

ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม
Forecasting Model of Electric Power Consumption of Uthai Wittayakhom School

โรงเรียนอุทัยวิทยาคม
จังหวัดอุทัยธานี

คณะผู้จัดทำโครงการ

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. นางสาวณัฐพิมล | ภาณุรัฐสินธรณ์ |
| 2. นางสาวปรีดาวรรณ | ว่องวิทย์การ |
| 3. นางสาวภัทรกร | ส่องลม |

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานสาขาวิชาคณิตศาสตร์
การนำเสนอโครงงานของนักเรียนจากโรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เครือข่ายภาคกลางตอนบน ประจำปีการศึกษา 2566

ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม
Forecasting Model of Electric Power Consumption of Uthai Wittayakhom School

โรงเรียนอุทัยวิทยาคม
จังหวัดอุทัยธานี

คณะผู้จัดทำโครงการ

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. นางสาวณัฐพิมล | ภาณุรัฐสินธรณ์ |
| 2. นางสาวปรีดาวรรณ | ว่องวิทย์การ |
| 3. นางสาวภัทรกร | ล่องลม |

คุณครูที่ปรึกษา

1. นายปิณฑษ์ วิทยากรณประภาส
2. อาจารย์ ดร.ว่าที่ร้อยเอก เฉลิมรัช นนทะภา

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานสาขาวิชาคณิตศาสตร์
การนำเสนอโครงงานของนักเรียนจากโรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เครือข่ายภาคกลางตอนบน ประจำปีการศึกษา 2566

ชื่อโครงการ : ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม
Forecasting Model of Electric Power Consumption of Uthai
Wittayakhom School

สาขาวิชา : คณิตศาสตร์

ผู้จัดทำโครงการ : 1. นางสาวณัฐพิมล ภาณุรัฐสินธรณ์
2. นางสาวปรีดาวรรณ ว่องวิทย์การ
3. นางสาวภัทรกร ล่องลม

ที่ปรึกษาโครงการ : 1. นายปิติพงษ์ วิริยาภรณ์ประภาส
2. อาจารย์ ดร.ว่าที่ร้อยเอก เฉลิมรัช นนทะภา

โรงเรียน : อุทัยวิทยาคม

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม และเพื่อเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการนำมาพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม โดยใช้ข้อมูลรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 รวมทั้งสิ้น 126 เดือน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ 1 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน (Training dataset) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2565 จำนวน 120 เดือน เพื่อใช้ในการหาตัวแบบที่เหมาะสม ข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ (Testing dataset) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2566 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะ 3 เดือน และระยะ 6 เดือน ในการเปรียบเทียบความแม่นยำจากค่าพยากรณ์จะใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) ในการจัดประสิทธิภาพของตัวแบบ Holt-Winters และตัวแบบ Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ Holt-Winters (NM) ร่วมกับตัวแบบ ARMA เป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม โดยมีค่า MAPE ต่ำสุดในระยะ 3 เดือนและ 6 เดือน เท่ากับ 8.1620% และ 16.6665% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อ.ดร.ว่าที่ร้อยเอก เฉลิมรัช นนทะภา อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และนายปิติพงษ์ วิริยาภรณ์ประภาส คุณครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนนุทยวิทยาคม ที่ได้สละเวลามาให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเกี่ยวกับโครงการตลอดจนการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ จนการศึกษาครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุทัยธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจ ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกแก่ผู้ศึกษาตลอดมา และขอขอบพระคุณนางสาววิริญดา บางแบ่ง ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และคอยรับฟังปัญหาตลอดทั้งการทำโครงการเล่มนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจในแนวทางเดียวกันไม่มากนักน้อย หากเนื้อหาในรายงานเล่มนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำขออภัย มา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 สมมติฐาน	2
1.4 ขอบเขตของการดำเนินงาน	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอนุกรมเวลา	4
2.2 ตัวแบบพยากรณ์	4
2.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบ	5
2.4 เกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบการพยากรณ์	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	9
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	9
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	10
3.4 กรอบแนวคิดของการศึกษา	10
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบพยากรณ์	11
4.2 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์	12
4.3 การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์	13
4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา	16
5.2 อภิปรายผล	16
5.3 ข้อเสนอแนะ	17
5.4 ประโยชน์ของโครงการ	17

บรรณานุกรม	19
------------	----

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	21
ภาคผนวก ข	23

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.1 ค่าดัชนีฤดูกาลเชิงบวกเริ่มต้นที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters Additive Model	11
ตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีฤดูกาลเชิงลบเริ่มต้นที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters	12
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือของตัวแบบ Holt-Winters-ARMA ทั้ง 4 ตัวแบบ	13
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของข้อมูลชุดฝึกสอนของตัวแบบ Holt-Winters	14
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ในปี พ.ศ.2566	14
ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างวิธีคิด ค่าพยากรณ์ค่าไฟฟ้า เดือนมกราคม พ.ศ. 2566	17
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟจริงและค่าไฟที่ได้จากค่าพยากรณ์	18

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปีของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2565	2
ภาพที่ 3.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาพรวมของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2565	9
ภาพที่ 3.2 แสดงกรอบแนวคิดของการศึกษา	10
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของข้อมูลชุดทดสอบ 3 และ 6 เดือน	13
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ด้วยตัวแบบ NM-ARMA	15
ภาพที่ 5.1 การเปรียบเทียบค่าไฟจริงและค่าไฟที่ได้จากค่าพยากรณ์	18

บทที่ 1

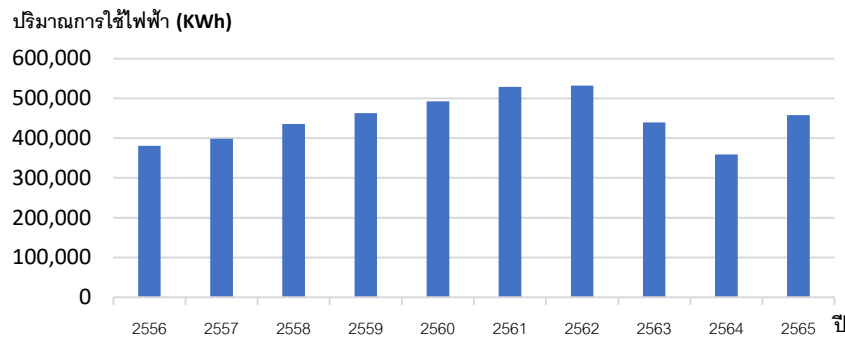
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ต่อการสื่อสาร การคมนาคม การแพทย์ หรือการศึกษา เป็นต้น ซึ่งจะเกิดขึ้นและมีประสิทธิภาพไม่ได้ ถ้าขาด “ไฟฟ้า” เช่น ในภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าร่วมกับการทำงานของเครื่องจักร เพื่อการผลิต ด้านการแพทย์จำเป็นต้องมีไฟฟ้าสำหรับเครื่องช่วยหายใจของผู้ป่วยที่หายใจด้วยตนเอง ไม่ได้ หรือในด้านใกล้ตัวทุกคนที่ไม่ว่าจะอยู่สถานที่ใดก็จำเป็นต้องใช้เหมือนกันคือการใช้ไฟฟ้า กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องด้วยความจำเป็นเหล่านี้ทำให้ทุกครัวเรือน ทุกหน่วยงาน ทุกภาครัฐ ต้องการไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา โดยแต่ละที่นั้นจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ หลายๆ ปัจจัย เช่น สภาพอากาศ ฤดูกาล ระดับรายได้ส่วนบุคคล อาชีพ เหตุการณ์ และความหนาแน่นของประชากร ณ บริเวณหนึ่ง อย่างสำนักงานออฟฟิศห้างสรรพสินค้าหรือ สถานศึกษา มักจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มากกว่าบ้านเรือนทั่วไปเพราะเป็นสถานที่ที่ผู้คนอาศัยอยู่ หรือรวมตัวกันอยู่มาก ทำให้ต้องมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เพียงพอต่อปริมาณการใช้ของผู้คน และค่าไฟ ที่ต้องจ่ายก็มากขึ้นตามไปด้วย ผู้ใช้ไฟฟ้าจึงอาจมีวิธีรับมือกับค่าไฟที่ตามมาอันเป็นผลมาจากปริมาณ การใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนที่ต่างวิธีกัน เช่น บางคนอาจจะหารายได้เพิ่มเพื่อนำมาจ่ายค่าไฟที่ เพิ่มขึ้น บางคนอาจลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเพื่อที่จะให้ค่าไฟในแต่ละเดือนลดลง บางคน อาจมีการใช้พลังงานสะอาดมาผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองโดยที่ไม่ต้องใช้ไฟจากภาครัฐอย่างเต็มกำลัง ไม่ว่าจะวิธีใดก็ตามจะขาดการวางแผนในอนาคตไม่ได้ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยตัดสินใจในการจะกระทำการ อย่างใดอย่างหนึ่ง

จากสถิติในการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยขอนแก่นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอาคาร สถานที่ ร้านค้า ผู้พักอาศัยและนักศึกษา ดังนั้นจะเห็นว่าพลังงาน ไฟฟ้ามีความจำเป็นอย่างมากต่อการพัฒนามหาวิทยาลัย ทางมหาวิทยาลัยขอนแก่นจึงมีวิธีการที่ช่วย ในการจัดการกับทรัพยากรไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพคือ การทราบค่าการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ในอนาคตที่น่าเชื่อถือ เพื่อให้สามารถวางแผนเพื่อเตรียมงบประมาณ บุคลากร และโครงสร้างพื้นฐาน สำหรับการใช้งลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในอนาคต (เสนีย์ ทรัพย์บุญเลิศมา, 2562)

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจึงมีความจำและมีประโยชน์สำหรับองค์กรที่มีสถิติการใช้ ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้การวางแผนขององค์กรเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทางโรงเรียน อุทัยวิทยาคมจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า เนื่องมาจากสถิติปริมาณการใช้ ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึงปี พ.ศ. 2565 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปีของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2565

ในการศึกษาครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้เห็นถึงความสำคัญของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงเรียน จึงได้จัดทำโครงการ “ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม” โดยใช้การพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของโรงเรียนเนื่องจากโรงเรียนอุทัยวิทยาคมมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในทุกปี อันเนื่องมาจากจำนวนนักเรียน และจำนวนอาคารพร้อมด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้าในโรงเรียนเพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลสำคัญสำหรับการวางแผนเพื่อที่จะสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่ใช้ในการนำมาพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม

1.3 สมมติฐาน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม คาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และการใช้ตัวแบบ Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม

1.4 ขอบเขตของการดำเนินงาน

1.4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 126 เดือน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ 1 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน (Training dataset) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2565 จำนวน 120 เดือน เพื่อใช้ในการหาตัวแบบที่เหมาะสม และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ (Testing dataset) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะ 3 เดือน

และระยะ 6 เดือน เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของค่าพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุทัยธานี

1.4.2 วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในการหาตัวแบบของการศึกษานี้มี 8 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบ Holt-Winters (LA), Holt-Winters (NA), Holt-Winters (LM), Holt-Winters (NM), Holt-Winters-ARMA (LA), Holt-Winters-ARMA (NA), Holt-Winters-ARMA (LM) และ Holt-Winters-ARMA (NM)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ไฟฟ้า หมายถึง พลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำงานได้ และมีความสำคัญมาก เพราะนำมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต เราใช้ประโยชน์จากกระแสไฟฟ้า ที่ผลิตขึ้นผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยต่อสายไฟระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.5.2 การพยากรณ์ หมายถึง การคาดการณ์โดยศึกษาจากข้อมูลเก่าและรูปแบบต่าง ๆ ในอดีตหลายธุรกิจใช้เครื่องมือและระบบซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากที่เก็บรวบรวมมาเป็นระยะเวลานานจากนั้นซอฟต์แวร์จะคาดการณ์ความต้องการและแนวโน้มในอนาคต เพื่อช่วยให้บริษัทต่าง ๆ ตัดสินใจด้านการเงิน การตลาด และการดำเนินงานได้แม่นยำยิ่งขึ้น

1.5.3 การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า หมายถึง การพยากรณ์ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak) เป็นค่าสูงสุดของความต้องการไฟฟ้ามีหน่วยเป็นเมกะวัตต์ และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy) เป็นปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงตลอดทั้งปีมีหน่วยเป็นล้านหน่วยหรือ จิกะวัตต์ - ชั่วโมง ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.5.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU : Time of Use Tariff) หมายถึง อัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ Peak และ Off - Peak ซึ่งอัตราสามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาโดยมีกำหนดจากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมด้วยตัวแบบทางสถิติ จึงได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่มีผู้ศึกษาไว้ดังนี้

- 2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอนุกรมเวลา
- 2.2 ตัวแบบพยากรณ์
- 2.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบ
- 2.4 เกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบการพยากรณ์
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอนุกรมเวลา

2.1.1 อนุกรมเวลา หมายถึง กลุ่มของค่าสังเกตที่เก็บรวบรวมตามเวลาอย่างต่อเนื่อง จะใช้สัญลักษณ์ Y_t แทนอนุกรมเวลาขนาด n ที่ประกอบด้วยค่าสังเกต $Y_1, \dots, Y_n$ ค่าสังเกตแต่ละค่ามักจะเก็บรวบรวม ในช่วงเวลาที่เท่ากัน ได้แก่ ปี ครึ่งปี ไตรมาส เดือน

2.1.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นการศึกษาหารูปแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่กำหนดด้วยรูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model) จากรูปแบบที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ ภายใต้ข้อสมมติว่าแผนแบบการเคลื่อนไหวในอนาคตไม่ต่างจากแผนแบบการเคลื่อนไหวในอดีต ซึ่งการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และเหตุการณ์ผิดปกติ เป็นต้น

2.2 ตัวแบบพยากรณ์

2.2.1 ตัวแบบ Holt-Winters (Holt-Winters Method) เป็นวิธีการสร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหว เนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล มีทั้งรูปแบบแนวโน้ม ฤดูกาลแบบบวกและรูปแบบแนวโน้มฤดูกาลแบบคูณโดยใช้ค่าปรับให้เรียบ 3 ค่าได้แก่ α, γ และ δ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับแนวโน้ม γ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความลาดชัน (Slope) และ δ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล ตามลำดับ

1) รูปแบบแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวก มีรูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_{t+p} = [T_t + p\beta_t] + S_{t+p-s} + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

$$\text{โดย } T_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(T_{t-1} + \beta_{t-1}) \quad (2.2)$$

$$\beta_t = \gamma(T_t - T_{t-1}) + (1 - \gamma)\beta_{t-1} \quad (2.3)$$

$$S_t = \delta(Y_t - T_{t-1} - \beta_{t-1}) + (1 - \delta)S_{t-s} \quad (2.4)$$

2) รูปแบบไม่มีแนวโน้มและมีฤดูกาลแบบบวก มีรูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_{t+p} = T_t + S_{t+p-s} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

$$\text{โดย } T_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(T_{t-1} + \beta_{t-1}) \quad (2.6)$$

$$S_t = \delta(Y_t - T_{t-1} - \beta_{t-1}) + (1 - \delta)S_{t-s} \quad (2.7)$$

3) รูปแบบแนวโน้มและมีฤดูกาลแบบคูณ มีรูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_{t+p} = [T_t + p\beta_t] \times S_{t+p-s} + \varepsilon_t \quad (2.8)$$

$$\text{โดย } T_t = \frac{\alpha Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(T_{t-1} + \beta_{t-1}) \quad (2.9)$$

$$\beta_t = \gamma(T_t - T_{t-1}) + (1 - \gamma)\beta_{t-1} \quad (2.10)$$

$$S_t = \frac{\delta Y_t}{T_{t-1} + \beta_{t-1}} + (1 - \delta)S_{t-s} \quad (2.11)$$

4) รูปแบบไม่มีแนวโน้มและมีฤดูกาลแบบคูณ มีรูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_{t+p} = T_t \times S_{t+p-s} + \varepsilon_t \quad (2.12)$$

$$\text{โดย } T_t = \frac{\alpha Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(T_{t-1} + \beta_{t-1}) \quad (2.13)$$

$$S_t = \frac{\delta Y_t}{T_{t-1} + \beta_{t-1}} + (1 - \delta)S_{t-s} \quad (2.14)$$

การสร้างสมการพยากรณ์ต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นของ ค่า $T_t(t)$, $\beta_t(t)$ และ $S_t(t)$ และกำหนดค่าปรับให้เรียบ α, γ และ δ ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด

2.2.2 ตัวแบบ Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA (Holt-Winters with ARMA)

เป็นการนำค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters มาหาตัวแบบ ARMA ที่เหมาะสมและนำค่าพยากรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่ได้ไปบวกกับค่าพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters มีสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_{t+p} = (Y)_{t,Holt-winters} + \frac{\theta_q(B)\theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_P(B^S)}e_t + \varepsilon_t \quad (2.15)$$

2.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

2.3.1 ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function : ACF) เป็นฟังก์ชันที่ใช้วัดความสัมพันธ์ในค่าของข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างๆ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Y_t และ Y_{t+k} ในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา แทนด้วย ρ_k มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน :

$$H_0: \rho_k = 0 \quad (\text{อนุกรมเวลาไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ } k)$$

$$H_1: \rho_k \neq 0 \quad (\text{อนุกรมเวลา มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ } k)$$

$$\text{สถิติทดสอบ : } t = \frac{r_k}{s_k} \quad \text{เมื่อ } S_{r_k} \approx \frac{1}{\sqrt{n}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจ : ปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ หรือ p-value < 0.05

2.3.2 ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function : PACF) เป็นฟังก์ชันที่ใช้วัดความสัมพันธ์ในตัวเอง(Autocorrelation) ระหว่างตัวแปร Y_t และ Y_{t+k} ในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา ที่จัดอิทธิพลของตัวแปรที่อยู่ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ได้แก่ $Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_{t+k-1}$ ออกไป แทนด้วย $\rho_{k,k}$ มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน :

$$H_0: \rho_{k,k} = 0 \quad (\text{อนุกรมเวลาไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยบางส่วน ณ Lag ที่ } k)$$

$$H_1: \rho_{k,k} \neq 0 \quad (\text{อนุกรมเวลา มีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยบางส่วน ณ Lag ที่ } k)$$

สถิติทดสอบ : $t = \frac{r_k}{s_k}$ เมื่อ $S_{r_k} \approx \frac{1}{\sqrt{n}}$

เกณฑ์การตัดสินใจ : ปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ หรือ p-value < 0.05

2.3.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (The Least-Squares Method) เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด โดยการลดผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองให้เหลือน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & E(\phi, \theta, \Phi, \Theta) = \sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \\ \text{โดย} \quad & \frac{\partial E}{\partial \phi_i} = 0 ; i = 1, 2, \dots, p \quad \frac{\partial E}{\partial \Phi_k} = 0 ; k = 1, 2, \dots, P \\ & \frac{\partial E}{\partial \theta_k} = 0 ; j = 1, 2, \dots, q \quad \frac{\partial E}{\partial \Theta_l} = 0 ; l = 1, 2, \dots, Q \end{aligned}$$

2.3.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking)

1) การตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม เป็นการตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน :

$$H_0: \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (\text{ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ})$$

$$H_1: \varepsilon_t \not\sim N(0, \sigma^2) \quad (\text{ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีการแจกแจงปกติ})$$

สถิติทดสอบ :

$$D_n = \max(D_n^+, D_n^-) = \max \left[\max \left| \frac{i}{n} - F(e) \right|, \max \left| F(e) - \frac{(i-1)}{n} \right| \right], i = 1, 2, \dots,$$

$$\text{หรือ} \quad Z_{KS} = D_n \sqrt{n}$$

เกณฑ์การตัดสินใจ : ปฏิเสธ H_0 เมื่อ $D_n > D_{n,\alpha}$

โดยที่ $D_{n,\alpha}$ คือค่าตารางสถิติ Kolmogorov-Smirnov หรือ p-value < 0.05

2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม เป็นการตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นอิสระต่อกันหรือไม่โดยใช้สถิติทดสอบ Ljung-Box Test มีขั้นตอนดังนี้

สมมติฐาน :

$$H_0: \rho_e(1) = \rho_e(2) = \dots = \rho_e(k) = 0 \quad (\text{ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นอิสระต่อกัน})$$

$$H_1: \rho_e(k) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าแตกต่างจาก 0} \quad (\text{ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน})$$

$$\text{สถิติทดสอบ : } Q = n(n+2) \sum_{k=1}^k \left[\frac{r_e^2(k)}{n-k} \right]$$

$$\text{เกณฑ์การตัดสินใจ : ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } Q > X_{\alpha, k-m}^2$$

โดยที่ m คือ จำนวนพารามิเตอร์ในแบบที่พิจารณา หรือ $p\text{-value} < 0.05$

3) การตรวจสอบค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม เป็นการตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ โดยใช้สถิติทดสอบที่ (t -Test) มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน :

$$H_0: \mu_{\bar{e}} = 0 \quad (\text{ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์})$$

$$H_1: \mu_{\bar{e}} \neq 0 \quad (\text{ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากศูนย์})$$

$$\text{สถิติทดสอบ : } t = \frac{\bar{e}}{S_{\bar{e}}}, \quad \text{มีการแจกแจงแบบ } t \text{ ที่ } df = n - 1$$

$$\text{เกณฑ์การตัดสินใจ : ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } |t| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \text{ หรือ } p\text{-value} < 0.05$$

4) การตรวจสอบความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม เป็นการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน k กลุ่มโดยใช้สถิติทดสอบเลวีเน (Levene's Test) มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน :

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \quad \text{มีอย่างน้อยหนึ่งค่าของ } i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, k$$

$$\text{สถิติทดสอบ : } W = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{z}_i - \bar{z})^2 / (k-1)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{z}_{ij} - \bar{z})^2 / \sum_{i=1}^k (n_i - 1)}, i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n_i$$

$$\text{เกณฑ์การตัดสินใจ : ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } W > F_{\alpha; k-1, n-k} \text{ หรือ } p\text{-value} < 0.05$$

2.4 เกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบการพยากรณ์

2.4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เป็นค่าที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวัดความผิดพลาดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าที่ได้จะต้องมีค่า MAPE ต่ำที่สุด มีสูตรดังนี้

$$MAPE(\%) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100 \quad (2.16)$$

2.4.2 อัตราการลดความคลาดเคลื่อน (Reduce Error Rate : RER) เป็นค่าที่ใช้วัดความแม่นยำของตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยวิธีใหม่เทียบกับวิธีพยากรณ์เดิม มีสูตรดังนี้

$$RER(\%) = \left(1 - \frac{MAPE_{Proposed}}{MAPE_{Original}}\right) \times 100 \quad (2.17)$$

2.5 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

จินตพร หนีวอินปัน และคณะ (2555) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความต้องการ พลังไฟฟ้าสูงสุดในเขตภาคกลางของประเทศไทย วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบ Holt-Winter การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรต้นมี วิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพีชชีที่ใช้ตัวแปรต้นมี การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมพิจารณาจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter โดยพบว่าวิธีนี้เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น ล่วงหน้า 2 เดือน

เฉลิมรัช นนทะภา และคณะ (2561) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาครายเดือนของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบ 4 ตัวแบบ คือ ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม, ตัวแบบ SARIMA, ตัวแบบแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMA และ ตัวแบบผสมด้วยวิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMA และโครงข่ายประสาทเทียม โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน และอัตราการลดความคลาดเคลื่อน จากการศึกษาพบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบผสมด้วยวิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMA และโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ระยะสั้น ระยะปานกลาง และระยะยาว

เสนีย์ ทรัพย์บุญเลิศมา (2562) ได้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งกลุ่ม ผู้ใช้ไฟฟ้าเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) หน่วยงาน 2) ผู้ประกอบการ และ 3) ที่พักอาศัย โดยใช้เทคนิคในการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition) และวิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters Method) พบว่า ผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มคณะหน่วยงาน ได้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา กลุ่มผู้ประกอบการ ได้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ และกลุ่มที่พักอาศัย ได้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีแยกส่วนประกอบอนุกรม

รวีสราร โชติรัตน์ (2565) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ 4 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ SARIMA ตัวแบบ Holt-Winters ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMA (DEC-SARIMA) และตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ Holt-Winters (DEC-Holt-Winters) โดยเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) และอัตราการลดความคลาดเคลื่อน (RER) จากการศึกษาพบว่า ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ Holt-Winters (DEC-Holt-Winters) เป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม คณะผู้จัดทำมีวิธีการดำเนินงานดังขั้นตอนต่อไปนี้

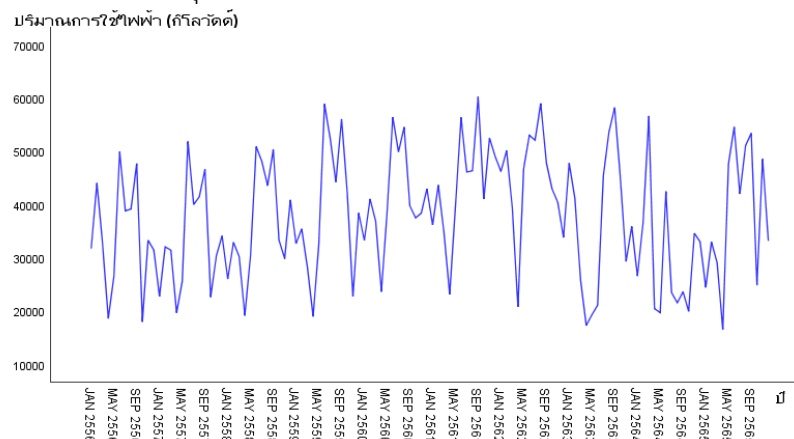
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 โปรแกรม Microsoft Excel

3.1.2 โปรแกรม IBM SPSS Statistics for Window เวอร์ชัน 25

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลรายเดือนของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 รวมทั้งสิ้น 126 เดือน



ภาพที่ 3.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาพรวมของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2565

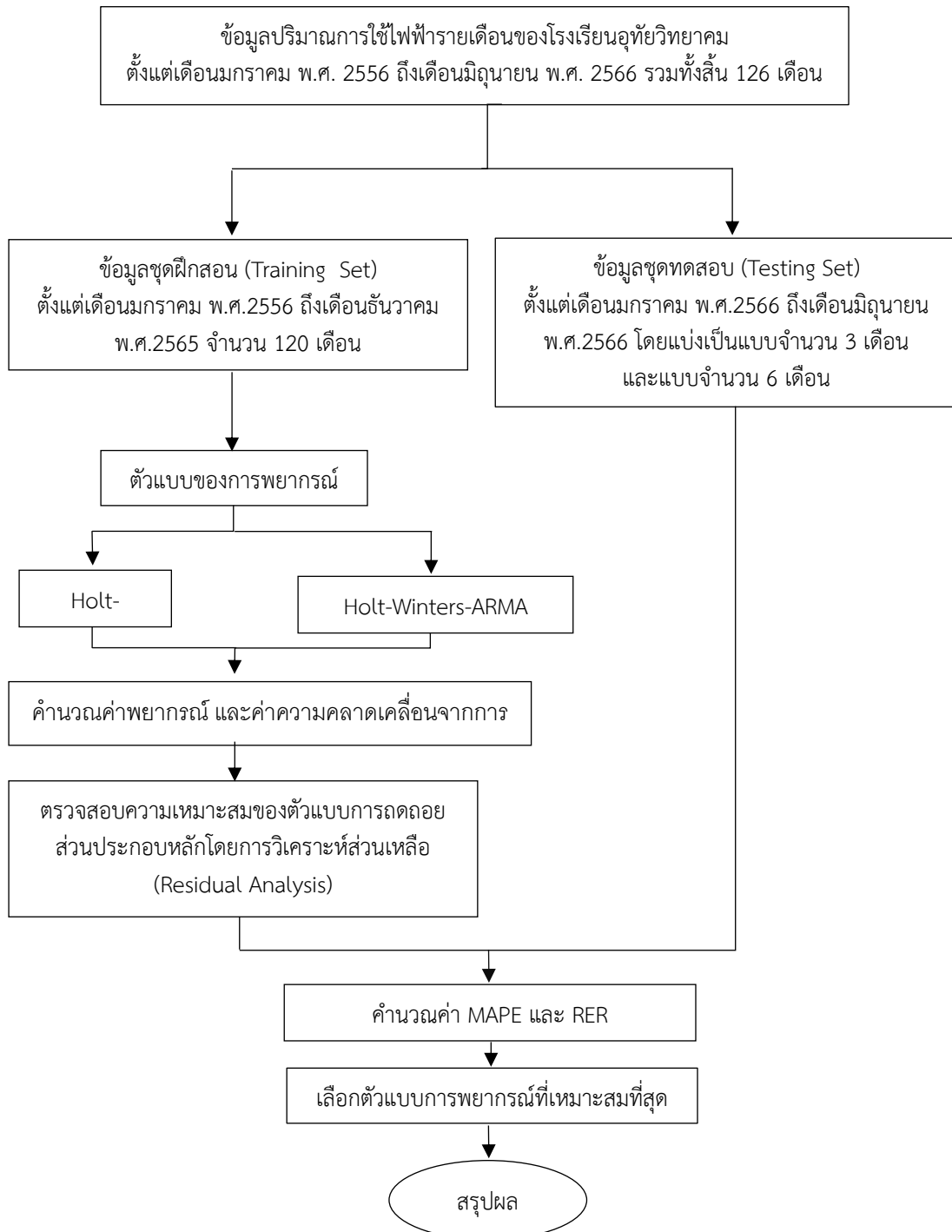
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566 รวมทั้งสิ้น 126 เดือน โดยกำหนดตัวแปรที่ศึกษา (Y_t) คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ณ เดือนที่ t (หน่วย : กิโลวัตต์-ชั่วโมง (KWh))

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ 1 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2565 จำนวน 120 เดือน เพื่อใช้ในการหาตัวแบบที่เหมาะสม และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะ 3 เดือน และระยะ 6 เดือน เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของค่าพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุทัยธานีสำหรับการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์

3.3.3 การพยากรณ์จะใช้ตัวแบบ Holt-Winters และ Holt-Winters-ARMA ในการเปรียบเทียบ โดยในการเปรียบเทียบความแม่นยำจากค่าพยากรณ์จะใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE)

3.4 กรอบแนวคิดของการศึกษา



ภาพที่ 3.2 แสดงกรอบแนวคิดของการศึกษา

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบพยากรณ์

4.1.1 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Holt-Winters ในฤดูกาลแบบบวก จากภาพที่ 3.1 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาพรวมของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยตัวแบบ Holt-Winters ในฤดูกาลแบบบวก ดังนั้นจึงหาค่าคงที่ในการปรับให้เรียบ 3 ค่า ได้แก่ ค่าปรับให้เรียบสำหรับแนวโน้ม (α) เท่ากับ 0.30 ค่าปรับน้ำหนักสำหรับความลาดชัน (γ) เท่ากับ 0.01 และค่าปรับให้เรียบสำหรับฤดูกาล (δ) เท่ากับ 0.01 โดยมีผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุด เท่ากับ 7229291210.27227

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าดัชนีฤดูกาลเชิงบวกเริ่มต้นที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters Additive Model

เดือน	สัญลักษณ์	ค่าดัชนีฤดูกาล (%)	เดือน	สัญลักษณ์	ค่าดัชนีฤดูกาล (%)
มกราคม	$\hat{S}_{-11}$	-4714.974	กรกฎาคม	$\hat{S}_{-5}$	6484.142
กุมภาพันธ์	$\hat{S}_{-10}$	786.064	สิงหาคม	$\hat{S}_{-4}$	7375.962
มีนาคม	$\hat{S}_{-9}$	-3036.645	กันยายน	$\hat{S}_{-3}$	10420.161
เมษายน	$\hat{S}_{-8}$	-17828.335	ตุลาคม	$\hat{S}_{-2}$	-3751.654
พฤษภาคม	$\hat{S}_{-7}$	-4559.122	พฤศจิกายน	$\hat{S}_{-1}$	-2829.200
มิถุนายน	$\hat{S}_{-6}$	11491.657	ธันวาคม	$\hat{S}_{-0}$	161.943

นำตัวแบบการพยากรณ์ Holt-Winters เมื่อนำไปตรวจสอบความคลาดเคลื่อนแล้วพบว่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบดังกล่าวมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ lag ที่ 4, 10 และ 14 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ lag ที่ 4 และ 14

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (LA)

$$\hat{Y}_{t+p} = [24.7919\hat{T}_t + (12,123.9165\hat{\beta}_t \times p)] + \hat{S}_{t+p-s} \quad (4.1)$$

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (NA)

$$\hat{Y}_{t+p} = 24.7919\hat{T}_t + \hat{S}_{t+p-s} \quad (4.2)$$

ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ ARMA ให้กับค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters ได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสม เป็นตัวแบบ ARMA(0,0,(4,14)) และค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (LA-ARMA(0,0,(4,14)))

$$\hat{Y}_t = [24.7919\hat{T}_t + (12,123.9165\hat{\beta}_t \times p)] + \hat{S}_{t+p-s} - 0.3791\hat{e}_{t-4} - 0.3023\hat{e}_{t-14} \quad (4.3)$$

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (NA-ARMA(0,0,(4,14)))

$$\hat{Y}_t = 24.7919\hat{T}_t + \hat{S}_{t+p-s} - 0.3791\hat{e}_{t-4} - 0.3023\hat{e}_{t-14} \quad (4.4)$$

4.1.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Holt-Winters ในฤดูกาลแบบคูณ

จากภาพที่ 3.1 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาพรวมของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยตัวแบบ Holt-Winters ในฤดูกาลแบบคูณ ดังนั้นจึงหาค่าคงที่ในการปรับให้เรียบ 3 ค่า ได้แก่ ค่าปรับให้เรียบสำหรับแนวโน้ม (α) เท่ากับ 0.36 ค่าปรับน้ำหนักสำหรับความลาดชัน (γ) เท่ากับ 0.01 และค่าปรับให้เรียบสำหรับฤดูกาล (δ) เท่ากับ 0.01 โดยมีผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุด เท่ากับ 7266972526.58847

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าดัชนีฤดูกาลเชิงคูณเริ่มต้นที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters

เดือน	สัญลักษณ์	ค่าดัชนีฤดูกาล (%)	เดือน	สัญลักษณ์	ค่าดัชนีฤดูกาล (%)
มกราคม	$\hat{S}_{-11}$	83.281	กรกฎาคม	$\hat{S}_{-5}$	119.478
กุมภาพันธ์	$\hat{S}_{-10}$	101.656	สิงหาคม	$\hat{S}_{-4}$	120.495
มีนาคม	$\hat{S}_{-9}$	85.537	กันยายน	$\hat{S}_{-3}$	129.194
เมษายน	$\hat{S}_{-8}$	52.779	ตุลาคม	$\hat{S}_{-2}$	88.655
พฤษภาคม	$\hat{S}_{-7}$	86.097	พฤศจิกายน	$\hat{S}_{-1}$	94.110
มิถุนายน	$\hat{S}_{-6}$	137.720	ธันวาคม	$\hat{S}_{-0}$	100.999

นำตัวแบบการพยากรณ์ Holt-Winters เมื่อนำไปตรวจสอบความคลาดเคลื่อนแล้วพบว่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบดังกล่าวมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ lag ที่ 4, 10 และ 14 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ lag ที่ 4 และ 14

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (LM)

$$\hat{Y}_{t+p} = [24.8996\hat{T}_t + (12,120.1023\hat{\beta}_t \times p)] \times \hat{S}_{t+p-s} \quad (4.5)$$

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (NM)

$$\hat{Y}_{t+p} = 24.8996\hat{T}_t \times \hat{S}_{t+p-s} \quad (4.6)$$

ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ ARMA ให้กับค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Holt-Winters ได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสม เป็นตัวแบบ ARMA(0,0,(4,14)) และค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนี้

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (LM-ARMA(0,0,(4,14)))

$$\hat{Y}_t = [24.8996\hat{T}_t + (12,120.1023\hat{\beta}_t \times p)] \times \hat{S}_{t+p-s} - 0.3791\hat{e}_{t-4} - 0.3023\hat{e}_{t-14} \quad (4.7)$$

สมการพยากรณ์ของตัวแบบ Holt-Winters (NM-ARMA(0,0,(4,14)))

$$\hat{Y}_t = 24.8996\hat{T}_t \times \hat{S}_{t+p-s} - 0.3791\hat{e}_{t-4} - 0.3023\hat{e}_{t-14} \quad (4.8)$$

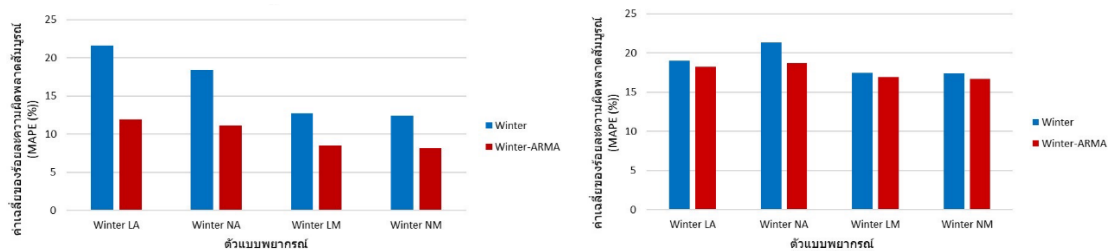
4.2 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ Holt-Winters โดยการวิเคราะห์ค่าส่วนเหลือประกอบไปด้วย 4 ข้อตกลง ซึ่งแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือของตัวแบบ Holt-Winters-ARMA ทั้ง 4 ตัวแบบ

ข้อตกลง	LA	LM	NA	NM
การแจกแจงปกติ	แจกแจงปกติ $Z_{KS}=0.7476$ p-value = 0.6312	แจกแจงปกติ $Z_{KS}=0.7503$ p-value = 0.6267	แจกแจงปกติ $Z_{KS}=0.8069$ p-value = 0.5329	แจกแจงปกติ $Z_{KS}=0.7279$ p-value = 0.6644
ความเป็นอิสระ	เป็นอิสระกัน $Q = 19.3074$ p-value = 0.9333	เป็นอิสระกัน $Q = 23.6275$ p-value = 0.7893	เป็นอิสระกัน $Q = 19.7362$ p-value = 0.9231	เป็นอิสระกัน $Q = 23.7000$ p-value = 0.7854
ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์	ค่าเฉลี่ย ไม่แตกต่างจากศูนย์ $t = 0.2520$ p-value = 0.8015	ค่าเฉลี่ย ไม่แตกต่างจากศูนย์ $t = 0.2520$ p-value = 0.8015	ค่าเฉลี่ย ไม่แตกต่างจากศูนย์ $t = 0.2520$ p-value = 0.8015	ค่าเฉลี่ย ไม่แตกต่างจากศูนย์ $t = 0.2520$ p-value = 0.8015
ความแปรปรวนคงที่	ความแปรปรวนคงที่ $W = 1.6557$ p-value = 0.0935	ความแปรปรวนคงที่ $W = 1.6114$ p-value = 0.1054	ความแปรปรวนคงที่ $W = 1.6734$ p-value = 0.0891	ความแปรปรวนคงที่ $W = 1.6447$ p-value = 0.0964

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มของตัวแบบ Holt-Winters-ARMA ทั้ง 4 ตัวแบบ ผ่านข้อตกลงของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มทั้ง 4 ข้อ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของข้อมูลชุดทดสอบ 3 และ 6 เดือน

จากภาพที่ 4.1 พบว่าตัวแบบ Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA มีค่า MAPE ต่ำที่สุดทุกระยะของชุดข้อมูลการทดสอบ 3 เดือน และ 6 เดือน ในทุกตัวแบบเมื่อเทียบกับตัวแบบ Holt-Winters แบบเดิม

4.3 การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์

การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ เพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยใช้เกณฑ์ทั้งหมด 2 เกณฑ์ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ยของค่าสมบรูณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) สำหรับเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ในข้อมูลชุดฝึกสอนและข้อมูลชุดทดสอบ และ 2) อัตราการลดความคลาดเคลื่อน (RER) สำหรับเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของข้อมูลชุดฝึกสอนของตัวแบบ Holt-Winters

ตัวแบบ การพยากรณ์	MAPE (%)			RER (%)	
	ชุดฝึกสอน	ชุดทดสอบ	ชุดทดสอบ	ชุดทดสอบ	ชุดทดสอบ
	120 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
LA	17.4403	21.6573	18.9998	-	-
NA	17.4070	18.4581	21.3352	-	-
LM	16.6573	12.7777	17.5013	-	-
NM	16.5457	12.4433	17.3840	-	-
LA-ARMA	16.1396	11.9192	18.2601	44.9654	3.8932
NA-ARMA	16.1881	11.1246	18.7008	39.7305	12.3477
LM-ARMA	15.7719	8.5290	16.9556	33.2509	3.1181
NM-ARMA	15.7209	8.1620	16.6665	34.4065	4.1274

จากตาราง 4.4 พบว่าตัวแบบ NM-ARMA มีค่า MAPE ต่ำที่สุดทุกกรณี และหลังจากการนำตัวแบบ Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA ทำให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์เพิ่มขึ้นจากเดิมโดยพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของค่า RER

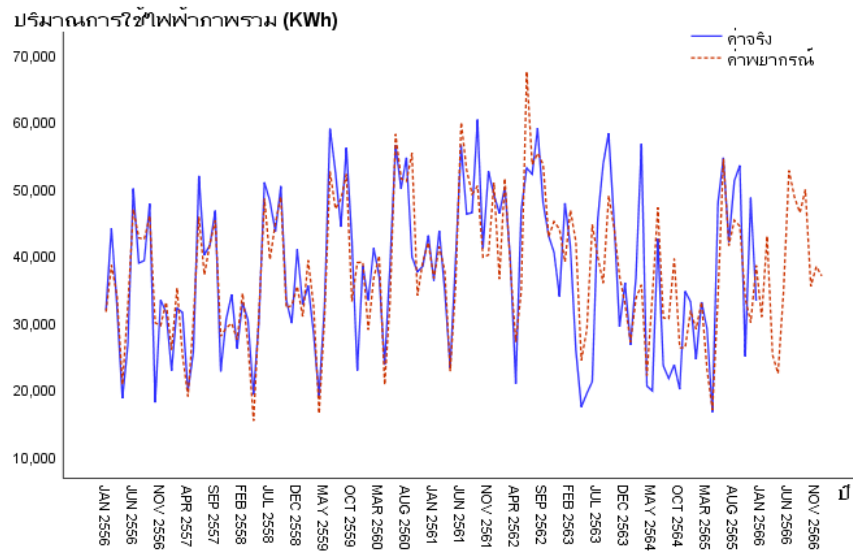
4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์

จากผลการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบที่ใช้เกณฑ์ทั้งหมด 2 เกณฑ์ คือ 1) ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) ในข้อมูลชุดฝึกสอนและข้อมูลชุดทดสอบ และ 2) อัตราการลดความคลาดเคลื่อน (RER) ในข้อมูลชุดทดสอบ ทำให้ทราบว่า ตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือ ตัวแบบ NM-ARMA และจากการนำตัวแบบ NM ร่วมกับตัวแบบ ARMA ทำให้ทราบว่า ตัวแบบพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ในปี พ.ศ.2566

เดือน	ค่าจริง	Winter	Winter-ARMA
มกราคม	29,960	32,270	30,797
กุมภาพันธ์	37,144	39,242	42,850
มีนาคม	26,752	33,165	25,058
เมษายน	18,336	20,354	22,346
พฤษภาคม	58,392	33,110	34,548
มิถุนายน	60,352	52,704	52,621
กรกฎาคม		45,399	48,687
สิงหาคม		46,284	46,327
กันยายน		49,616	49,745
ตุลาคม		33,975	35,344
พฤศจิกายน		36,201	38,316
ธันวาคม		38,941	36,912

กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าจริงและค่าพยากรณ์ด้วยตัวแบบ NM-ARMA ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ด้วยตัวแบบ NM-ARMA ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลรายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงเรียนอุทัยวิทยาคม มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม และเพื่อเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่ใช้ในการนำมาพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ได้มีการใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ 1 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2565 จำนวน 120 เดือน เพื่อใช้ในการหาตัวแบบที่เหมาะสม และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 โดยแบ่งเป็น 2 ระยะเวลา คือ ระยะเวลา 3 เดือน และระยะเวลา 6 เดือน โดยการศึกษาในครั้งนี้จะนำตัวแบบที่แม่นยำที่สุดจากเกณฑ์การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) พบว่า

5.1.1 จากการศึกษพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม คือ ตัวแบบ Holt-winters (NM) ร่วมกับตัวแบบ ARMA(0,0(4,14)) เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในระยะ 3 เดือน และระยะ 6 เดือน

5.1.2 การใช้ตัวแบบ Holt-winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการพยากรณ์และเพิ่มความแม่นยำจากตัวแบบ Holt-winters แบบเดิม โดยเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของร้อยละค่า RER

5.1.3 การใช้ตัวแบบ Holt-winters แบบที่มีฤดูกาลแบบคูณจะมีประสิทธิภาพการพยากรณ์และเพิ่มความแม่นยำสูงกว่าตัวแบบ Holt-winters แบบที่มีฤดูกาลแบบบวก

5.2 อภิปรายผล

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการใช้ตัวแบบ Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARMA ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ตัวแบบ Holt-Winters อย่างเดียว ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ (รวิศรา และคณะ, 2566) ที่กล่าวว่าตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ ARMA จะมีประสิทธิภาพและความแม่นยำมากกว่าการใช้ตัวแบบเดียว ในระยะ 3 เดือน และระยะ 6 เดือน ในการพยากรณ์ และเนื่องจากการนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม มาวิเคราะห์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนสูงในปีหลัง เนื่องมาจากเหตุการณ์โรคโควิด-19 ทำให้เกิดการผันผวนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ไม่คงที่ในปีหลังซึ่งจะกระทบการพยากรณ์ของตัวแบบในภาพรวม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคมในอนาคต ควรวิเคราะห์ตัวแบบด้านการเรียนรู้ของเครื่องจักรเข้ามาเพิ่มในการวิเคราะห์ เพราะเป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพสูง และเหมาะสมกับข้อมูลที่มีขนาดมาก ๆ

5.3.2 เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบและการพยากรณ์ในครั้งถัดไป ควรวิเคราะห์ตัวแปรที่เป็นปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม เช่น อุณหภูมิ ค่าไฟฟ้า จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือจำนวนอาคารเรียน เป็นต้น

5.4 ประโยชน์ของโครงการ

5.4.1 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วยให้การบริหารงบประมาณมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พ.ศ.2566 จากตารางที่ 4.5 มีค่าพยากรณ์ Holt-Winter ARMA คือ 46,327 kWh, 49,745 kWh และ 35,344 kWh ตามลำดับ คิดเป็นค่าไฟฟ้า 168,939 บาท, 181,402 บาท และ 128,887 บาท

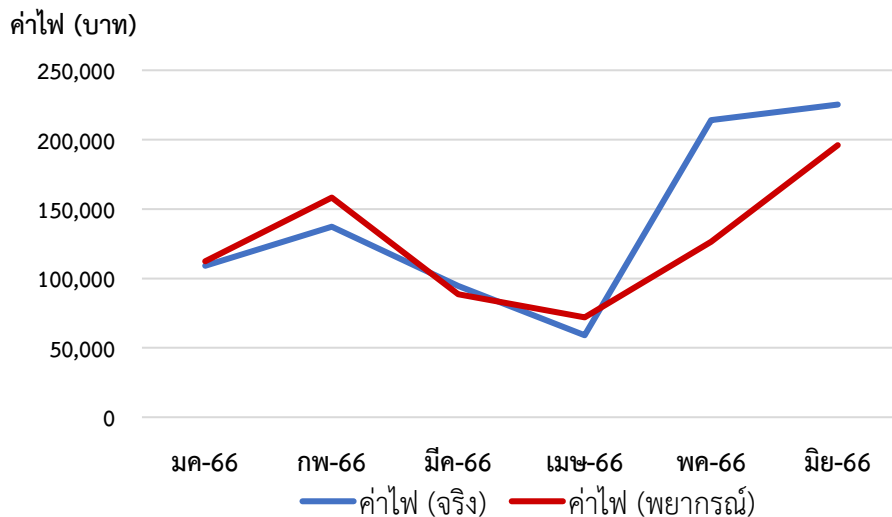
ภายหลังจากการคำนวณค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม ด้วยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบ NM-ARMA เราสามารถนำค่าพยากรณ์ไปคำนวณเพื่อใช้ในการคาดการณ์ค่าไฟฟ้าต่อเดือนของโรงเรียนอุทัยวิทยาคม เช่น การคาดการณ์ล่วงหน้า 3 เดือน (ไตรมาสแรกของปี 2566) หรือระยะ 6 เดือน (สองไตรมาสของปี 2566)

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างวิธีคิด ค่าพยากรณ์ค่าไฟฟ้า เดือนมกราคม พ.ศ. 2566

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ระหว่างค่าจริงกับ ค่าพยากรณ์	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าค่าไฟฟ้า		
	Peak	Offpeak + Holiday	รวม (บาท)
	4.1839 บาท/หน่วย	2.6037 บาท/หน่วย	
ปริมาณ การใช้ไฟฟ้าค่าจริง	$19,752.00 \times 4.1839$ = 82,640.39 บาท	$10,208.00 \times 2.6037$ = 26,578.58 บาท	109,218.96
ปริมาณ การใช้ไฟฟ้าค่าพยากรณ์	$20,326.02 \times 4.1839$ = 85,042.04 บาท	$10,470.98 \times 2.6037$ = 27,263.29 บาท	112,335.33

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟจริงและค่าไฟที่ได้จากค่าพยากรณ์

เดือน	ค่าไฟจริง (บาท)	ค่าไฟจากการพยากรณ์ (บาท)
มกราคม	109218.96	112305.33
กุมภาพันธ์	137367.22	158289.53
มีนาคม	94616.06	88605.54
เมษายน	59043.04	71953.63
พฤษภาคม	214118.14	126529.77
มิถุนายน	225302.01	196047.01



ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าไฟจริงและค่าไฟที่ได้จากค่าพยากรณ์

5.4.2 การวางแผนลดค่าไฟฟ้าระยะยาวด้วยพลังงานสะอาด เช่น ระบบโซลาร์เซลล์ เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พ.ศ.2566 คือ จากตารางที่ 4.13 Winter-ARMA คือ 46327, 49745, 35344 (หน่วย:KWh) เฉลี่ย 43085 (หน่วย:KWh) ต่อเดือน 1460 (หน่วย:kWh) ต่อวัน ระบบโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้าจากแสงแดดเฉลี่ย 6 ชม ต่อวัน นั่นคือโรงเรียน จะต้องติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ปริมาณ 243 KWh

บรรณานุกรม

- กนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์, ศรีนัย ตันวัฒนพงษ์, ธนาศักดิ์ ข่ายกระโทก, อัจฉรา ชินนิมพาณิษฐ์ (2563). ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2566. จาก [https://www.hu.ac.th/Conference/conference2022/proceedings/doc/04%20วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี/15-Sc-165%20\(607%20-%20622\).pdf](https://www.hu.ac.th/Conference/conference2022/proceedings/doc/04%20วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี/15-Sc-165%20(607%20-%20622).pdf)
- จินตพร หนัวินปิ่น, บุญอ้อม โฉมที, ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์. (2551). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธีสำหรับความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลางของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2566. จาก <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/55/cdgrc13/files/pmo15.pdf>
- เฉลิมรัช นนทะภา, ชัยณรงค์ เกษามูล, นิศา แก้วหาวงษ์, พิระศักดิ์ อินทรไพบูลย์. (2564). การประยุกต์ใช้ตัวแบบผสมด้วยวิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMA และโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของประเทศไทย. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยแม่โจ้) ครั้งที่ 2 (น.987-1001). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ยงยุทธ นาสมสร้อย. (2563). การใช้พลังงานไฟฟ้ามหาวิทยาลัยขอนแก่นปีงบประมาณ 2561 - 2562. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2566. จาก <https://ensan.kku.ac.th/downloads/analyzeReport3.pdf>
- วิศรา โชติรัตน์. (2565). การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาพรวมของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2566.
- เสนีย์ ทรัพย์บุญเลิศมา. (2563). รายงานการวิเคราะห์การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2566. จาก <https://ensan.kku.ac.th/downloads/analyzeReport2.pdf>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล และขั้นตอนดำเนินงาน



ภาพที่ 1 นำเสนอหัวข้อโครงการที่สนใจ



ภาพที่ 2 รวบรวมข้อมูลในการทำโครงการ



ภาพที่ 3 พูดคุยเพื่อขอคำปรึกษากับคุณครูที่ปรึกษาโครงการ

ภาคผนวก ข
ตัวแบบของสมการพยากรณ์ ข

2.1 ตัวแบบ ARMA

*ARMA.

TSET PRINT=BRIEF CIN=95 NEWVAR=ALL .

PREDICT THRU YEAR 2566 MONTH 12.

ARIMA ERR_1

/MODEL= NOCONSTANT

/P=0/D=0/Q=(4 14)/SP=0/SD=0/SQ=0

/MXITER= 10

/PAREPS= .001

/SSQPCT= .001

/FORECAST= EXACT.

COMPUTE mad = abs(y-FIT_1) .

EXECUTE .

COMPUTE mse = (y-FIT_1)*(y-FIT_1) .

EXECUTE .

COMPUTE mape = abs((y-FIT_1)/y) .

EXECUTE .

COMPUTE mpe = (y-FIT_1)/y .

EXECUTE .

DESCRIPTIVES

VARIABLES=mad mse mape mpe

/STATISTICS=SUM MEAN.

2.2 ตัวแบบ LA

*Exponential Smoothing.

```
TSET PRINT=DEFAULT NEWVAR=ALL.  
PREDICT THRU YEAR 2566 MONTH 12.  
EXSMOOTH /VARIABLES=y  
/MODEL=LA  
/ALPHA=GRID(.01 1 .01)  
/GAMMA=GRID(.01 1 .01)  
/DELTA=GRID(.01 1 .01)  
/INITIAL=CALCULATE.  
  
COMPUTE mad = abs(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mse = (y-FIT_1)*(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mape = abs((y-FIT_1)/y) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mpe = (y-FIT_1)/y .  
EXECUTE .  
  
DESCRIPTIVES  
VARIABLES=mad mse mape mpe  
/STATISTICS=SUM MEAN.
```

2.3 ตัวแบบ LM

*Exponential Smoothing.

```
TSET PRINT=DEFAULT NEWVAR=ALL.  
PREDICT THRU YEAR 2566 MONTH 12.  
EXSMOOTH /VARIABLES=y  
/MODEL=LM  
/ALPHA=GRID(.01 1 .01)  
/GAMMA=GRID(.01 1 .01)  
/DELTA=GRID(.01 1 .01)  
/INITIAL=CALCULATE.  
  
COMPUTE mad = abs(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mse = (y-FIT_1)*(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mape = abs((y-FIT_1)/y) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mpe = (y-FIT_1)/y .  
EXECUTE .  
  
DESCRIPTIVES  
VARIABLES=mad mse mape mpe  
/STATISTICS=SUM MEAN.
```

2.3 ตัวแบบ NA

*Exponential Smoothing.

```
TSET PRINT=DEFAULT NEWVAR=ALL.  
PREDICT THRU YEAR 2566 MONTH 12.  
EXSMOOTH /VARIABLES=y  
/MODEL=NA  
/ALPHA=GRID(.01 1 .01)  
/DELTA=GRID(.01 1 .01)  
/INITIAL=CALCULATE.
```

```
COMPUTE mad = abs(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mse = (y-FIT_1)*(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mape = abs((y-FIT_1)/y) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mpe = (y-FIT_1)/y .  
EXECUTE .
```

```
DESCRIPTIVES  
VARIABLES=mad mse mape mpe  
/STATISTICS=SUM MEAN.
```

2.4 ตัวแบบ NM

*Exponential Smoothing.

```
TSET PRINT=DEFAULT NEWVAR=ALL.  
PREDICT THRU YEAR 2566 MONTH 12.  
EXSMOOTH /VARIABLES=y  
/MODEL=NM  
/ALPHA=GRID(.01 1 .01)  
/DELTA=GRID(.01 1 .01)  
/INITIAL=CALCULATE.
```

```
COMPUTE mad = abs(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mse = (y-FIT_1)*(y-FIT_1) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mape = abs((y-FIT_1)/y) .  
EXECUTE .  
COMPUTE mpe = (y-FIT_1)/y .  
EXECUTE .
```

```
DESCRIPTIVES  
VARIABLES=mad mse mape mpe  
/STATISTICS=SUM MEAN.
```