840 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

(หน่วย : กิกะวัตต์)

| เดือน | มกราคม | กุมภาพันธ์ | มีนาคม | เมษายน | พฤษภาคม | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม |
|-------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 2556 | 6554.826 | 6306.849 | 7303.433 | 6368.943 | 7149.247 | 6928.633 | 6907.481 | 6954.445 | 6859.479 | 6904.199 | 6766.574 | 6183.749 |
| 2557 | 6264.343 | 6216.792 | 7273.336 | 6452.831 | 7317.393 | 7097.105 | 7114.247 | 7108.585 | 7055.039 | 7142.389 | 7010.970 | 6571.343 |
| 2558 | 6554.409 | 6438.285 | 7422.426 | 6541.207 | 7431.325 | 7183.986 | 7183.826 | 7029.648 | 7080.364 | 7231.751 | 7055.646 | 6830.831 |
| 2559 | 6830.143 | 6695.786 | 7636.449 | 6893.849 | 7696.322 | 7313.705 | 7246.267 | 7403.237 | 7362.334 | 7487.899 | 7317.937 | 6994.246 |
| 2560 | 6832.871 | 6728.151 | 7821.600 | 6854.728 | 7649.289 | 7412.130 | 7425.786 | 7673.399 | 7624.273 | 7401.454 | 7368.920 | 6979.380 |
| 2561 | 7053.106 | 6722.684 | 7785.426 | 6812.903 | 7590.873 | 7505.595 | 7439.042 | 7615.688 | 7438.873 | 7568.254 | 7352.738 | 6943.796 |
| 2562 | 6976.915 | 6731.370 | 7758.873 | 6941.658 | 7625.768 | 7361.145 | 7310.301 | 7386.913 | 7103.933 | 7251.837 | 7079.179 | 6576.088 |
| 2563 | 6906.195 | 6918.802 | 7404.835 | 6474.511 | 6483.135 | 6409.959 | 6721.325 | 6955.366 | 6997.149 | 7096.711 | 7040.832 | 6749.169 |
| 2564 | 6828.606 | 6586.127 | 7742.978 | 6998.310 | 7585.829 | 7340.002 | 7240.317 | 7159.448 | 7175.091 | 7457.085 | 7345.844 | 6967.478 |
| 2565 | 7093.966 | 6868.619 | 7949.101 | 7195.073 | 7836.708 | 7559.109 | 7635.906 | 7666.282 | 7373.524 | 7289.194 | 7298.377 | 6797.596 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข. ชุดคำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ข.1 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิงของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรมใช้โปรแกรมpython

```
df1 = df['Quantity of residentia']
andTest = anderson(df1)
print(f'Anderson-Darling statistic: {andTest.statistic:.4f}')

AD, _, _ = anderson(df1)
ADAdj = AD * (1+(.75 / df1.shape[0])+ 2.25 / (df1.shape[0]**2))

# Apply with condition
if ADAdj >= 0.6:
    pValue = np.exp(1.2937 - 5.709 * ADAdj + 0.0186 * np.power(ADAdj, 2))
elif ADAdj >= 0.34:
    pValue = np.exp(0.9177 - 4.279 * ADAdj - 1.38 * np.power(ADAdj, 2))
elif ADAdj > 0.2:
    pValue = 1 - np.exp(-8.318 + 42.796 * ADAdj - 59.938 * np.power(ADAdj, 2))
else:
    pValue = 1 - np.exp(-13.436 + 101.14 * ADAdj - 223.73 * np.power(ADAdj, 2))

print(f'Anderson-Darling p-value: {pValue:.4f}')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

df1 = df['Quantity of business']
andTest = anderson(df1)
print(f'Anderson-Darling statistic: {andTest.statistic:.4f}')

AD, _, _ = anderson(df1)
ADAdj = AD * (1+(.75 / df1.shape[0])+ 2.25 / (df1.shape[0]**2))

# Apply with condition
if ADAdj >= 0.6:
    pValue = np.exp(1.2937 - 5.709 * ADAdj + 0.0186 * np.power(ADAdj, 2))
elif ADAdj >= 0.34:
    pValue = np.exp(0.9177 - 4.279 * ADAdj - 1.38 * np.power(ADAdj, 2))
elif ADAdj > 0.2:
    pValue = 1 - np.exp(-8.318 + 42.796 * ADAdj - 59.938 * np.power(ADAdj, 2))
else:
    pValue = 1 - np.exp(-13.436 + 101.14 * ADAdj - 223.73 * np.power(ADAdj, 2))

print(f'Anderson-Darling p-value: {pValue:.4f}')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

df1 = df['Quantity of Industria']
andTest = anderson(df1)
print(f'Anderson-Darling statistic: {andTest.statistic:.4f}')

AD, _, _ = anderson(df1)
ADAdj = AD * (1+(.75 / df1.shape[0])+ 2.25 / (df1.shape[0]**2))

# Apply with condition
if ADAdj >= 0.6:
    pValue = np.exp(1.2937 - 5.709 * ADAdj + 0.0186 * np.power(ADAdj, 2))
elif ADAdj >= 0.34:
    pValue = np.exp(0.9177 - 4.279 * ADAdj - 1.38 * np.power(ADAdj, 2))
elif ADAdj > 0.2:
    pValue = 1 - np.exp(-8.318 + 42.796 * ADAdj - 59.938 * np.power(ADAdj, 2))
else:
    pValue = 1 - np.exp(-13.436 + 101.14 * ADAdj - 223.73 * np.power(ADAdj, 2))

print(f'Anderson-Darling p-value: {pValue:.4f}')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน
โดยใช้โปรแกรมpython

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_percentage_error

from google.colab import files
uploaded = files.upload()
# โหลดข้อมูลจากไฟล์ Excel
file_path = 'Residential.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)
# ตรวจสอบข้อมูล
print(df.head())
# แบ่งข้อมูลเป็น train และ test set
train_size = int(len(df) * 0.8)
train, test = df[:train_size], df[train_size:]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.3 ชุดคำสั่งที่ใช้วิธี Holt-Winters Exponential Smoothing แบบบวก
ของภาคครัวเรือน

```
# ใช้ Holt-Winters Exponential Smoothing
model = ExponentialSmoothing(df['Quantity of residential'], trend='add',
seasonal='add', seasonal_periods=12)
fit_model = model.fit()
# ทำนายข้อมูล test set
predictions = fit_model.forecast(len(test))
# พล็อตกราฟ
plt.plot(train['Quantity of residential'], label='Train')
plt.plot(range(train_size, len(df)), test['Quantity of residential'], label='Test')
plt.plot(range(train_size, len(df)), predictions, label='Prediction')
plt.legend()
plt.show()
```

ภาคผนวก ข.4 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Squared Error (MSE) ของภาคครัวเรือน

```
# คำนวณ Mean Squared Error (MSE)
mse = mean_squared_error(test['Quantity of residential'], predictions)
print(f'Mean Squared Error (MSE): {mse}')
# Display the summary of the model
print(fit_model1.summary())
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.5 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
ของภาคครัวเรือน

```
# Actual and forecasted values
actual_values = np.array([3638.382593, 3710.316258, 4438.402385, 5696.785092,
5949.33389, 5348.684452, 5247.948851, 3657.167025, 4821.579518, 4789.460641,
4534.802088])
forecasted_values = np.array([3922.89439, 3840.878676, 4540.487738, 4846.746558,
5130.452247, 4786.953772, 4704.045776, 4624.921446, 4445.630148, 4443.14098,
4260.147408])
# Calculate Absolute Percentage Error (APE)
ape = np.abs(actual_values - forecasted_values) / actual_values * 100
# Calculate Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
mape = np.mean(ape)
# Plotting the actual vs. forecasted values
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(actual_values, label='Actual Values', marker='o')
plt.plot(forecasted_values, label='Forecasted Values', marker='o')
plt.title('Actual vs. Forecasted Values')
plt.xlabel('Time Period')
plt.ylabel('Values')
plt.legend()
plt.show()
print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.6 ชุดคำสั่งที่ใช้วิธี Holt-Winters Exponential Smoothing แบบคูณ
ของภาคครัวเรือน

```
# ใช้ Holt-Winters Exponential Smoothing
model2 = ExponentialSmoothing(df['Quantity of residential'], trend='mul',
seasonal='mul', seasonal_periods=12)
fit_model2 = model2.fit()
# ทำนายข้อมูล test set
predictions = fit_model2.forecast(len(test))
# พล็อตกราฟ
plt.plot(train['Quantity of residential'], label='Train')
plt.plot(range(train_size, len(df)), test['Quantity of residential'], label='Test')
plt.plot(range(train_size, len(df)), predictions, label='Prediction')
plt.legend()
plt.show()
```

ภาคผนวก ข.7 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Squared Error (MSE) ของภาคครัวเรือน

```
# คำนวณ Mean Squared Error (MSE)
mse = mean_squared_error(test['Quantity of residential'], predictions)
print(f'Mean Squared Error (MSE): {mse}')
print(fit_model2.summary())
```

ภาคผนวก ข.8 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
ของภาคครัวเรือน

```
# Actual and forecasted values
actual_values = np.array([3638.382593, 3710.316258, 4438.402385, 5696.785092,
5949.33389, 5348.684452, 5247.948851, 3657.167025, 4821.579518, 4789.460641,
4534.802088])
forecasted_values = np.array([3859.415312, 3708.183987, 4579.792792, 4969.263537,
5371.499789, 4990.183159, 4829.514075, 4726.223932, 4527.219825, 4543.055927,
4382.278682])
# Calculate Absolute Percentage Error (APE)
ape = np.abs((actual_values - forecasted_values) / actual_values) * 100
# Calculate Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
mape = np.mean(ape)
# Plotting the actual vs. forecasted values
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(actual_values, label='Actual Values', marker='o')
plt.plot(forecasted_values, label='Forecasted Values', marker='o')
plt.title('Actual vs. Forecasted Values')
plt.xlabel('Time Period')
plt.ylabel('Values')
plt.legend()
plt.show()
print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.9 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจ
โดยใช้โปรแกรมpython

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_percentage_error

from google.colab import files
uploaded = files.upload()
# โหลดข้อมูลจากไฟล์ Excel
file_path = 'Business.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)
# ตรวจสอบข้อมูล
print(df.head())
# แบ่งข้อมูลเป็น train และ test set
train_size = int(len(df) * 0.8)
train, test = df[:train_size], df[train_size:]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.10 ชุดคำสั่งที่ใช้วิธี Holt-Winters Exponential Smoothing แบบบวก ของภาคธุรกิจ

```
# ใช้ Holt-Winters Exponential Smoothing
model = ExponentialSmoothing(df['Quantity of business'], trend='add',
seasonal='add', seasonal_periods=12)
fit_model = model.fit()
# ทำนายข้อมูล test set
predictions = fit_model.forecast(len(test))
# พล็อตกราฟ
plt.plot(train['Quantity of business'], label='Train')
plt.plot(range(train_size, len(df)), test['Quantity of business'], label='Test')
plt.plot(range(train_size, len(df)), predictions, label='Prediction')
plt.legend()
plt.show()
```

ภาคผนวก ข.11 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Squared Error (MSE) ของภาคธุรกิจ

```
# คำนวณ Mean Squared Error (MSE)
mse = mean_squared_error(test['Quantity of business'], predictions)
print(f'Mean Squared Error (MSE): {mse}')
# Display the summary of the model
print(fit_model1.summary())
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.12 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ของ
ภาคธุรกิจ

```
# Actual and forecasted values
actual_values = np.array([3532.194441, 3566.974552, 4140.312807, 4371.092645,
4623.624741, 4399.341496, 4421.824505, 2476.793977, 4232.861418, 4204.269007,
4034.057384])

forecasted_values = np.array([3650.727505, 3610.763511, 4170.66028, 4005.058722,
4225.748005, 4134.134946, 4143.205764, 4173.069532, 4054.136794, 4007.967684,
3954.784556])

# Calculate Absolute Percentage Error (APE)
ape = np.abs((actual_values - forecasted_values) / actual_values) * 100
# Calculate Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
mape = np.mean(ape)
# Plotting the actual vs. forecasted values
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(actual_values, label='Actual Values', marker='o')
plt.plot(forecasted_values, label='Forecasted Values', marker='o')
plt.title('Actual vs. Forecasted Values')
plt.xlabel('Time Period')
plt.ylabel('Values')
plt.legend()
plt.show()
print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.13 ชุดคำสั่งที่ใช้วิธี Holt-Winters Exponential Smoothing แบบคูณ ของภาคธุรกิจ

```
# ใช้ Holt-Winters Exponential Smoothing
model2 = ExponentialSmoothing(df['Quantity of business!'], trend='mul',
seasonal='mul', seasonal_periods=12)
fit_model2 = model2.fit()
# ทำนายข้อมูล test set
predictions = fit_model2.forecast(len(test))
# พล็อตกราฟ
plt.plot(train['Quantity of business!'], label='Train')
plt.plot(range(train_size, len(df)), test['Quantity of business!'], label='Test')
plt.plot(range(train_size, len(df)), predictions, label='Prediction')
plt.legend()
plt.show()
```

ภาคผนวก ข.14 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Squared Error (MSE) ของภาคธุรกิจ

```
# คำนวณ Mean Squared Error (MSE)
mse = mean_squared_error(test['Quantity of business!'], predictions)
print(f'Mean Squared Error (MSE): {mse}')
print(fit_model2.summary())
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.15 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
ของภาคธุรกิจ

```
# Actual and forecasted values
actual_values = np.array([3532.194441, 3566.974552, 4140.312807, 4371.092645,
4623.624741, 4399.341496, 4421.824505, 2476.793977, 4232.861418, 4204.269007,
4034.057384])
forecasted_values = np.array([3669.432027, 3625.787735, 4265.814989, 4101.023056,
4355.734705, 4245.930259, 4238.905863, 4267.939911, 4142.676159, 4118.035081,
4069.352239])

# Calculate Absolute Percentage Error (APE)
ape = np.abs((actual_values - forecasted_values) / actual_values) * 100
# Calculate Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
mape = np.mean(ape)
# Plotting the actual vs. forecasted values
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(actual_values, label='Actual Values', marker='o')
plt.plot(forecasted_values, label='Forecasted Values', marker='o')
plt.title('Actual vs. Forecasted Values')
plt.xlabel('Time Period')
plt.ylabel('Values')
plt.legend()
plt.show()
print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.16 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม
โดยใช้โปรแกรมpython

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_percentage_error

from google.colab import files
uploaded = files.upload()
# โหลดข้อมูลจากไฟล์ Excel
file_path = 'Industrial.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)
# ตรวจสอบข้อมูล
print(df.head())
# แบ่งข้อมูลเป็น train และ test set
train_size = int(len(df) * 0.8)
train, test = df[:train_size], df[train_size:]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.17 ชุดคำสั่งที่ใช้วิธี Holt-Winters Exponential Smoothing แบบบวก
ของภาคอุตสาหกรรม

```
# ใช้ Holt-Winters Exponential Smoothing
model = ExponentialSmoothing(df['Quantity of Industrial'], trend='add',
seasonal='add', seasonal_periods=12)
fit_model = model.fit()
# ทำนายข้อมูล test set
predictions = fit_model.forecast(len(test))
# พล็อตกราฟ
plt.plot(train['Quantity of Industrial'], label='Train')
plt.plot(range(train_size, len(df)), test['Quantity of Industrial'], label='Test')
plt.plot(range(train_size, len(df)), predictions, label='Prediction')
plt.legend()
plt.show()
```

ภาคผนวก ข.18 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Squared Error (MSE) ของภาคอุตสาหกรรม

```
# คำนวณ Mean Squared Error (MSE)
mse = mean_squared_error(test['Quantity of Industrial'], predictions)
print(f'Mean Squared Error (MSE): {mse}')
# Display the summary of the model
print(fit_model1.summary())
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.19 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
ของภาคอุตสาหกรรม

```
# Actual values # Forecasted values
actual_values = np.array([6749.218721, 6723.135158, 7623.288573, 6937.257988,
7556.280032, 7205.984797, 7386.974472, 6375.49033, 7247.76529, 7308.947469,
7228.846708])
forecasted_values = np.array([6859.260253, 6661.509352, 7655.979705,
6808.632843, 7480.678611, 7313.692660, 7334.824986, 7383.768945, 7274.943024,
7356.963838, 7235.061159])
# Calculate Absolute Percentage Error (APE)
ape = np.abs((actual_values - forecasted_values) / actual_values) * 100
# Calculate Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
mape = np.mean(ape)
# Plotting the actual vs. forecasted values
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(actual_values, label='Actual Values', marker='o')
plt.plot(forecasted_values, label='Forecasted Values', marker='o')
plt.title('Actual vs. Forecasted Values')
plt.xlabel('Time Period')
plt.ylabel('Values')
plt.legend()
plt.show()
print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.20 ชุดคำสั่งที่ใช้วิธี Holt-Winters Exponential Smoothing แบบคูณ
ของภาคอุตสาหกรรม

```
# ใช้ Holt-Winters Exponential Smoothing
model2 = ExponentialSmoothing(df['Quantity of Industrial'], trend='mul',
seasonal='mul', seasonal_periods=12)
fit_model2 = model2.fit()
# ทำนายข้อมูล test set
predictions = fit_model2.forecast(len(test))
# พล็อตกราฟ
plt.plot(train['Quantity of Industrial'], label='Train')
plt.plot(range(train_size, len(df)), test['Quantity of Industrial'], label='Test')
plt.plot(range(train_size, len(df)), predictions, label='Prediction')
plt.legend()
plt.show()
```

ภาคผนวก ข.21 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Squared Error (MSE) ของภาคอุตสาหกรรม

```
# คำนวณ Mean Squared Error (MSE)
mse = mean_squared_error(test['Quantity of Industrial'], predictions)
print(f'Mean Squared Error (MSE): {mse}')
print(fit_model2.summary())
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.22 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

ของภาคอุตสาหกรรม

```
# Actual values # Forecasted values
actual_values = np.array([6749.218721, 6723.135158, 7623.288573, 6937.257988,
7556.280032, 7205.984797, 7386.974472, 6375.49033, 7247.76529, 7308.947469,
7228.846708])
forecasted_values = np.array([6889.013518, 6703.088518, 7712.320414, 6851.403252,
7505.505242, 7344.834625, 7380.881555, 7451.039408, 7362.478612, 7468.211368,
7371.264822])
# Calculate Absolute Percentage Error (APE)
ape = np.abs((actual_values - forecasted_values) / actual_values) * 100
# Calculate Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
mape = np.mean(ape)
# Plotting the actual vs. forecasted values
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(actual_values, label='Actual Values', marker='o')
plt.plot(forecasted_values, label='Forecasted Values', marker='o')
plt.title('Actual vs. Forecasted Values')
plt.xlabel('Time Period')
plt.ylabel('Values')
plt.legend()
plt.show()
print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

- ตารางที่ ค.1 การคำนวณค่า MAPE ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือน
โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์
- ตารางที่ ค.2 การคำนวณค่า MAPE ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ
โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์
- ตารางที่ ค.3 การคำนวณค่า MAPE ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรม
โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 การคำนวณค่า MAPE ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคครัวเรือนโดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

| ปี | เดือน | t | Y_t | $\hat{Y}_{t+p}(t)$ | e_t | $\left \frac{e_t}{Y_t} \right $ |
|------|-------|-----|----------|--------------------|---------|----------------------------------|
| 2566 | 1 | 121 | 3,638.38 | 4,094.62 | -456.24 | 0.1254 |
| | 2 | 122 | 3,710.32 | 4,119.31 | -408.99 | 0.1102 |
| | 3 | 123 | 4,438.40 | 4,943.44 | -505.04 | 0.1138 |
| | 4 | 124 | 5,696.79 | 5,458.13 | 238.66 | 0.0419 |
| | 5 | 125 | 5,949.33 | 5,869.86 | 79.47 | 0.0134 |
| | 6 | 126 | 5,348.68 | 5,302.88 | 45.80 | 0.0086 |
| | 7 | 127 | 5,247.95 | 5,144.60 | 103.35 | 0.0197 |
| | 8 | 128 | 5,180.27 | 4,871.00 | 309.27 | 0.0597 |
| | 9 | 129 | 4,821.58 | 4,667.38 | 154.20 | 0.0320 |
| | 10 | 130 | 4,789.46 | 4,503.39 | 286.07 | 0.0597 |
| | 11 | 131 | 4,534.80 | 4,230.21 | 304.59 | 0.0672 |
| | 12 | 132 | 4,360.23 | 4,156.73 | 203.50 | 0.0467 |
| | | | | | MAPE | 5.8181% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 การคำนวณค่า MAPE ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจโดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

| ปี | เดือน | t | Y_t | $\hat{Y}_{t+p}(t)$ | e_t | $\left \frac{e_t}{Y_t} \right $ |
|------|-------|-----|----------|--------------------|--------|----------------------------------|
| 2566 | 1 | 121 | 3,532.19 | 3,583.31 | -51.12 | 0.0145 |
| | 2 | 122 | 3,566.97 | 3,551.76 | 15.21 | 0.0043 |
| | 3 | 123 | 4,140.31 | 4,114.01 | 26.30 | 0.0064 |
| | 4 | 124 | 4,371.09 | 3,879.87 | 491.22 | 0.1124 |
| | 5 | 125 | 4,623.62 | 4,068.04 | 555.58 | 0.1202 |
| | 6 | 126 | 4,399.34 | 3,955.09 | 444.25 | 0.1010 |
| | 7 | 127 | 4,421.82 | 3,946.49 | 475.33 | 0.1075 |
| | 8 | 128 | 4,465.75 | 3,950.99 | 514.76 | 0.1153 |
| | 9 | 129 | 4,232.86 | 3,859.30 | 373.56 | 0.0883 |
| | 10 | 130 | 4,204.27 | 3,890.36 | 313.91 | 0.0747 |
| | 11 | 131 | 4,034.06 | 3,790.70 | 243.36 | 0.0603 |
| | 12 | 132 | 4,037.25 | 3,608.44 | 428.81 | 0.1062 |
| | | | | | MAPE | 7.5903 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 การคำนวณค่า MAPE ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคอุตสาหกรรมโดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

| ปี | เดือน | t | Y_t | $\hat{Y}_{t+p}(t)$ | e_t | $\left \frac{e_t}{Y_t} \right $ |
|------|-------|-----|----------|--------------------|---------|----------------------------------|
| 2566 | 1 | 121 | 6,749.22 | 6,869.81 | -120.59 | 0.0179 |
| | 2 | 122 | 6,723.14 | 6,691.90 | 31.24 | 0.0046 |
| | 3 | 123 | 7,623.29 | 7,691.42 | -68.13 | 0.0089 |
| | 4 | 124 | 6,937.26 | 6,850.38 | 86.88 | 0.0125 |
| | 5 | 125 | 7,556.28 | 7,498.25 | 58.03 | 0.0077 |
| | 6 | 126 | 7,205.98 | 7,273.39 | -67.41 | 0.0094 |
| | 7 | 127 | 7,386.97 | 7,281.70 | 105.27 | 0.0143 |
| | 8 | 128 | 7,323.83 | 7,342.76 | -18.93 | 0.0026 |
| | 9 | 129 | 7,247.77 | 7,255.72 | -7.95 | 0.0011 |
| | 10 | 130 | 7,308.95 | 7,350.19 | -41.24 | 0.0056 |
| | 11 | 131 | 7,228.85 | 7,238.52 | -9.67 | 0.0013 |
| | 12 | 132 | 6,944.07 | 6,835.10 | 108.97 | 0.0157 |
| | | | | | MAPE | 0.8468% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 ตารางการแจกแจงปรกติ

ตารางที่ ง.2 ตารางค่าวิกฤตการแจกแจงไคกำลังสอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

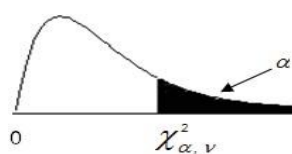
ตารางที่ ง.1 ตารางการแจกแจงปกติ



| z | .00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| .0 | 0.0000 | 0.0040 | 0.0080 | 0.0120 | 0.0160 | 0.0199 | 0.0239 | 0.0279 | 0.0319 | 0.0359 |
| .1 | 0.0398 | 0.0438 | 0.0478 | 0.0517 | 0.0557 | 0.0596 | 0.0636 | 0.0675 | 0.0714 | 0.0753 |
| .2 | 0.0793 | 0.0832 | 0.0871 | 0.0910 | 0.0948 | 0.0987 | 0.1026 | 0.1064 | 0.1103 | 0.1141 |
| .3 | 0.1179 | 0.1217 | 0.1255 | 0.1293 | 0.1331 | 0.1368 | 0.1406 | 0.1443 | 0.1480 | 0.1517 |
| .4 | 0.1554 | 0.1591 | 0.1628 | 0.1664 | 0.1700 | 0.1736 | 0.1772 | 0.1808 | 0.1844 | 0.1879 |
| .5 | 0.1915 | 0.1950 | 0.1985 | 0.2019 | 0.2054 | 0.2088 | 0.2123 | 0.2157 | 0.2190 | 0.2224 |
| .6 | 0.2257 | 0.2291 | 0.2324 | 0.2357 | 0.2389 | 0.2422 | 0.2454 | 0.2486 | 0.2517 | 0.2549 |
| .7 | 0.2580 | 0.2611 | 0.2642 | 0.2673 | 0.2704 | 0.2734 | 0.2764 | 0.2794 | 0.2823 | 0.2852 |
| .8 | 0.2881 | 0.2910 | 0.2939 | 0.2967 | 0.2995 | 0.3023 | 0.3051 | 0.3078 | 0.3106 | 0.3133 |
| .9 | 0.3159 | 0.3186 | 0.3212 | 0.3238 | 0.3264 | 0.3289 | 0.3315 | 0.3340 | 0.3365 | 0.3389 |
| 1.0 | 0.3413 | 0.3438 | 0.3461 | 0.3485 | 0.3508 | 0.3531 | 0.3554 | 0.3577 | 0.3599 | 0.3621 |
| 1.1 | 0.3643 | 0.3665 | 0.3686 | 0.3708 | 0.3729 | 0.3749 | 0.3770 | 0.3790 | 0.3810 | 0.3830 |
| 1.2 | 0.3849 | 0.3869 | 0.3888 | 0.3907 | 0.3925 | 0.3944 | 0.3962 | 0.3980 | 0.3997 | 0.4015 |
| 1.3 | 0.4032 | 0.4049 | 0.4066 | 0.4082 | 0.4099 | 0.4115 | 0.4131 | 0.4147 | 0.4162 | 0.4177 |
| 1.4 | 0.4192 | 0.4207 | 0.4222 | 0.4236 | 0.4251 | 0.4265 | 0.4279 | 0.4292 | 0.4306 | 0.4319 |
| 1.5 | 0.4332 | 0.4345 | 0.4357 | 0.4370 | 0.4382 | 0.4394 | 0.4406 | 0.4418 | 0.4429 | 0.4441 |
| 1.6 | 0.4452 | 0.4463 | 0.4474 | 0.4484 | 0.4495 | 0.4505 | 0.4515 | 0.4525 | 0.4532 | 0.4545 |
| 1.7 | 0.4554 | 0.4564 | 0.4573 | 0.4582 | 0.4591 | 0.4599 | 0.4608 | 0.4616 | 0.4625 | 0.4633 |
| 1.8 | 0.4641 | 0.4649 | 0.4656 | 0.4664 | 0.4671 | 0.4678 | 0.4686 | 0.4693 | 0.4699 | 0.4706 |
| 1.9 | 0.4713 | 0.4719 | 0.4726 | 0.4732 | 0.4738 | 0.4744 | 0.4750 | 0.4756 | 0.4761 | 0.4767 |
| 2.0 | 0.4772 | 0.4778 | 0.4783 | 0.4788 | 0.4793 | 0.4798 | 0.4803 | 0.4808 | 0.4812 | 0.4817 |
| 2.1 | 0.4821 | 0.4826 | 0.4830 | 0.4834 | 0.4838 | 0.4842 | 0.4846 | 0.4850 | 0.4854 | 0.4857 |
| 2.2 | 0.4861 | 0.4864 | 0.4868 | 0.4871 | 0.4875 | 0.4878 | 0.4881 | 0.4884 | 0.4887 | 0.4890 |
| 2.3 | 0.4893 | 0.4896 | 0.4898 | 0.4901 | 0.4904 | 0.4906 | 0.4909 | 0.4911 | 0.4913 | 0.4916 |
| 2.4 | 0.4918 | 0.4920 | 0.4922 | 0.4925 | 0.4927 | 0.4929 | 0.4931 | 0.4932 | 0.4934 | 0.4936 |
| 2.5 | 0.4938 | 0.4940 | 0.4941 | 0.4943 | 0.4945 | 0.4946 | 0.4948 | 0.4949 | 0.4951 | 0.4952 |
| 2.6 | 0.4953 | 0.4955 | 0.4956 | 0.4957 | 0.4959 | 0.4960 | 0.4961 | 0.4962 | 0.4963 | 0.4964 |
| 2.7 | 0.4965 | 0.4966 | 0.4967 | 0.4968 | 0.4969 | 0.4970 | 0.4971 | 0.4972 | 0.4973 | 0.4974 |
| 2.8 | 0.4974 | 0.4975 | 0.4976 | 0.4977 | 0.4977 | 0.4978 | 0.4979 | 0.4979 | 0.4980 | 0.4981 |
| 2.9 | 0.4981 | 0.4982 | 0.4982 | 0.4983 | 0.4984 | 0.4984 | 0.4985 | 0.4985 | 0.4986 | 0.4986 |
| 3.0 | 0.4987 | 0.4987 | 0.4987 | 0.4988 | 0.4988 | 0.4989 | 0.4989 | 0.4989 | 0.4990 | 0.4990 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ตารางค่าวิกฤตการแจกแจงไคกำลังสอง



| ν | $\chi^2_{.995}$ | $\chi^2_{.990}$ | $\chi^2_{.975}$ | $\chi^2_{.950}$ | $\chi^2_{.900}$ |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | .0000393 | .0001571 | .0009821 | .0039321 | .0157908 |
| 2 | .0100251 | .0201007 | .0506356 | .102587 | .210720 |
| 3 | .0717212 | .114832 | .215795 | .351846 | .584375 |
| 4 | .206990 | .297110 | .484419 | .710721 | 1.063623 |
| 5 | .411740 | .554300 | .831211 | 1.145476 | 1.61031 |
| 6 | .675727 | .872085 | 1.237347 | 1.63539 | 2.20413 |
| 7 | .989265 | 1.239043 | 1.68987 | 2.16735 | 2.83311 |
| 8 | 1.344419 | 1.646482 | 2.17973 | 2.73264 | 3.48954 |
| 9 | 1.734926 | 2.087912 | 2.70039 | 3.32511 | 4.16816 |
| 10 | 2.15585 | 2.55821 | 3.24697 | 3.94030 | 4.86518 |
| 11 | 2.60321 | 3.05347 | 3.81575 | 4.57481 | 5.57779 |
| 12 | 3.07382 | 3.57056 | 4.40379 | 5.22603 | 6.30380 |
| 13 | 3.56503 | 4.10691 | 5.00874 | 5.89186 | 7.04150 |
| 14 | 4.07468 | 4.66043 | 5.62872 | 6.57063 | 7.78953 |
| 15 | 4.60094 | 5.22935 | 6.26214 | 7.26094 | 8.54675 |
| 16 | 5.14224 | 5.81221 | 6.90766 | 7.96164 | 9.31223 |
| 17 | 5.69724 | 6.40776 | 7.56418 | 8.67176 | 10.0852 |
| 18 | 6.26481 | 7.01491 | 8.23075 | 9.39046 | 10.8649 |
| 19 | 6.84398 | 7.63273 | 8.90655 | 10.1170 | 11.6509 |
| 20 | 7.43386 | 8.26040 | 9.59083 | 10.8508 | 12.4426 |
| 21 | 8.03386 | 8.89720 | 10.28293 | 11.5913 | 13.2396 |
| 22 | 8.64272 | 9.54249 | 10.9823 | 12.3380 | 14.0415 |
| 23 | 9.26042 | 10.19567 | 11.6885 | 13.0905 | 14.8479 |
| 24 | 9.88623 | 10.8564 | 12.4011 | 13.8484 | 15.6587 |
| 25 | 10.5197 | 11.5240 | 13.1197 | 14.6114 | 16.4734 |
| 26 | 11.1603 | 12.1981 | 13.8439 | 15.3791 | 17.2919 |
| 27 | 11.8076 | 12.8786 | 14.5733 | 16.1513 | 18.1138 |
| 28 | 12.4613 | 13.5648 | 15.3079 | 16.9279 | 18.9392 |
| 29 | 13.1211 | 14.2565 | 16.0471 | 17.7083 | 19.7677 |
| 30 | 13.7867 | 14.9535 | 16.7908 | 18.4926 | 20.5992 |
| 40 | 20.7065 | 22.1643 | 24.4331 | 26.5093 | 29.0505 |
| 50 | 27.9907 | 29.7067 | 32.3574 | 34.7642 | 37.6886 |
| 60 | 35.5346 | 37.4848 | 40.4817 | 43.1879 | 46.4589 |
| 70 | 43.2752 | 45.4418 | 48.7576 | 51.7393 | 55.3290 |
| 80 | 51.1720 | 53.5400 | 57.1532 | 60.3915 | 64.2778 |
| 90 | 59.1963 | 61.7541 | 65.6466 | 69.1260 | 73.2912 |
| 100 | 67.3276 | 70.0648 | 74.2219 | 77.9295 | 82.3581 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ตารางค่าวิกฤตการแจกแจงไคกำลังสอง(ต่อ)

| ν | $\chi^2_{.100}$ | $\chi^2_{.050}$ | $\chi^2_{.025}$ | $\chi^2_{.010}$ | $\chi^2_{.005}$ |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 2.70554 | 3.84146 | 5.02389 | 6.63490 | 7.87944 |
| 2 | 4.60517 | 5.99147 | 7.37776 | 9.21034 | 10.5966 |
| 3 | 6.25139 | 7.81473 | 9.34840 | 11.3449 | 12.8381 |
| 4 | 7.77944 | 9.48773 | 11.1433 | 13.2767 | 14.8602 |
| 5 | 9.23635 | 11.0705 | 12.8325 | 15.0863 | 16.7496 |
| 6 | 10.6446 | 12.5916 | 14.4494 | 16.8119 | 18.5476 |
| 7 | 12.0170 | 14.0671 | 16.0128 | 18.4753 | 20.2777 |
| 8 | 13.3616 | 15.5073 | 17.5346 | 20.0902 | 21.9550 |
| 9 | 14.6837 | 16.9190 | 19.0228 | 21.6660 | 23.5893 |
| 10 | 15.9871 | 18.3070 | 20.4831 | 23.2093 | 25.1882 |
| 11 | 17.2750 | 19.6751 | 21.9200 | 24.7250 | 26.7569 |
| 12 | 18.5494 | 21.0261 | 23.3367 | 26.2170 | 28.2995 |
| 13 | 19.8119 | 22.3621 | 24.7356 | 27.6883 | 29.8194 |
| 14 | 21.0642 | 23.6848 | 26.1190 | 29.1413 | 31.3193 |
| 15 | 22.3072 | 24.9958 | 27.4884 | 30.5779 | 32.8013 |
| 16 | 23.5418 | 26.2962 | 28.8485 | 31.9999 | 34.2672 |
| 17 | 24.7690 | 27.5912 | 30.1910 | 33.4087 | 35.7185 |
| 18 | 25.9894 | 28.8693 | 31.5264 | 34.8053 | 37.1564 |
| 19 | 27.2036 | 30.1435 | 32.8523 | 36.1908 | 38.5822 |
| 20 | 28.4120 | 31.4104 | 34.1696 | 37.5662 | 39.9968 |
| 21 | 29.6151 | 32.6705 | 35.4789 | 38.9321 | 41.4010 |
| 22 | 30.8133 | 33.9244 | 36.7807 | 40.2894 | 42.7956 |
| 23 | 32.0069 | 35.1725 | 38.0757 | 41.6384 | 44.1813 |
| 24 | 33.1963 | 36.4151 | 39.3641 | 42.9798 | 45.5585 |
| 25 | 34.3816 | 37.6525 | 40.6465 | 44.3141 | 46.9278 |
| 26 | 35.5631 | 38.8852 | 41.9232 | 45.6417 | 48.2899 |
| 27 | 36.7412 | 40.1133 | 43.1944 | 46.9630 | 49.6449 |
| 28 | 37.9159 | 41.3372 | 44.4607 | 48.2782 | 50.9933 |
| 29 | 39.0875 | 42.5569 | 45.7222 | 49.5879 | 52.3356 |
| 30 | 40.2560 | 43.7729 | 46.9792 | 50.8922 | 53.6720 |
| 40 | 51.8050 | 55.7585 | 59.3417 | 63.6907 | 66.7659 |
| 50 | 63.1671 | 67.5048 | 71.4204 | 76.1539 | 79.4900 |
| 60 | 74.3970 | 79.0819 | 83.2976 | 88.3794 | 91.9517 |
| 70 | 85.5271 | 90.5312 | 95.0231 | 100.425 | 104.215 |
| 80 | 96.5782 | 101.879 | 106.629 | 112.329 | 116.321 |
| 90 | 107.565 | 113.145 | 118.136 | 124.116 | 128.299 |
| 100 | 118.498 | 124.342 | 129.561 | 135.807 | 140.169 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มปัญหาพิเศษ

วันที่ 17 เดือน เมษายน พ.ศ. 2567

| | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| ข้าพเจ้า นางสาวภัควดี | กนิษฐสุด | รหัสนักศึกษา 63050651 |
| นางสาววรรณภัสสร | วุทธินิติศาสตร์ | รหัสนักศึกษา 63050659 |
| นางสาวสิริยาภรณ์ | สุขสันติกาล | รหัสนักศึกษา 63050675 |

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา สถิติประยุกต์ ภาควิชา สถิติ

ขอรับรองว่าปัญหาพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของแต่ละภาคเศรษฐกิจ

ชื่อภาษาอังกฤษ FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN THAILAND FOR EACH ECONOMIC SECTOR

ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่ได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้วและได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา ฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 7.13%

ลงชื่อ.....ภัควดี กนิษฐสุด.....

(นางสาวภัควดี กนิษฐสุด)

นักศึกษา

ลงชื่อ.....วรรณภัสสร วุทธินิติศาสตร์.....

(นางสาววรรณภัสสร วุทธินิติศาสตร์)

นักศึกษา

ลงชื่อ.....สิริยาภรณ์ สุขสันติกาล.....

(นางสาวสิริยาภรณ์ สุขสันติกาล)

นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.พรหมทิพา วาณิชยจิรัฐติกาล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา ได้ตรวจสอบโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....*Punthpa W.*.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้