

การประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์

วันที่รับ : 9 พฤศจิกายน 2566

วันที่แก้ไข : 16 มกราคม 2567

วันที่ตอบรับ : 22 มกราคม 2567

สารัลย์ กระจง^{1*}, คณกร สว่างเจริญ¹, พงศ์ ทรดาล¹ และศิริกาญจน์ โพธิ์เขียว¹

¹บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author e-mail: saran.krachong@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้และทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561-2566) ประยุกต์ใช้สมการ 4 สมการ 1) สมการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) 2) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) 3) สมการเอกซ์โปเนนเชียล หนึ่งในขั้นแบบปรับค่า (ARRSES) และ 4) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) ผลการวิจัยพบว่า เมื่อทำการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์โดยนำข้อมูลรายเดือนมาเข้าสมการ EWMA มีความผิดพลาดน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 15.20 รองลงมาเป็น สมการ ARRSES มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.15 สมการ Trend P. ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.59 และ สมการ SMA ผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 19.98 และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีมาใช้กับสมการ พบว่าสมการ Trend P. จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุดร้อยละ 6.40 ส่วนสมการอื่นๆ มีความผิดพลาดมากกว่าร้อยละ 25 จึงสรุปได้ว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าควรใช้สมการ Trend P. ร่วมกับข้อมูลรายปี เนื่องจากชุดข้อมูลที่นำมาใช้มีลักษณะเป็นเชิงเส้นทำให้ Trend P. มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อนำสมการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้สำหรับการพยากรณ์ร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์รายปี ในปี พ.ศ. 2566 พบว่าในปี พ.ศ. 2567 - 2569 จะมีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.57 ร้อยละ 6.37 และ ร้อยละ 12.23 ตามลำดับ ถ้าไม่มีการใช้พลังงานทดแทนหรือนโยบายด้านการจัดการพลังงานจะส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2569 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 7,525,959 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย 36,801,939 บาทต่อปี โดยคิดค่านวนค่าไฟฟ้า 4.89 บาทต่อหน่วย จากค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรวมจากภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) รวมกับค่าปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) จากปี พ.ศ.2561- 2566 ดังนั้นการประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงสามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ได้ ส่งผลให้มหาวิทยาลัยสามารถนำข้อมูลไปวางแผนนโยบายสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า, บริหารจัดการพลังงาน, การพยากรณ์อนุกรมเวลา, สมการแนวโน้มเชิงเส้น

APPLICATION OF MATHEMATICAL EQUATIONS TO FORECAST ELECTRICITY CONSUMPTION FOR ENERGY MANAGEMENT IN UNIVERSITIES :A CASE STUDY OF UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

Received : 9 November 2023

Revised : 16 January 2024

Accepted : 22 January 2024

Saran Krachong^{1*}, Kanakorn Sawangcharoen¹,

Pong Horadal¹ and Sirigarn Phokheaw¹

¹The Graduate School Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok

*Corresponding author e-mail: saran.krachong@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this research is to apply and test mathematical equations for volume forecasting the electricity usage at Uttaradit Rajabhat University using 7 factors; 1) number of buildings, 2) building usable area (square meters), 3) number of air conditioners, 4) number of light bulbs, 5) number of students, 6) number of teachers and personnel, and 7) amount of energy use during the time span of 6 years (2018-2023) and applying 4 equations which were 1) Trend prediction equation (Trend P.), 2) Simple moving average equation (SMA), 3) Exponential equation Adaptive one layer (ARRSES), and 4) Exponential weighted moving average (EWMA) equations. The research results revealed that when testing the mathematical equation by bringing monthly data into the equation, EWMA had the least error with an average of 15.20 percent, followed by the ARRSES equation with an average error of 18.15 percent, Trend P equation had the average error of 18.59 percent, and the SMA equation had an average error of 19.98 percent. When the annual average data was used with the equation, it was found that the Trend P. equation had the least error of 6.40 percent, while the other equations had more than 25 percent of error. Therefore, it could be concluded that the appropriate equation for forecasting electricity use should be the Trend P. equation combined with annual data. This was because the data set used was linear, Trend P. is the most appropriate. When the above equation is applied for forecasting together with annual electricity usage data of Uttaradit Rajabhat University in 2023, it is found that in 2024 - 2026 there will be an increase in the amount of electricity used. 5.57 percent, 6.37 percent, and 12.23 percent, respectively. If there is no use of alternative energy or energy management policy As a result, in 2026, Uttaradit Rajabhat University will have an electricity consumption of 7,525,959 kilowatt-hours. Or calculate the electricity cost that must be paid 36,801,939 baht per year by calculating the electricity cost of 4.89 baht per unit from the total average electricity cost from Value Added Tax (VAT) plus the automatic electricity rate adjustment (Ft) from the year 2018 – 2023. Therefore, the application of the above mathematical equations can predict the electricity consumption of Uttaradit Rajabhat University. As a result, the university can use the data to formulate appropriate policies for energy management in the university.

Keyword: Forecast electricity consumption, Energy management, Time series forecasting, Linear equation forecasting

บทนำ

มหาวิทยาลัยเป็นองค์กรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนจึงมีความสำคัญต่อมหาวิทยาลัยโดยตรง กล่าวคือ มหาวิทยาลัยต้องมีกระบวนการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงาน การควบคุมการใช้พลังงาน หรือการใช้พลังงานทดแทน จากทรัพยากรของมหาวิทยาลัยที่มีให้เต็มศักยภาพเพื่อการวางแผนและบริหารจัดการการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัย เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการที่ไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นปัญหาที่ ส่งผลเสีย ต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย (Elduque et al., 2018, p.14; Nasef et al., 2021, p.153; Shea et al., 2020, p.9) การจัดการควบคุมการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยควรพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางด้านกายภาพ หรือปัจจัยทางด้านกาหนดนโยบายบริหารจัดการ ต้องมีความชัดเจนและครอบคลุมทุกภาคส่วนในมหาวิทยาลัย เพื่อให้ทุกคนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนการกำหนดนโยบาย และเป้าหมายที่ได้นั้นจะไม่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้เลยหากผู้ใช้ไฟฟ้ายังมีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่ไม่คำนึงถึงต้นทุนทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างในงานวิจัยของเอเดโทนา และคนอื่นๆ (Adetona et al., 2020, p.83) ที่ได้อธิบายถึงพฤติกรรม的开เครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้ภายในบ้าน และสำนักงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก หรืองานวิจัยของนิโมห์ และคนอื่นๆ (Nimoh et al., 2021, p.7) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องบรรยายของมหาวิทยาลัยพบว่า 28.18% เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแม้ไม่ได้ใช้งาน จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นจึงแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยรวมมหาวิทยาลัย ซึ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์เป็นมหาวิทยาลัยหนึ่งที่มีแนวโน้มการใช้ปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการปรับปรุงอาคารเก่าและมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมสำหรับอาคารเก่าและอาคารใหม่ทำให้มีโหลดการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสวนทางกับการที่มีปริมาณอาจารย์และบุคลากรคงที่และมีจำนวนนักศึกษาลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลต่องบประมาณรายได้ของมหาวิทยาลัยที่ต้องนำมาจ่ายค่าไฟฟ้าเพิ่มเติมจากค่าไฟฟ้าที่ได้รับการจัดสรรในแต่ละปี จากงบประมาณรายจ่ายค่าสาธารณูปโภคของมหาวิทยาลัยในปีงบประมาณ 2566 พบว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์มีรายจ่ายค่าสาธารณูปโภคทั้งหมดประมาณ 30 ล้านบาท เป็น ค่าไฟฟ้าประมาณ 28 ล้านบาท (136,920,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง) คิดเป็นร้อยละ 93.33 ของค่าสาธารณูปโภคทั้งหมด (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ กองนโยบายและแผน, 2566, น.14) ซึ่งถือเป็นการเสียโอกาสในการนำงบประมาณส่วนดังกล่าวไปพัฒนานักศึกษา บุคลากร และมหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง

ดังนั้นการออกแบบนโยบายด้านพลังงานจึงต้องคำนึงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าและพฤติกรรมจริงของผู้ใช้งาน ในงานวิจัยนี้จึงได้ เล็งเห็นปัญหาในการออกนโยบายและเป้าหมายด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต้องมีฐานมาจากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยมาประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไฟฟ้าย้อนหลัง 6 ปี มาประยุกต์ใช้กับสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ เมื่อผลของงานวิจัยเสร็จสิ้นจะพบสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำสมการดังกล่าวไปพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยต่างๆ แล้วเห็นแนวโน้มของการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในอนาคตเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการวิเคราะห์เพิ่มเติมแหล่งพลังงานทดแทนหรือการส่งเสริมนโยบายการอนุรักษ์พลังงานของมหาวิทยาลัย ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการประเมินการจัดการพลังงานขององค์กร (Energy management matrix: EMM) และ การจัดทำรายงานการจัดการพลังงานของมหาวิทยาลัยที่ต้องรายงานไปยังกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงานทุกปี ตามข้อกำหนดกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 (กระทรวงพลังงาน, 2552) ซึ่งมหาวิทยาลัยถือเป็นอาคารควบคุมจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยให้มหาวิทยาลัยมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวที่มีการจัดการพลังงานที่ดีขึ้นสามารถเป็นต้นแบบให้กับหน่วยงานอื่นรวมทั้งเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์ด้านพลังงานที่เกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และประเทศชาติต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
2. เพื่อทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการดำเนินงานวิจัยการประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัย จะสามารถแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561-2566) (วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และนิติ เอี่ยมชื่น, 2563, น.82) และจากการนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัย

2. นำข้อมูลปัจจัยทางกายภาพทั้ง 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน ย้อนหลัง 6 ปี มาทำการหาวิเคราะห์ผ่านสมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า รายละเอียดของวิธีการดำเนินการดังกล่าวจะสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติด้วยสมการคณิตศาสตร์

วิธีการดำเนินการรวบรวมข้อมูลปัจจัยต่างๆ ในพื้นที่เป้าหมายและเลือกนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาคำนวณผ่านสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เพื่อกำหนดนโยบายที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิก (Classical time series forecasting methods) ที่มีข้อดีคือสามารถพยากรณ์โดยใช้ ชุดข้อมูลจำนวนน้อยเช่นข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนหรือรายปี ต่างจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบขั้นสูงอย่าง SARIMA ที่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และมีรูปสมการที่ซับซ้อนทำให้ยากต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้สมการอย่างง่ายที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยสมการสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1.1 สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend projection)

สมการการคาดคะเนแนวโน้ม หรือ Trend projection เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สมการเชิงเส้นหาความชันของเส้นตรง และหาความสัมพันธ์ของสองตัวแปร ซึ่งสมการการคาดคะเนแนวโน้มเป็นวิธีการพยากรณ์ที่อาศัยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในอดีตและเวลา โดยสมมติว่าแนวโน้มในอนาคตจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับแนวโน้มที่ผ่านมา โดย ค่า a จะเป็นค่าคงที่ที่ตัดแกน y และค่า b จะเป็นค่าความชันของเส้นแนวโน้ม ซึ่งจะบอกถึงทิศทางและอัตราการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มในอนาคต (Dong & Pedrycz, 2008, p.3267) สมการ ดังกล่าวมีข้อดีคือเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ง่ายและเข้าใจง่าย สามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลจำนวนมาก และนำไปใช้ได้กับข้อมูลที่มีความหลากหลาย แต่มีข้อเสียคืออาจไม่แม่นยำหากแนวโน้มในอนาคตเปลี่ยนแปลงสูงเกินไปกว่าแนวโน้มที่ผ่านมา (Onaolapo et al., 2021, p.4; Pataropura et al., 2020, p.118) โดยสมการการคาดคะเนแนวโน้มมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (2)$$

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3)$$

โดยที่	Σ	คือ	ค่าผลรวม
	\bar{x}	คือ	ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ
	\bar{y}	คือ	ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม
	n	คือ	จำนวนของข้อมูล
	\hat{Y}	คือ	ค่าพยากรณ์ตัวแปรตาม
	a	คือ	ค่าคงที่ที่ตัดแกน y
	b	คือ	ค่าความชันของเส้นตรงแนวโน้ม
	x	คือ	ช่วงระยะเวลา

เมื่อสมการที่ 1-2 เป็นสมการสำหรับการคำนวณหาค่าคงที่ และ ความชันของเส้นตรง เพื่อนำผลที่ได้มาใช้คำนวณในสมการที่ 3 ซึ่งเป็นสมการคาดคะเนแนวโน้มจากการคำนวณข้อมูลจากจุด a ไปจุด b ทำให้ผลลัพธ์จากสมการดังกล่าวสามารถตอบแนวโน้มที่กำลังจะเกิดขึ้นในจุดถัดไปได้

1.2 สมการการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลหนึ่งชั้น (Adaptive-response-rate single exponential smoothing, ARSSES)

ARSSES หรือสมการการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลหนึ่งชั้นแบบปรับค่าได้ มีวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในอดีตมาปรับน้ำหนักการพยากรณ์ โดยสมมติว่าข้อมูลในอดีตที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับข้อมูลปัจจุบันจะมีน้ำหนักเป็นอย่างไร โดยการกำหนดค่าเฉพาะเจาะจงของ α การเปลี่ยนหาค่า α เป็นไปตามลักษณะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ทำให้ค่าพยากรณ์ปรับค่าไปตามการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงโดยมีสมการดังนี้

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่พยากรณ์ ณ เวลา t เมื่อ $0 < \alpha < 1$ ดังสมการ

$$\hat{Z}_t(1) = \alpha Z_t + (1 - \alpha)\hat{Z}_{t-1}(1) \tag{4}$$

ให้ $\alpha_{t+1} = \frac{E_t}{M_t}$

โดยที่ $E_t = \beta e_t + (1 - \beta)E_{t-1}$

$M_t = \beta |e_t| + (1 - \beta)M_{t-1}$

$e_t = Z_t - \hat{Z}_t(1)$

การกำหนดค่าเริ่มต้น $\hat{Z}_0(1) = Z_1$ หรือ $\hat{Z}_0(1) = \bar{Z} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Z_i$

$\alpha_1 = 0, \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \beta$ ซึ่งควรมีค่า $0.05 \leq \beta \leq 0.20$

$E_1 = M_1 = 0$

จากสมการที่ 4 ข้างต้น เป็นการกำหนดข้อมูล α เพื่อปรับน้ำหนัก และน้ำหนักนั้นมาใช่เป็นข้อมูลอ้างอิงในการพยากรณ์ ซึ่งทำให้มีข้อดีคือสามารถปรับตัวตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาได้ (Fahrudin et al., 2021, p.129)

1.3 สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple moving average method, SMA)

สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย หรือ SMA เป็นสมการที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเวลาไม่แตกต่างกันมากนัก (Aji et al., 2022, p.965; Ramadhan et al., 2022, p.99) ข้อมูลอนุกรมเวลาเคลื่อนไหวรอบค่าคงที่ค่าหนึ่งเป็นระยะเวลานาน ตัวแบบค่าเฉลี่ยคงที่ระยะยาวมีสมการตัวแบบดังนี้

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่พยากรณ์ ณ เวลา t เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา

$$\hat{z}_t(1) = \frac{(t-1)\hat{z}_{t-1}(1) + z_t}{t} \quad (5)$$

1.4 สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential weighted moving average, EWMA)

สมการการคาดการณ์โดยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล หรือ EWMA เป็นสมการที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลตัวเลขล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์ในอนาคต คำนวณน้ำหนักของข้อมูลไม่เท่ากัน โดยข้อมูลล่าสุดจะมีน้ำหนักมากกว่าข้อมูลที่อยู่ห่างไกลออกไป น้ำหนักของข้อมูลจะลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลตามเวลาที่ห่างไกลออกไปในอดีต (Adewuyi, 2016, p.103; Herdiani et al., 2018, p.8) สมการดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

อนุกรมเวลา	Z_1	Z_2	Z_3	...	Z_{t-2}	Z_{t-1}	Z_t
ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล	a^{t-1}	a^{t-2}	a^{t-3}	...	a^2	a^1	a^0

$$\hat{Z}_t(1) = \frac{\sum_{r=0}^{t-1} a^r Z_{t-r}}{\sum_{r=0}^{t-1} a^r} = \frac{S_t}{W_t} \quad (6)$$

เมื่อ Z_t คือ ค่าสังเกตค่าล่าสุด
 a คือ ค่าคงที่ เรียกว่า ปัจจัยส่วนลด ; $0 < a < 1$

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่พยากรณ์ ณ เวลา t

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } S_t &= \sum_{r=0}^{t-1} a^r Z_{t-r} \\ &= Z_t + a^1 Z_{t-1} + a^2 Z_{t-2} + a^3 Z_{t-3} + \dots \\ &= Z_t + a[Z_{t-1} + a^1 Z_{t-2} + a^2 Z_{t-3} + \dots] \\ &= Z_t + aS_{t-1} \quad ; \end{aligned}$$

โดยให้ค่าเริ่มต้น $S_0 = 0$

$$\begin{aligned} W_t &= \sum_{r=0}^{t-1} a^r \\ &= 1 + a^1 + a^2 + a^3 + \dots \\ &= 1 + a(1 + a^1 + a^2 + a^3 + \dots) \\ &= 1 + aW_{t-1} \quad ; \end{aligned}$$

โดยให้ค่าเริ่มต้น $W_0 = 0$ เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา 1 เทอม คือ Z_{t-1} จะทิ้งค่าในอดีตที่ไกลสุดไป คือ Z_1 จะได้

ข้อมูล	Z_2	Z_3	Z_4	...	Z_{t-1}	Z_t	Z_{t+1}
ถ่วงน้ำหนัก	a^{t-1}	a^{t-2}	a^{t-3}	...	a^2	a^1	a^0

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่กระทำ ณ เวลา $t+1$ คือ

$$\hat{Z}_{t+1}(1) = \frac{S_{t+1}}{W_{t+1}}$$

เมื่อ $S_{t+1} = Z_{t+1} + aS_t$
 $W_{t+1} = 1 + aW_t$

มีค่าคาดหวังของค่าพยากรณ์ คือ $E[\hat{Z}_t(1)] = \mu$
 และความแปรปรวนของค่าพยากรณ์ คือ $V[\hat{Z}_t(1)] = \sigma^2 \left(\frac{1-a}{1+a} \right)$

การกำหนดค่า a

ถ้ากำหนดค่า a ใกล้ 1 จะเปรียบเสมือนการเพิ่มค่า n ในวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว และถ้ากำหนดค่า a ใกล้ 0 จะเปรียบเสมือนการลดค่า n ในวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว

2. นำข้อมูลปัจจัยทางกายภาพทั้ง 7 ปัจจัย มาวิเคราะห์ผ่านสมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และทำการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของสมการน้อยที่สุด จากการที่สมการเป็นแบบใช้แนวโน้มในการพยากรณ์ 1 จุดด้านหน้า ดังนั้นจึงดำเนินการหาค่าความคลาดเคลื่อนของสมการจากสูตร ค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ ((ผล-ค่าจริง)/ค่าจริง)*100 และนำสมการที่ได้มาทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในช่วงอนาคต 3 ปี (พ.ศ. 2567 – พ.ศ. 2569) เนื่องจากการคาดการณ์ระยะยาวจำเป็นต้องการพัฒนากลยุทธ์ส่วนใหญ่เพื่อให้การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีความน่าเชื่อถือ ระยะเวลาการพยากรณ์ไม่ควรเกิน 3 - 5 ปี (Klyuev et al., 2022, p.15)

ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลปัจจัยทางกายภาพทั้ง 7 ปัจจัย ประกอบด้วย 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561 - 2566) ข้อมูลทางสถิติแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ข้อมูลทางสถิติปัจจัยทางกายภาพมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

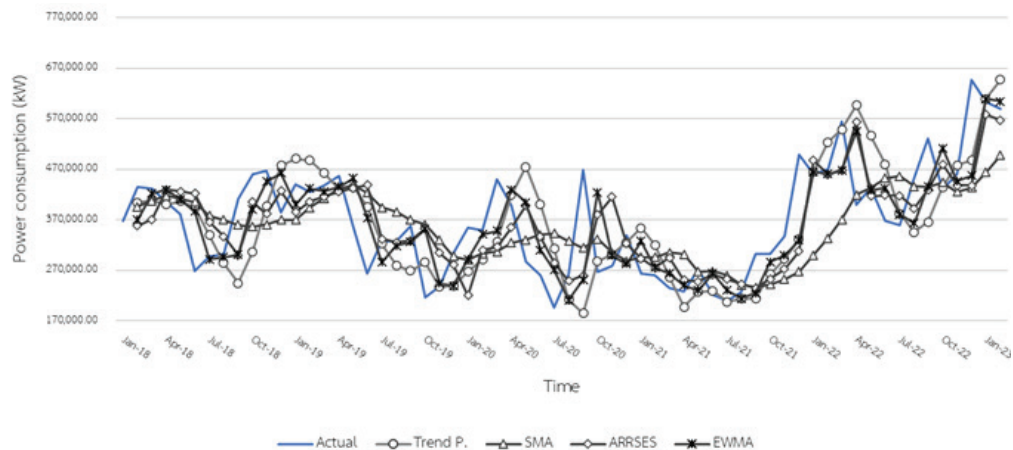
รายการ	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2565	พ.ศ. 2566
จำนวนอาคาร	154	155	156	163	168	168
พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ม.²)	98,231	105,743	106,425	111,200	114,612	114,612
จำนวนเครื่องปรับอากาศ	827	827	842	1,487	1,643	2,026
จำนวนหลอดไฟฟ้า	15,084	16,238	16,342	17,076	17,599	17,599
จำนวนนักศึกษา	9,056	8,094	7,161	7,219	6,151	5,724
จำนวนอาจารย์ และบุคลากร	961	979	961	976	955	944
การใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	5,618,347	5,377,290	4,590,004	4,293,629	4,981,182	6,719,636

ที่มา : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ (2566)

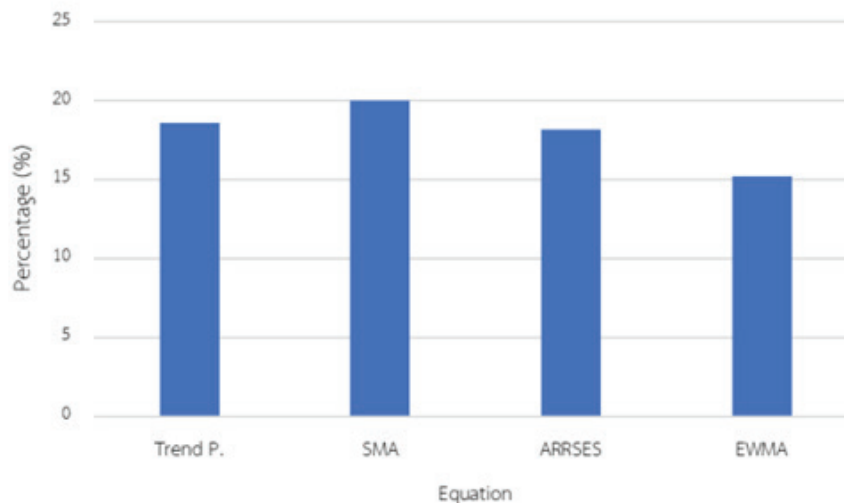
หมายเหตุ : จำนวนเครื่องปรับอากาศและจำนวนหลอดไฟฟ้าเป็นการนับจำนวนเชิงปริมาณเท่านั้น

จากตาราง 1 แสดงถึงข้อมูลสถิติย้อนหลังตั้งแต่ พ.ศ. 2561–2566 จากข้อมูลพบว่าจำนวนอาคารที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 17 ส่งผลให้มีจำนวนเครื่องปรับอากาศเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 145 และการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 แต่ในขณะเดียวกันกับพบว่าจำนวนนักศึกษาลดลงถึงร้อยละ 37 เนื่องจากมีการปรับปรุงอาคารเก่า และติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มสำหรับอาคารเก่าและอาคารใหม่ทำให้มีโหลตกรการใช้งานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่ามีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตามขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร จำนวนเครื่องปรับอากาศ และจำนวนหลอดไฟฟ้า

ดังนั้นจากการที่ปริมาณใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นการทดสอบสมการคณิตศาสตร์จะใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาทดสอบหาความเที่ยงตรงของทั้ง 4 สมการ ในการทดสอบได้รวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนเพื่อทดสอบสมการทั้งหมดผลการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังภาพ 1 - 2 ดังนี้

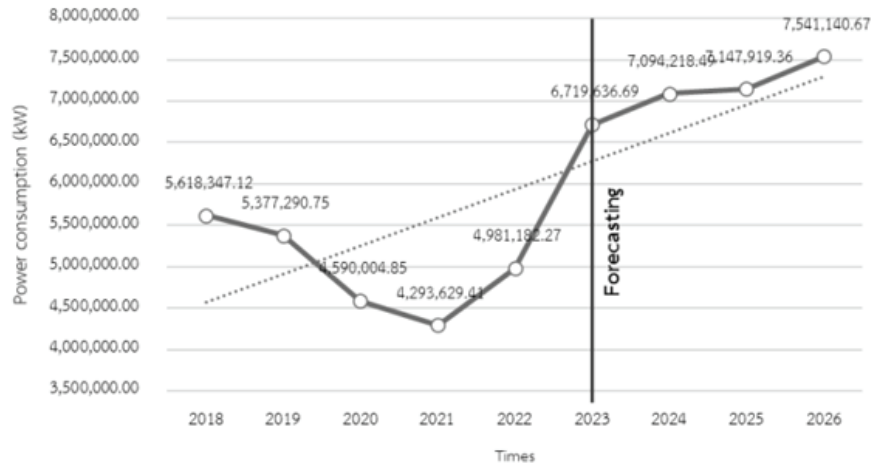


ภาพ 1 ผลการทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือน

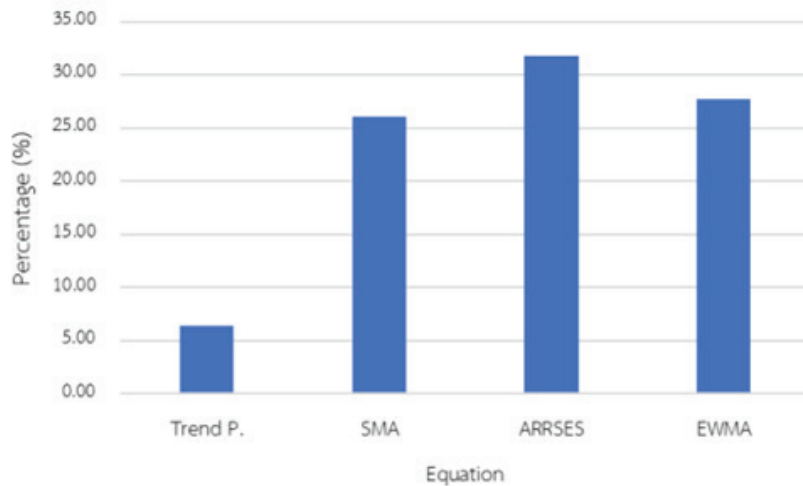


ภาพ 2 ผลความผิดพลาดโดยรวมของสมการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือน

จากภาพ 1 - 2 เป็นการแสดงผลการทดสอบสมการโดยใช้ข้อมูลรายเดือนเป็นเวลา 69 เดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2566 ผลการทดสอบพบว่า สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) มีความผิดพลาดน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 15.2 รองลงมาเป็นสมการเอกซ์โปเนนเชียลหนึ่งขั้นแบบปรับค่า (ARRSES) มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.15 สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.59 และสมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) ผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 19.98 จากข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าสมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) นั้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีการขึ้นลงผันน้อย การใช้ไฟฟ้ารายเดือนมากกว่าสมการอื่นจึงทำให้มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้หากนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีที่มีการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่น้อยกว่าแบบรายเดือนมาประยุกต์ใช้กับสมการทั้งหมดจะพบว่าสมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ผลการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังภาพ 3-4



ภาพ 3 ผลการทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายปี



ภาพ 4 ผลความผิดพลาดโดยรวมของสมการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายปี

จากภาพ 3 เป็นผลการนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายปีมาทดสอบ โดยลักษณะของชุดข้อมูลจะเป็นข้อมูลเชิงเส้น และมีการตกลงในช่วง Parabola แบบหงายในปี พ.ศ. 2562-2565 (ค.ศ. 2019-2022) เนื่องจากสถานการณ์ไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยลดน้อยลง และได้มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2566 ส่งผลให้เมื่อนำข้อมูลมาใช้กับสมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความชันของเส้นตรงส่งผลให้การพยากรณ์คิดว่าในปี พ.ศ. 2567-2569 คาดว่าจะมีการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.57, ร้อยละ 6.37 และร้อยละ 12.23 ตามลำดับ ถ้าไม่มีนโยบายการใช้พลังงานทดแทนหรือนโยบายด้านการจัดการพลังงาน จะส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2569 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 7,541,140 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากเดิม 6,719,636 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย 36,876,174 บาทต่อปี โดยคิดคำนวณจากอัตราค่าไฟ 4.89 บาทต่อหน่วย โดยคิดคำนวณจากค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรวมจากภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) รวมกับค่าปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) จากปี พ.ศ. 2561-2566 นอกจากนี้ในการทดสอบยังใช้ชุดข้อมูล พ.ศ. 2561-2565 เพื่อทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงโดยนำผลที่ได้จากสมการทั้ง 4 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลปัจจุบัน (พ.ศ. 2566) จากผลการทดสอบดังภาพ 4 จากภาพการเคลื่อนที่ของชุดข้อมูลจะมีความเป็นเส้นตรงส่งผลให้สมการการคาดคะเนแนวโน้มมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งมีความผิดพลาดเฉลี่ยเพียง ร้อยละ 6.4 ต่างจากสมการอื่นๆ ที่มีความผิดพลาดมากกว่าร้อยละ 25 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าควรใช้สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ร่วมกับข้อมูลรายปีเนื่องจากมีความซับซ้อนของข้อมูลที่น้อยกว่าส่งผลให้มีผลความแม่นยำที่สูงขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

สมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์พบว่าเมื่อนำข้อมูลรายเดือนมาเข้าสมการ EWMA มีความผิดพลาดน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นสมการที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลตัวเลขล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์ในอนาคต ค่าความน่าหนักของข้อมูลไม่เท่ากันทำให้เมื่อนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนจึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการชนิดอื่นสอดคล้องกับงานวิจัยของ อเดวูยีและเฮอร์ดิอานี และคนอื่นๆ (Adewuyi, 2016, p.103; Herdiani et al., 2018, p.8) และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีมาประยุกต์ใช้กับสมการ พบว่าสมการ Trend P. จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการพยากรณ์ที่สามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลจำนวนมากและนำไปใช้ได้กับข้อมูลที่มีความหลากหลายทำให้เมื่อนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีจึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการชนิดอื่นสอดคล้องกับงานวิจัยของโอนาโอลาโป และคนอื่นๆ และภัทราปุระ และคนอื่นๆ (Onaolapo et al., 2021, p.4; Pataropura et al., 2020, p.118) ดังนั้นการพยากรณ์โดยใช้สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์รายปี มีความแม่นยำสูงที่สุด และเมื่อนำมาพยากรณ์ปริมาณค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย 3 ปี ข้างหน้าจะสูงขึ้นประมาณ ร้อยละ 12.23 หรือคิดเป็นประมาณ 32 ล้านบาท/ปี ดังนั้นมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องมีการใช้พลังงานทดแทน อาจจะเป็นรูปแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของมหาวิทยาลัยได้ โดยระบบดังกล่าวบนพื้นที่หลังคา 704 ตารางเมตร สามารถใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งปีมีค่าเท่ากับ 152.12 เมกะวัตต์ชั่วโมง สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.711 ที่อายุโครงการ 25 ปี มีค่าผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับร้อยละ 164.30 มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,364,334 บาท และระยะเวลาคืนทุน 8.3 ปี รวมทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 91.06 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือตลอดทั้งอายุโครงการ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 2,139.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงค์ และคนอื่นๆ, 2565, น.94) โดยในปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาขนาด 505 กิโลวัตต์ สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 3 ล้านบาท/เดือน หรือประมาณ 2 ล้านบาท/ปี ซึ่งโดยศักยภาพของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้ประมาณ 1 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 6 ล้านบาท/เดือน หรือประมาณ 7 ล้านบาท/ปี รวมทั้งควรมีนโยบายด้านการจัดการพลังงาน เช่น นโยบายการอนุรักษ์พลังงาน การจัดการองค์กรด้านพลังงาน การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจด้านพลังงาน ระบบข้อมูลข่าวสารพลังงาน ประชาสัมพันธ์ การประหยัดพลังงาน หรือการลงทุนงบประมาณโครงการจัดการพลังงาน เพื่อเป็นการลดปริมาณค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ ผลการศึกษาพบว่า จากการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ 4 สมการ คือ 1) สมการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) สมการดังกล่าวมีข้อดีคือเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ง่ายและเข้าใจง่าย สามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลจำนวนมาก และนำไปใช้ได้กับข้อมูลที่มีความหลากหลาย แต่มีข้อเสียคืออาจไม่แม่นยำหากแนวโน้มในอนาคตเปลี่ยนแปลงสูงเกินไปกว่าแนวโน้มที่ผ่านมา 2) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) เป็นสมการที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเวลาไม่แตกต่างกันมาก 3) สมการเอกซ์โปเนนเชียลหนึ่งขั้นแบบปรับค่า (ARRSES) เป็นสมการที่มีวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในอดีตมาปรับน้ำหนักการพยากรณ์ โดยสมมติว่าข้อมูลในอดีตที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับข้อมูลปัจจุบันทำให้ค่าพยากรณ์ปรับค่าไปตามการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และ 4) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) เป็นสมการที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลตัวเลขล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์ในอนาคต ค่าความน่าหนักของข้อมูลไม่เท่ากัน ทั้ง 4 สมการเป็นสมการคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและสามารถใช้พัฒนาเป็นอัลกอริทึมของระบบสารสนเทศได้

สำหรับการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ผู้วิจัยใช้ข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าจำนวน 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561-2566) เพื่อทดสอบสมการคณิตศาสตร์ทั้ง 4 สมการ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำข้อมูลรายเดือนมาทดสอบสมการพบว่า สมการ EWMA มีความผิดพลาดน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 15.20 รองลงมาเป็น สมการ ARSES มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.15 สมการ Trend P. ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.59 และ สมการ SMA ผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 19.98 ซึ่งทั้ง 4 สมการมีความผิดพลาดใกล้เคียงกัน และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีมาทดสอบสมการ พบว่าสมการ Trend P. จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งมีความผิดพลาดเฉลี่ยเพียงร้อยละ 6.40 ส่วนสมการอื่นๆ ที่มีความผิดพลาดมากกว่าร้อยละ 25 จึงสรุปได้ว่า สมการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า คือ สมการ Trend P. ร่วมกับข้อมูลรายปี และเมื่อนำสมการ Trend P. มาพยากรณ์ร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจริงรายปีของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2566 พบว่า ในปี พ.ศ. 2567-2569 จะมีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.57 ร้อยละ 6.37 และ ร้อยละ 12.23 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สมการคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานต่างๆ ได้
2. สมการคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้
3. สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยต่างๆ ได้
4. สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนมุ่งสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวได้
5. สามารถใช้วิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในชุมชนท้องถิ่นได้
6. สามารถใช้ผลการพยากรณ์ร่วมกับปัจจัยการประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix: EMM) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการตามข้อกำหนดกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ปัจจัยที่จะนำมาใช้กับสมการคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าควรมีข้อมูลย้อนหลังเพิ่มขึ้น
2. ควรวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสนับสนุนสถานที่ในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทั้งภายในและภายนอกที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้งขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่อำนวยความสะดวกในการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. (2552, 25 กันยายน). *ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552*.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ กองนโยบายและแผน. (2566). *รายงานประจำปี 2566*. กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงศ์, วิชระ วงศ์ปัญญา, บุญวัฒน์ วิจารณ์พล, เกศนีย์ อินอ้าย, และวราคม วงศ์ชัย. (2565). การจำลองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของเทศบาลตำบลแม่มาะ จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 17(1), 81-97.

- วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และ นิติ เอี่ยมชื่น (2563). การคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(1), 76-89.
- Adetona, S., Ogundeji, A., Ipinimo, O., & Salawu, R. (2020). Reducing wastage in electricity usage through the use of advancement in GSM technology. *Journal of Engineering and Technology (JET)*, 11(1), 83-96. <https://jet.utem.edu.my/jet/article/view/5546>
- Adewuyi, A. W. (2016). Modelling stock prices with exponential weighted moving average (EWMA). *Journal of Mathematical Finance*, 6(1), 99-104. <https://doi.org/10.4236/jmf.2016.61011>
- Aji, B. G., Sondawa, D. C. A., Anindika, F. A., & Januarita, D. (2022). Analisis peramalan obat menggunakan metode simple moving average, weighted moving average, dan exponential smoothing. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), 959-965. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i4.4454>
- Dong, R., & Pedrycz, W. (2008). A granular time series approach to long-term forecasting and trend forecasting. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(13), 3253-3270. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.095>
- Elduque, A., Elduque, D., Claveria, I., & Javierre, C. (2018). Influence of Material and Injection Molding Machine's selection on the electricity consumption and environmental impact of the injection molding process: An experimental approach. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5, 13-28. <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0002-0>
- Fahrudin, T. M., Ambariawan, R. P., & Kamisutara, M. (2021). Demand forecasting of the automobile sales using least square, single exponential smoothing and double exponential smoothing. *Petra International Journal of Business Studies (IJBS)*, 4(2), 122-130. <https://doi.org/10.9744/ijbs.4.2.122-130>
- Herdiani, E. T., Fandrilla, G., & Sunusi, N. (2018). Modified exponential weighted moving average (EWMA) control chart on autocorrelation data. *Journal of physics: Conference series*, 979. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/979/1/012097>
- Klyuev, R. V., Morgoev, I. D., Morgoeva, A. D., Gavrina, O. A., Martyushev, N. V., Efremenkov, E. A., & Mengxu, Q. (2022). *Methods of forecasting electric energy consumption: A literature review. Energies*, 15(23), 8919. <https://doi.org/10.3390/en15238919>
- Nasef, A. F., Khattab, H. A. E.-H., & Awad, F. F. (2021). Evaluating the impact of demand side management techniques on household electricity consumption, a real case. *ERJ. Engineering Research Journal*, 44(2), 149-157. <https://doi.org/10.21608/erjm.2021.62524.1081>
- Nimoh, P., Duah, D., & Marful, A. (2021). Energy consumption and usage reduction in lecture halls, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202106.0694.v1>
- Onaolapo, A. K., Carpanen, R. P., Dorrell, D. G., & Ojo, E. E. (2021). Forecasting electricity outage in KwaZulu-Natal, south africa using trend projection and artificial neural networks techniques. *IEEE PES/IAS PowerAfrica*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica52236.2021.9543182>
- Pataropura, A., Sabatino, I. D., & Riki, R. (2020). Inventory management with forecasting method: Single moving average and trend projection. *Bit-Tech: Binary Digital-Technology*, 2(3), 110-121. <https://doi.org/10.32877/bt.v2i3.162>
- Ramadhan, R. H., Yusman, R., & Pranoto, G. T. (2022). Comparison of holt winters and simple moving average models to identify the best model for predicting flood potential based on the normalized difference water index. *JISA (Jurnal Informatika dan Sains)*, 5(2), 99-105. <https://doi.org/10.31326/jisa.v5i2.1316>
- Shea, R. P., Worsham, M. O., Chiasson, A. D., Kissock, J. K., & McCall, B. J. (2020). A lifecycle cost analysis of transitioning to a fully-electrified, renewably powered, and carbon-neutral campus at the University of Dayton. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100576>