



บทความวิจัย

การเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันและวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์: กรณีศึกษาจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ตและสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

รังสิมา อ่อนลมุล* และ สมศรี บัณฑิตวิไล

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 3984 8015 อีเมล: 62605091@kmitl.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.08.001

รับเมื่อ 21 ธันวาคม 2564 แก้ไขเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2565 ตอปรับเมื่อ 21 เมษายน 2565 เผยแพร่ออนไลน์ 4 สิงหาคม 2565

© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันและวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ โดยใช้จำนวนผู้โดยสารรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ของสนามบินนานาชาติภูเก็ต ซึ่งมีทั้งแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล และสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย ซึ่งมีทั้งแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ และใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ต่ำที่สุดในการเลือกตัวแบบ ส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 เพื่อวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ผลการวิจัยพบว่า วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์เป็นวิธีที่เหมาะสม และมีความถูกต้องมากที่สุดสำหรับทั้งจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต และสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย โดยมีค่า MAPE เป็น 4.32 เปอร์เซ็นต์ และ 5.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ให้กับวิธีโฮลท์-วินเทอร์ทั้งกรณีที่มีแนวโน้มเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรงได้ดีกว่าวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การพยากรณ์อนุกรมเวลา วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ วิธีโฮลท์-วินเทอร์ ผู้โดยสารสนามบิน

การอ้างอิงบทความ: รังสิมา อ่อนลมุล และ สมศรี บัณฑิตวิไล, “การเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันและวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์: กรณีศึกษาจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ตและสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 221-231, ม.ค.-มี.ค. 2566.



Comparison of Forecasting Techniques between Holt-Winters Method with Different Initial Values and Bagging Holt-Winters Method, Case Study: Total Airport Passengers of Phuket International Airport and Mae Fah Luang Chiang Rai International Airport

Rangsima Onlamul* and Somsri Banditvilai

Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 3984 8015, E-mail: 62605091@kmitl.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.08.001

Received 21 December 2021; Revised 11 February 2022; Accepted 21 April 2022; Published online: 4 August 2022

© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this research is to compare forecasting techniques between the Holt-Winters method with different initial values and the Bagging Holt-Winters method based on the monthly number of passengers (January 2003 to December 2019) using Phuket International Airport, which has a linear trend and seasonal variation, and that of Mae Fah Luang Chiang Rai International Airport which has a non-linear trend and seasonal variation. The data collected by the Airport of Thailand Public Company Limited were divided into 2 sets. The first data set, (January 2003 to December 2018) was used to construct the models and the minimum Root Mean Square Error (RMSE) was employed for model selection. The second set (January 2019 to December 2019) was used to compute the accuracy of forecasting models by using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results show that the Bagging Holt-Winters method is the more appropriate method for forecasting total passengers of both airports whereas the MAPE are 4.32% and 5.58% respectively. In addition, the Bagging Holt-Winters method can increase forecasting efficiency in both linear and non-linear trends when compared with the Holt-Winters method with different initial values.

Keywords: Time Series Forecasting, Bagging Holt-Winters Method, Holt-Winters Method, Total Airport Passengers

Please cite this article as: R. Onlamul and S. Banditvilai, "Comparison of forecasting techniques between Holt-Winters method with different initial values and Bagging Holt-Winters method, case study: Total airport passengers of Phuket international airport and Mae Fah Luang Chiang Rai international airport," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 221-231, Jan.-Mar. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

การพยากรณ์เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการวางแผนการดำเนินธุรกิจให้มีประสิทธิภาพและเกิดความคุ้มค่าอนุกรมเวลา หมายถึง ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามลำดับเวลาซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยถูกเก็บรวบรวม ณ ช่วงเวลาต่างๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส หรือรายปี การพยากรณ์อนุกรมเวลามีหลายวิธีที่นิยมใช้ เช่น วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีปรับให้เรียบ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ฯลฯ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ นอกจากการปรับปรุงสมการปรับค่าแล้ว ยังมีการนำเทคนิคทาง Machine Learning เช่น แบกกิง (Bagging) มาประยุกต์ใช้ โดยงานวิจัยของ Bergmeir และคณะ [1] ได้นำแบกกิงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing; ETS) โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา M3 Competition Data Set จำนวน 3,003 ชุด จาก International Institute of Forecasters ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี ETS แล้วพบว่า อนุกรมเวลารายเดือนที่ประยุกต์ใช้แบกกิงสามารถเพิ่มความถูกต้องของการพยากรณ์ได้ ต่อมา Dantas และคณะ [2] ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการการขนส่งทางอากาศในประเทศต่างๆ ด้วยวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์พบว่า อนุกรมเวลารายเดือนจำนวน 13 ชุด จาก 14 ชุด ที่พยากรณ์ด้วยวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ล้วนให้ค่าความถูกต้องมากกว่าวิธีอื่นๆ และฉัฐวุฒิ [3] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยรายเดือน ซึ่งมีส่วนประกอบทั้งแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล โดยใช้เทคนิคแบกกิงร่วมกับวิธีโฮลท์-วินเทอร์พบว่า วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม (Bagging Holt-Winters with Damped Trend) ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาคือ วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์

แบกกิง (Bagging, Bootstrap Aggregation) นำเสนอโดย Breiman [4] เป็นเทคนิคที่ประกอบด้วย การสุ่มตัวอย่างแบบบูตสแตรป์ (Bootstrap) และการรวมกัน (Aggregation) โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบูตสแตรป์ ที่นำเสนอโดย Efron [5] เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Sampling with

Replacement) เพื่อสร้างตัวอย่างบูตสแตรป์ (Bootstrap Sample) จำนวนมาก แล้วนำตัวอย่างบูตสแตรป์ทั้งหมดไปหาตัวแบบ (Model) แล้วนำมารวมกัน (Aggregation) ด้วยค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ฯลฯ ขึ้นกับลักษณะและการแจกแจงของตัวอย่างบูตสแตรป์นั้น เพื่อสร้างตัวแบบสุดท้ายเพียงตัวแบบเดียว จากการสุ่มด้วยจำนวนครั้งที่มาก เช่น 100 ครั้ง จะทำให้การแจกแจงของตัวอย่าง (Sampling Distribution) มีการแจกแจงใกล้เคียงการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และสามารถลดความแปรปรวน (Variance) โดยไม่เพิ่มขนาดความคลาดเคลื่อน (Bias) [6]

วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบทั้งแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลฤดูกาล จากงานวิจัยที่ผ่านมาวิธีดังกล่าวจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธีพยากรณ์อื่นๆ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และมีงานวิจัยเพียงบางส่วนที่ระบุวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในการคำนวณสมการปรับค่าองค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล แต่มีเพียงส่วนน้อยที่ศึกษาประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน เช่น Booranawong และ Booranawong [7] ได้ศึกษาการพยากรณ์ราคามะนาว พริก และตะไคร้ พบว่า อนุกรมเวลาที่พยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing; DES) ไม่ว่าจะกำหนดค่าเริ่มต้นของแนวโน้มด้วยวิธีใด ต่างให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การพยากรณ์ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์พบว่า การกำหนดค่าเริ่มต้นของแนวโน้มที่แตกต่างกันให้ค่า MAPE ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และ Suppalakpanya และคณะ [8] ได้ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตและราคาของน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ และ Extended Additive Holt-Winters (EAHW) โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของแนวโน้มที่แตกต่างกัน 4 แบบ พบว่า ตัวแบบที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดมาจากวิธี EAHW ที่มีการกำหนดค่าเริ่มต้นแนวโน้มเป็น $b_1 = \frac{Y_m - Y_1}{m-1}$ และ $b_1 = 0$ เมื่อ Y_m คือ ค่าสังเกต ณ หน่วยเวลา

m , Y_t คือ ค่าสังเกต ณ หน่วยเวลาที่ 1 และ m คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี ในขณะที่คุณากรและสมศรี [9] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการสนามบินสุวรรณภูมิรายเดือน ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) และวิธีโฮลท์-วินเทอร์ที่กำหนดค่าเริ่มต้นจากวิธีแยกส่วนประกอบพบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดมาจากวิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นจากวิธีการแยกส่วนประกอบโดยใช้ข้อมูล 5 ปี

จากที่กล่าวมา ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันและวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ซึ่งยังไม่เคยมีงานวิจัยใดทำมาก่อน โดยนำไปพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารรายเดือนของสนามบินนานาชาติภูเก็ต และสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

2. วิธีศต อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

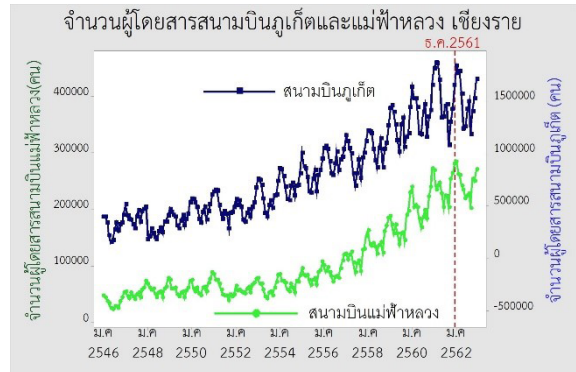
2.1 ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ได้แก่ จำนวนผู้โดยสารรายเดือนของสนามบินนานาชาติภูเก็ตและสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย (คน) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ในสถานการณ์ปกติ จึงไม่นำข้อมูลใน พ.ศ. 2563 ซึ่งถูกรบกวนด้วยสถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) มาใช้ในกรณีวิเคราะห์ข้อมูล จากข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ใช้ในการสร้างตัวแบบและคัดเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2562 ใช้ในการวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

นำอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารสนามบินทั้ง 2 ชุด มา



รูปที่ 1 จำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต และสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562

สร้างแผนภาพการกระจายดังรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต มีส่วนประกอบทั้งแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล โดยมีลักษณะของแนวโน้มคล้ายเส้นตรง (Linear) และอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย มีส่วนประกอบทั้งแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล โดยมีลักษณะของแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear)

2.3 การสร้างตัวแบบพยากรณ์

นำข้อมูลส่วนที่ 1 มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน และวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ โดยงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2013

2.3.1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์

การกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยการใช้ข้อมูล 1 ปีแรกที่มีค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบแนวโน้ม (Trend) ที่แตกต่างกัน 5 แบบ แสดงดังสมการที่ (4)–(8) ในขณะที่ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบระดับ (Level) และองค์ประกอบฤดูกาล (Seasonal) แสดงดังสมการที่ (1)–(3) ตามลำดับ และวิธีที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ย

เคลื่อนที่ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ 2-15 ปี ($T=2,3,4,\dots,15$) ในการเปลี่ยนค่าเริ่มต้น รวม 14 แบบ

- ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบระดับ

$$L_m = \frac{(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m)}{m} \quad (1)$$

เมื่อ Y_t คือ ค่าสังเกต ณ หน่วยเวลา t

m คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี

- ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบฤดูกาลรูปแบบบวก

$$S_t = Y_t - L_m \quad (2)$$

- ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบฤดูกาลรูปแบบคูณ

$$S_t = \frac{Y_t}{L_m} \quad (3)$$

- ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบแนวโน้ม 5 แบบ ซึ่งจะนำไปใช้ทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ

แบบที่ 1 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Hyndman และ Athanasopoulos [10]

$$b_1 = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \left(\frac{Y_{t+m} - Y_t}{m} \right) \quad (4)$$

แบบที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Kalekar [11] และ Suppalakpanya และคณะ [8]

$$b_1 = Y_2 - Y_1 \quad (5)$$

แบบที่ 3 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Kalekar [11] และ Suppalakpanya และคณะ [8]

$$b_1 = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_3 - Y_2) + (Y_4 - Y_3)}{3} \quad (6)$$

แบบที่ 4 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Holt [12] และงานวิจัยอื่นๆ [7], [8], [11], [13]-[15]

$$b_1 = \frac{Y_m - Y_1}{m-1} \quad (7)$$

แบบที่ 5 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Holt [12] และงานวิจัยอื่นๆ [7], [8], [13]-[15]

$$b_1 = 0 \quad (8)$$

สมการปรับค่าของวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกขององค์ประกอบระดับแนวโน้มและฤดูกาลแสดงดังสมการที่(9)-(11)

ตามลำดับ

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (9)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (10)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-m} \quad (11)$$

เมื่อ α, β, γ คือ พารามิเตอร์ปรับน้ำหนักขององค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล ตามลำดับ ซึ่งมีค่าในช่วง 0 ถึง 1

L_t คือ ค่าประมาณองค์ประกอบระดับ ณ หน่วยเวลา t

b_t คือ ค่าประมาณองค์ประกอบแนวโน้ม ณ หน่วยเวลา t

S_t คือ ค่าประมาณองค์ประกอบฤดูกาล ณ หน่วยเวลา t

สมการพยากรณ์ของวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกแสดงดังสมการที่ (12)

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pb_t) + S_{t-m+p} \quad (12)$$

เมื่อ p คือ หน่วยเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า p หน่วยเวลา \hat{Y}_{t+p} คือ ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า ณ หน่วยเวลา $t+p$

สมการปรับค่าของวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณขององค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาลแสดงดังสมการที่(13)-(15)

ตามลำดับ

$$L_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-m}} \right) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (13)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (14)$$

$$S_t = \gamma \left(\frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (15)$$

สมการพยากรณ์ของวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ แสดงดังสมการที่ (16)

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pb_t) \times S_{t-m+p} \quad (16)$$

2.3.2 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์

วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ [2]

ขั้นตอนที่ 1 การแยกส่วนประกอบ (Decomposition)

ขั้นตอนการแยกส่วนประกอบ เป็นขั้นตอนการแยก

ส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็นแนวโน้ม (Trend; T_t) ฤดูกาล (Seasonal; S_t) และเศษเหลือ (Residual; e_t) ใน งานวิจัยนี้ใช้วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในการแยกส่วน ประกอบ และคำนวณเศษเหลือดังสมการที่ (17)

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (17)$$

เมื่อ e_t คือ เศษเหลือ ณ หน่วยเวลา t

Y_t คือ ค่าสังเกต ณ หน่วยเวลา t

\hat{Y}_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ หน่วยเวลา t

โดย $\hat{Y}_t = T_t + S_t$ สำหรับรูปแบบบวก

$\hat{Y}_t = T_t \times S_t$ สำหรับรูปแบบคูณ

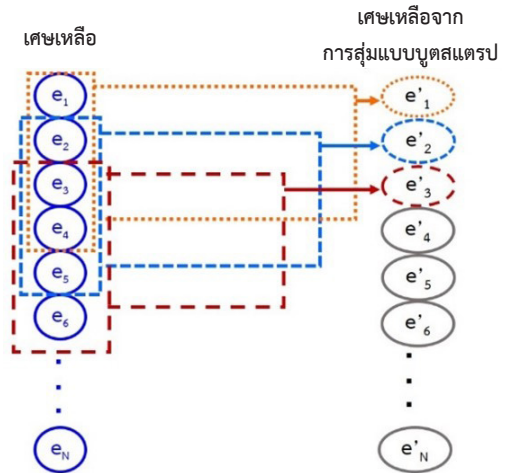
ขั้นตอนที่ 2 การจำลองแบบ (Simulation)

ขั้นตอนการจำลองแบบ เป็นการนำเศษเหลือที่ได้จาก

การแยกส่วนประกอบ (e_t) มาสร้างตัวอย่างบูตสแตรป์ของ เศษเหลือ (e'_t) จำนวน 100 ชุด [2], [3] ด้วยวิธี Moving Block Bootstrap (MBB) [1]-[3] จากการสุ่มแบบใส่คืนที่มีขอบเขต การสุ่มเศษเหลือจาก 2 ถึง 12 ช่วงเวลา ($k=2,3,\dots,12$) [3] แล้วนำกลับไปรวมกับแนวโน้ม (T_t) และฤดูกาล (S_t) ที่แยก ส่วนประกอบไว้ ทำให้ได้ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ (Y'_t)

โดย $Y'_t = (T_t + S_t) + e'_t$ สำหรับรูปแบบบวก

$Y'_t = (T_t \times S_t) + e'_t$ สำหรับรูปแบบคูณ



รูปที่ 2 ตัวอย่างการสุ่มเศษเหลือด้วยวิธี Moving Block Bootstrap เมื่อ $k = 4$

เมื่อ e'_t คือ เศษเหลือจากการสุ่มแบบบูตสแตรป์ ณ หน่วย เวลา t

Y'_t คือ ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลา t ทำให้แต่ละขอบเขตการสุ่มเศษเหลือ (k) จะได้อนุกรม เวลาใหม่จำนวน 100 ชุด โดยตัวอย่างการสุ่มเศษเหลือด้วย วิธี Moving Block Bootstrap เมื่อกำหนดขอบเขตการสุ่ม เศษเหลือเป็น 4 ช่วงเวลา ($k=4$) แสดงดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 กรณีรูปแบบคูณ เศษเหลือจากการสุ่มแบบ บูตสแตรป์ ณ หน่วยเวลาที่ 1 (e'_1) มาจากการสุ่มแบบใส่คืน ของเศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ณ หน่วยเวลา 1 ถึง 4 (e_1, e_2, e_3 และ e_4) สมมติว่า สุ่มได้เศษเหลือ ณ หน่วยเวลาที่ 3 (e_3) หรือ $e'_1 = e_3$ จะได้ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลาที่ 1 $Y'_1 = (T_1 \times S_1) + e'_1 = (T_1 \times S_1) + e_3$ เศษเหลือ จากการสุ่มแบบบูตสแตรป์ ณ หน่วยเวลาที่ 2 (e'_2) มาจากการ สุ่มแบบใส่คืนของเศษเหลือ ณ หน่วยเวลาที่ 2 ถึง 5 (e_2, e_3, e_4 และ e_5) สมมติว่า สุ่มได้เศษเหลือ ณ หน่วยเวลาที่ 2 (e_2) หรือ $e'_2 = e_2$ จะได้ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วย เวลาที่ 2 $Y'_2 = (T_2 \times S_2) + e'_2 = (T_2 \times S_2) + e_2$ เป็นต้น

กรณีรูปแบบบวก มีขั้นตอนการสุ่มเศษเหลือจาก การสุ่มแบบบูตสแตรป์ และการสร้างค่าสังเกตของอนุกรม เวลาใหม่ในทำนองเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 การพยากรณ์ (Forecasting)

ขั้นตอนการพยากรณ์ เป็นการหาค่าพยากรณ์ (\hat{Y}_t') จากค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ (Y_t') แต่ละชุดด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบระดับแนวโน้ม และฤดูกาลนั้น จะกำหนดตามสมการที่ (1)–(4) โดย \hat{Y}_t' คือ ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลา t

ขั้นตอนที่ 4 การรวมกัน (Aggregation)

ขั้นตอนการรวมกัน เป็นขั้นตอนการหาค่าพยากรณ์สุดท้ายเพียงชุดเดียวจากการรวมกัน โดยค่ามัธยฐาน (Median) [1]–[3] ของค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลา t (\hat{Y}_t') จำนวน 100 ชุด

ณ ขอบเขตการสุ่มเศษเหลือ k จะได้ค่าพยากรณ์สุดท้าย ณ หน่วยเวลา t จากค่ามัธยฐานของค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลาที่ t จากชุดที่ 1 (\hat{Y}_t' ชุดที่ 1) ถึงชุดที่ 100 (\hat{Y}_t' ชุดที่ 100) ซึ่งค่ามัธยฐานเป็นค่ากลางที่ใช้ได้ดีแม้ข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ (Outliers) [2] โดยตำแหน่งค่ามัธยฐานแสดงดังสมการที่ (18)

$$\text{ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน} = \frac{n+1}{2} \quad (18)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.4 เกณฑ์การคัดเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม

การคัดเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 ในงานวิจัยนี้ใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error; *RMSE*) [3] ต่ำที่สุด ในการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (19)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (19)$$

นอกจากนี้เศษเหลือจากวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมต้องมีการแจกแจงปกติ [3] ในงานวิจัยนี้ใช้สถิติทดสอบ Anderson-Darling (AD) [16] ที่วิเคราะห์ข้อมูลด้วย

โปรแกรม Minitab 18 ซึ่งผลลัพธ์ต้องยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่า เศษเหลือมีการแจกแจงปกติ หรือมี $p\text{-value} \geq \alpha$ และกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้ สมมติฐานหลัก (H_0): เศษเหลือมีการแจกแจงปกติ สมมติฐานรอง (H_1): เศษเหลือไม่มีการแจกแจงปกติ

2.5 เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์

งานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error; *MAPE*) [3] เป็นเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ โดยนำค่าสังเกตของข้อมูลส่วนที่ 2 มาเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด ว่ามีความแตกต่างกันกี่เปอร์เซ็นต์แสดงดังสมการที่ (20)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\% \quad (20)$$

3. ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ตแสดงในตารางที่ 1 และจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย แสดงในตารางที่ 2 โดยวิธีพยากรณ์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีที่ 1 (5 แบบ) กลุ่มที่ 2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีที่ 2 ($T = 2, 3, 4, \dots, 15$) และกลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ($k = 2, 3, 4, \dots, 12$)

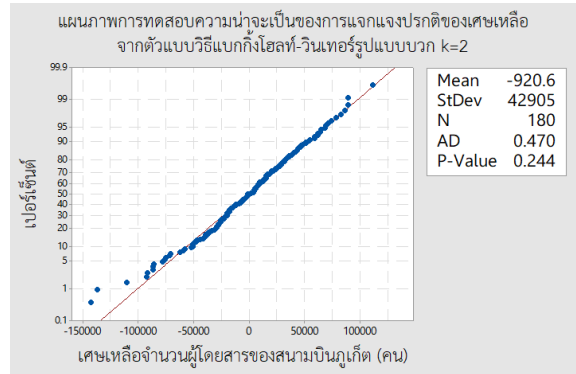
3.1 จำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต

จากตารางที่ 1 การคัดเลือกวิธีพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่า *RMSE* ต่ำที่สุดและเศษเหลือมีการแจกแจงปกติ พบว่ากลุ่มที่ 1 ไม่มีวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม กลุ่มที่ 2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกที่มีการกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบจากข้อมูล 3 ปี ($T = 3$) เป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมและให้ค่า *RMSE* เป็น 56,340.40 และกลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก ที่มีขอบเขตการสุ่มเศษเหลือเป็น 2 ช่วงเวลา ($k = 2$) เป็นตัวแบบที่เหมาะสม และให้ค่า *RMSE* เป็น 42,796.01

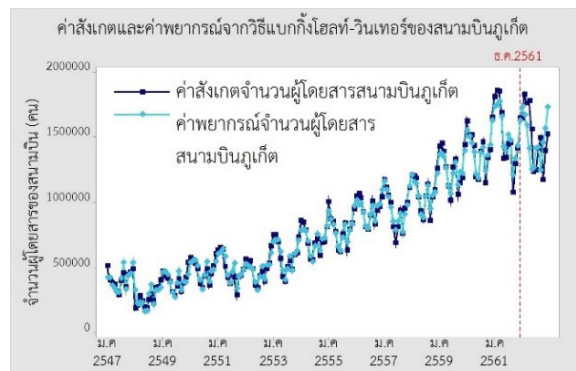
ตารางที่ 1 ค่า RMSE จากวิธีพยากรณ์จำนวนผู้โดยสาร
สนามบินนานาชาติภูเก็ต

ผู้โดยสารสนามบิน นานาชาติภูเก็ต	วิธีโฮลท์-วินเทอร์	
	รูปแบบบวก	รูปแบบคูณ
กลุ่มที่ 1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีที่ 1		
แบบที่ 1	59,639.96	67,879.72
แบบที่ 2	60,276.97	66,952.01
แบบที่ 3	65,120.69	74,638.98
แบบที่ 4	59,880.30	66,904.73
แบบที่ 5	60,055.68	66,909.18
กลุ่มที่ 2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีที่ 2		
T=2	57,752.30	60,720.30
T=3	* 56,340.40	* 59,842.60
T=4	* 57,341.90	60,969.50
T=5	60,341.20	64,315.80
T=6	* 57,560.60	* 59,786.10
T=7	67,692.40	70,738.30
T=8	76,294.20	80,680.10
T=9	91,645.40	97,131.60
T=10	104,690.90	108,811.30
T=11	128,375.10	129,851.00
T=12	147,123.60	148,483.80
T=13	202,661.30	203,473.80
T=14	275,167.70	285,261.10
T=15	431,399.10	458,471.60
กลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์		
k=2	* 42,796.01	59,032.18
k=3	43,563.13	* 54,228.62
k=4	48,494.91	* 53,652.81
k=5	52,749.36	* 55,614.84
k=6	55,451.75	* 58,792.91
k=7	57,726.57	* 60,989.00
k=8	58,970.77	* 60,856.69
k=9	61,608.10	* 62,714.25
k=10	63,536.05	* 61,841.57
k=11	65,544.70	* 61,930.34
k=12	64,589.85	* 62,108.70

หมายเหตุ: * แทนเศษเหลือที่มีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 3 เศษเหลือจากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกเมื่อ $k = 2$ ของจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 4 ค่าสังเกต และค่าพยากรณ์จากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อ $k = 2$ ของจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต

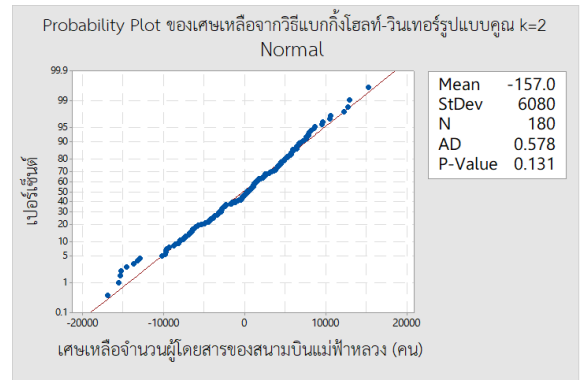
ดังนั้น วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ตมาจากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก ที่มีขอบเขตการสุ่มเศษเหลือเป็น 2 ช่วงเวลา

จากรูปที่ 3 พบว่า AD เท่ากับ 0.47 ให้ค่า p -value เป็น 0.244 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่า เศษเหลือมีการแจกแจงปกติ และจากรูปที่ 4 แสดงค่าสังเกต และค่าพยากรณ์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 และเมื่อนำไปวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์กับค่าสังเกตใน พ.ศ. 2562 พบว่าให้ค่า MAPE เป็น 4.32 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ค่า RMSE จากวิธีพยากรณ์จำนวนผู้โดยสาร สนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

ผู้โดยสารสนามบินนานาชาติ แม่ฟ้าหลวง เชียงราย	วิธีโฮลท์-วินเทอร์	
	รูปแบบบวก	รูปแบบคูณ
กลุ่มที่ 1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีที่ 1		
แบบที่ 1	6,789.03	* 6,772.80
แบบที่ 2	7,195.65	* 7,018.46
แบบที่ 3	7,245.01	* 7,117.13
แบบที่ 4	6,786.91	* 6,674.28
แบบที่ 5	6,797.05	* 6,655.91
กลุ่มที่ 2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีที่ 2		
T=2	* 6,976.80	* 6,540.90
T=3	* 7,205.50	* 6,661.50
T=4	* 7,457.40	* 6,916.00
T=5	* 8,112.50	* 7,788.60
T=6	* 7,289.50	* 6,724.20
T=7	* 7,783.30	7,323.20
T=8	* 8,418.20	7,891.20
T=9	* 9,267.20	* 8,802.50
T=10	* 10,341.90	* 9,965.60
T=11	12,601.60	12,384.50
T=12	18,704.90	18,414.30
T=13	25,365.80	25,703.60
T=14	40,488.10	42,151.20
T=15	65,522.10	69,665.30
กลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์		
k=2	4,761.46	* 6,065.07
k=3	4,241.29	* 6,416.12
k=4	4,651.22	* 6,995.61
k=5	5,196.47	* 7,381.25
k=6	5,794.02	* 7,514.37
k=7	6,480.83	7,666.53
k=8	7,112.32	7,926.50
k=9	7,567.51	7,973.80
k=10	7,962.16	8,014.21
k=11	8,357.21	8,090.47
k=12	8,734.35	8,046.76

หมายเหตุ: * แทนเศษเหลือที่มีการแจกแจงปกติ



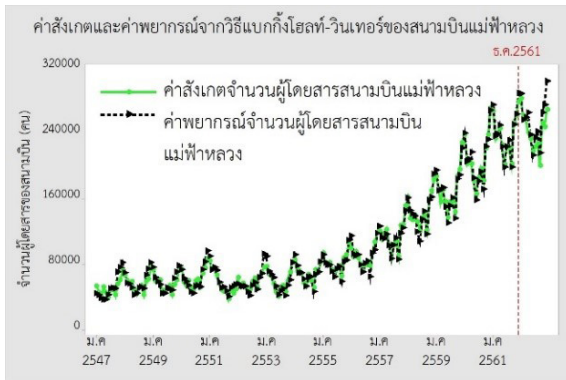
รูปที่ 5 เศษเหลือจากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณเมื่อ $k = 2$ ของจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

3.2 จำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

จากตารางที่ 2 การคัดเลือกวิธีพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่า *RMSE* ต่ำที่สุด และเศษเหลือมีการแจกแจงปกติ พบว่ากลุ่มที่ 1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณเมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นแบบที่ 5 เป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม และให้ค่า *RMSE* เป็น 6,655.91 กลุ่มที่ 2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณเมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบจากข้อมูล 2 ปี ($T = 2$) เป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม และให้ค่า *RMSE* เป็น 6,540.90 และกลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณที่มีขอบเขตการสุ่มเศษเหลือเป็น 2 ช่วงเวลา เป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม และให้ค่า *RMSE* เป็น 6,065.07

ดังนั้น วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย มาจากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ ที่มีขอบเขตการสุ่มเศษเหลือเป็น 2 ช่วงเวลา

จากรูปที่ 5 พบว่า AD เท่ากับ 0.578 ให้ค่า *p-value* เป็น 0.131 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่า เศษเหลือมีการแจกแจงปกติ และจากรูปที่ 6 แสดงค่าสังเกต และค่าพยากรณ์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 และเมื่อนำไปวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์กับค่าสังเกตใน พ.ศ. 2562 พบว่า ให้ค่า *MAPE* เป็น 5.58 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าสังเกต และค่าพยากรณ์จากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ของสนามบินแม่ฟ้าหลวง
รูปแบบคูณ เมื่อ $k = 2$ ของจำนวนผู้โดยสารสนามบิน
นานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

แม้ว่าวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์จะเป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย ซึ่งมีทั้งแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรงและอติพลฤดูกาล แต่เมื่อพิจารณาค่า $RMSE$ จากวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมจากทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ให้ค่า $RMSE$ ใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ของวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 ด้วยค่า $RMSE$ และ $MAPE$ ของค่าพยากรณ์กับข้อมูลส่วนที่ 2 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3 และจากตารางที่ 3 พบว่า ค่า $RMSE$ และ $MAPE$ ของค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3 ค่า $RMSE$ และ $MAPE$ ของจำนวนผู้โดยสาร
สนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

วิธีพยากรณ์	$RMSE$	$MAPE$
วิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบคูณ เมื่อกำหนดด้วยค่าเริ่มต้นแบบที่ 5	16,724.71	5.42
วิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบคูณ เมื่อ $T=2$	18,608.82	5.90
วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบคูณ เมื่อ $k=2$	16,998.73	5.58

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน (2 วิธี) และวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เพื่อนำไปพยากรณ์

จำนวนผู้โดยสารรายเดือนของสนามบินนานาชาติภูเก็ต และสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด ล้วนมาจากวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dantas และคณะ [2] และฉัฐภูมิ [3] ได้กล่าวไว้ว่า วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ให้กับอนุกรมเวลาที่มีทั้งแนวโน้มและอติพลฤดูกาล ทั้งแนวโน้มที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรง และเมื่อวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ของวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ด้วยค่า $MAPE$ พบว่า จำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต มีค่า $MAPE$ เป็น 4.32 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย มีค่า $MAPE$ เป็น 5.58 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาขอบเขตการสุ่มเศษเหลือด้วยวิธี Moving Block Bootstrap ในวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์จากอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด แสดงในตารางที่ 1 และ 2 พบว่า ขอบเขตการสุ่มเศษเหลือ (k) ระหว่าง 2-4 ช่วงเวลาให้ค่า $RMSE$ ต่ำที่สุด จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย พบว่า ค่า $RMSE$ และ $MAPE$ ของค่าพยากรณ์จากวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมจากทั้ง 3 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน แต่วิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันนั้นเป็นวิธีที่ง่ายและใช้เวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลน้อยกว่าวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ดังนั้นวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ ในกรณีที่อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและอติพลฤดูกาล เมื่อแนวโน้มมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Bergmeir, R. j. Hyndman, and J. M Benitez, "Bagging exponential smoothing methods using STL decomposition and Box-Cox transformation," *International Journal of Forecast*, vol. 32, no. 2, pp. 303-312, 2016.
- [2] T. M. Dantas, F. L. C. Oliveria, and H. M. V. Repolho,

- “Air transportation demand forecast through Bagging Holt Winters methods,” *Journal of Air Transport Management*, vol. 59, pp. 116–123, 2017.
- [3] C. Samanwong, “Time series forecasting by bagging holt-winters with damped trend: A case study on the number of international tourists visiting Thailand,” M.S. thesis, Faculty of Science King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, 2020 (in Thai).
- [4] L. Breiman, “Bagging predictors,” *Machine Learning*, vol. 24, pp. 123–140, 1996.
- [5] B. Efron, *Breakthroughs in Statistics*, Springer, 1979, pp. 569–593.
- [6] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer, 2009.
- [7] T. Booranawong and A. Booranawong, “Double exponential smoothing and Holt-Winters methods with optimal initial values and weighting factors for forecasting lime, Thai chili and lemongrass prices in Thailand,” *Engineering and Applied Science Research*, vol. 45, no. 1, pp. 32–38, 2018.
- [8] K. Suppalakpanya, R. Nikhom, A. Booranawong, and T. Booranawong, “An evaluation of Holt-Winters methods with different initial trend values for forecasting crude palm oil production and prices in Thailand,” *Suranaree Journal of Science and Technology*, vol. 26, no. 1, pp. 13–22, 2019.
- [9] K. Polma and S. Banditvilai, “Forecasting the number of passengers using Suvarnabhumi Airport by Holt-Winters exponential smoothing method and Box-Jenkins method,” in *Proceedings OR-NET 2020, Bangkok, 2020*, pp. 261–268 (in Thai).
- [10] R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, *Forecasting Principles and Practice*. Melbourne: Otexts, 2014.
- [11] P. S. Kalekar, “Time series forecasting using Holt-Winters exponential smoothing,” *Kanwal Rekhi School of Information Technology*, pp. 1–13, Dec. 2004.
- [12] C. C. Holt, “Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages,” *International Journal of Forecasting*, vol. 20, no. 1, pp. 5–10, 2004.
- [13] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Wiley Series in Probability and Statistics. New Jersey: John Wiley and Sons, 2008.
- [14] L. F. Tratar and E. Srmcnik, “The comparison of Holt-Winters method and regression methods: A case study,” *Energy*, vol. 109, pp. 266–276, 2016.
- [15] D. S. Dhakre, K. A. Sarkar, and S. Manna, “Forecasting price of Brinjal by Holt Winters method in west Bengal using MS Excel,” *International Journal of Bio-resource, Environment and Agricultural Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. 232–236, 2016.
- [16] T. W. Anderson and D. A. Darling, “A test of goodness of fit,” *Journal of the American Statistical Association*, vol. 49, pp. 765–769, 1954.