



## การเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษา: จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบของประเทศไทย

อริญชัย บุญวรรณ\* และ สมศรี บัณฑิตวิไล

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 6484 8847 อีเมล: 64605124@kmitl.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.09.007

รับเมื่อ 31 มีนาคม 2566 แก้ไขเมื่อ 6 มิถุนายน 2566 ตอรับเมื่อ 6 กรกฎาคม 2566 เผยแพร่ออนไลน์ 4 กันยายน 2567

© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้จำนวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ของประเทศไทย ซึ่งมีทั้งแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลของฤดูกาล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดย ธนาคารแห่งประเทศไทย แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ และใช้เกณฑ์รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุด ในการเลือกตัวแบบ ส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 เพื่อวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ผลการวิจัยพบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการที่เหมาะสม โดยมีค่า MAPE เป็น 13.49 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** การพยากรณ์อนุกรมเวลา วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ วิธีโฮลท์-วินเทอร์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ปาล์มน้ำมัน

การอ้างอิงบทความ: อริญชัย บุญวรรณ และ สมศรี บัณฑิตวิไล, “การเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีโฮลท์-วินเทอร์เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษา: จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบของประเทศไทย,” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 1, หน้า 1-13, เลขที่บทความ 251-166850, ม.ค.-มี.ค. 2568.



## Comparison of Forecasting Techniques between the Holt-Winters Method with Different Initial Values, Bagging Holt-Winters method and Box-Jenkins Method Case Study: Total Crude Palm Oil Productions of Thailand

Arin Boonwan\* and Somsri Banditvilai

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

\* Corresponding Author, Tel. 09 6484 8847, E-mail: 64605124@kmitl.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.09.007

Received 31 March 2023; Revised 6 June 2023; Accepted 6 July 2023; Published online: 4 September 2024

© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### Abstract

The purpose of this research was to compare the forecasting of the Holt-Winters method with different initial values, the Bagging Holt-Winters and the Box-Jenkins method by using the monthly crude palm oil production in Thailand from January 2010 to December 2022, which showed both a linear trend and a seasonal variation. The data were collected by the Bank of Thailand and divided into 2 sets. The first set from January 2010 to December 2021 was used to create a forecasting models and the minimum Root Mean Square Error (RMSE) was employed for model selection. The second set from January 2022 to December 2022 was used to compute the accuracy of forecasting models by using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results showed that the Box-Jenkins method was the most appropriate method for forecasting crude palm oil and gained MAPE 13.49%

**Keywords:** Time Series Forecasting, Bagging Holt-Winters Method, Holt-Winters Method, Box-Jenkins Method, Crude Palm Oil

Please cite this article as: A. Boonwan and S. Banditvilai, "Comparison of forecasting techniques between the holt-winters method with different initial values, bagging holt-winters method and box-jenkins method case study: Total crude palm oil productions of Thailand," *The Journal of KMUTNB*, vol. 35, no. 1, pp. 1-13, ID. 251-166850, Jan.-Mar. 2025 (in Thai).

## 1. บทนำ

น้ำมันปาล์มดิบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากการบีบเนื้อปาล์ม ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลแดง น้ำมันปาล์มดิบถือเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท [1] โดยทั่วไปการใช้ประโยชน์ของน้ำมันปาล์มดิบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การใช้เพื่ออุปโภคบริโภค เช่น ขนมขบเคี้ยว บะหมี่ กุ้งสำเร็จรูป นมข้นหวาน และเนยเทียม การใช้เป็นพลังงานทดแทน เช่น น้ำมันดีเซล B7 น้ำมันดีเซล B10 และน้ำมันดีเซล B20 เป็นต้น การผลิตน้ำมันปาล์มของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นอกจากนี้ ยุทธศาสตร์ปฏิรูปปาล์มน้ำมัน ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2559–2579) ได้ส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน และห่วงโซ่อุปทานทั้งระบบ การสนับสนุนพลังงานทดแทนโดยใช้น้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสม ด้วยเหตุผลนี้ จึงเป็นที่น่าสนใจของเกษตรกร และด้วยการกำหนดยุทธศาสตร์ที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องมีเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับรัฐบาลไทย หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจ และจัดทำแผนกลยุทธ์ในการจัดการกับน้ำมันปาล์มในประเทศไทย [2]

ในปัจจุบันการพยากรณ์เป็นสิ่งสำคัญ และเกี่ยวข้องกับหลายด้าน เช่น การพยากรณ์อากาศ การวางแผนทางด้านเศรษฐกิจ ทางด้านการแพทย์ ดาว และคณะ [3] ได้ศึกษาหาตัวแบบพยากรณ์ของประชากรที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ 5 วิธี ประกอบด้วย วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ จากการศึกษาพบว่าพยากรณ์ด้วยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดกับอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล ส่วนการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและฤดูกาล Akuno และคณะ [4] ได้วิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยว ที่เดินทางมาเยือนประเทศเคนยา โดยเปรียบเทียบระหว่าง วิธีไฮลท์ และวิธี

บ็อกซ์-เจนกินส์ โดยเกณฑ์ที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์มี 2 เกณฑ์ คือ RMSE และ MAPE จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่ได้จากวิธีไฮลท์มีประสิทธิภาพมากกว่า รังสิมา และ สมศรี [5] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการพยากรณ์ระหว่างวิธีไฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันและวิธีแบกกิงไฮลท์-วินเทอร์ ในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารสนามบินนานาชาติภูเก็ต และสนามบินนานาชาติแม่ฟ้าหลวง เชียงราย จากการศึกษาพบว่า วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด คือวิธีแบกกิงไฮลท์-วินเทอร์ จารุวรรณ และ ธิดาพร [6] ได้ศึกษาตัวแบบการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกยางพาราของประเทศไทยด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง วิธีการปรับให้เรียบสองครั้งแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ จากการศึกษาพบว่า ตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

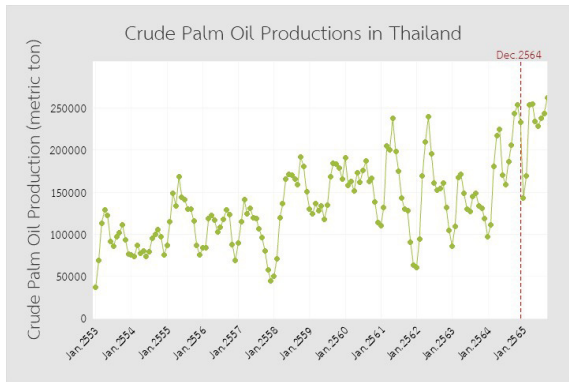
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจและต้องการที่จะพยากรณ์จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบจากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีไฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน วิธีแบกกิงไฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้เกณฑ์การวัดค่าสองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) เป็นเกณฑ์การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) เป็นเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์

## 2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1 ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งทำการเก็บรวบรวมโดยธนาคารแห่งประเทศไทย ได้แก่ จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (ตัน) ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

ส่วนที่ 1 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ใช้ในการสร้างตัวแบบและคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม



**รูปที่ 1** จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

ส่วนที่ 2 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์

## 2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำอนุกรมเวลา จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ มาสร้างแผนภาพการกระจาย ดังรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลา จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ มีส่วนประกอบทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล โดยมีลักษณะแนวโน้มคล้ายเส้นตรง (Linear) และมีอิทธิพลของฤดูกาล

## 2.3 การสร้างตัวแบบพยากรณ์

นำข้อมูลส่วนที่ 1 มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน, วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยงานวิจัยนี้ จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Office 365 (Excel) และ Minitab 19

### 2.3.1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์

การกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ ในงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 ประกอบด้วยสมการปรับค่าของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบบวกขององค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล [11] แสดงดังสมการที่ (1)–(3) และสมการปรับค่าของวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูป

แบบคูณ [11] แสดงดังสมการที่ (5)–(7) การกำหนดค่าเริ่มต้น ด้วยการใช้อัลกอริทึม 1 ปีแรก ที่มีค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบแนวโน้ม (Trend) ที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ แสดงดังสมการที่ (12)–(16) ในขณะที่ค่าเริ่มต้นองค์ประกอบระดับ (Level) และองค์ประกอบฤดูกาล (Seasonal) แสดงดังสมการที่ (9)–(11) ตามลำดับ [6] และวิธีที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ [16] ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ 2–9 ปี ( $T = 2, 3, 4, \dots, 9$ ) ในการคำนวณค่าเริ่มต้น รวม 8 รูปแบบ

สมการปรับค่าของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบบวกขององค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล แสดงดังสมการที่ (1)–(3) ตามลำดับ [11]

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

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (3)$$

เมื่อ  $\alpha, \beta, \gamma$  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-วินเทอร์ รูปแบบบวกแสดงดังสมการที่ (4) [11]

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pb_t) + S_{t-m+p} \quad (4)$$

เมื่อ  $p$  คือ หน่วยเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า

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

สมการปรับค่าของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบคูณขององค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล แสดงดังสมการที่ (5)–(7) ตามลำดับ [11]

$$L_t = \alpha \left( \frac{Y_t}{S_{t-m}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (6)$$

$$S_t = \gamma \left( \frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (7)$$

สมการพยากรณ์ของวิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบคูณ แสดงดังสมการที่ (8) [11]

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pb_t) \times S_{t-m+p} \quad (8)$$

ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบระดับ

$$L_m = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m}{m} \quad (9)$$

เมื่อ  $Y_t$  คือ ค่าสังเกต ณ หน่วยเวลา  $t$

$m$  คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี

ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบฤดูกาลรูปแบบบวก

$$S_t = Y_t - L_m \quad (10)$$

ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบฤดูกาลรูปแบบคูณ

$$S_t = \frac{Y_t}{L_m} \quad (11)$$

ค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบแนวโน้ม 5 รูปแบบ ซึ่งจะนำไปใช้ทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ

รูปแบบที่ 1 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Hyndman และ Athanasopoulos [7]

$$b_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left( \frac{Y_{t+m} - Y_t}{m} \right) \quad (12)$$

รูปแบบที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Kalekar [8] และ Suppalakpanya และคณะ [9]

$$b_t = Y_2 - Y_1 \quad (13)$$

รูปแบบที่ 3 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Kalekar [8] และ Suppalakpanya และคณะ [9]

$$b_1 = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_3 - Y_2) + (Y_4 - Y_3)}{3} \quad (14)$$

รูปแบบที่ 4 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Holt [10] และงานวิจัยอื่น ๆ [8], [9], [11]

$$b_1 = \frac{Y_m - Y_1}{m-1} \quad (15)$$

รูปแบบที่ 5 การกำหนดค่าเริ่มต้นจากงานวิจัยของ Holt [10] และงานวิจัยอื่น ๆ [8], [9], [11]

$$b_1 = 0 \quad (16)$$

### 2.3.2 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์

วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ [5], [13]

ขั้นตอนที่ 1 การแยกส่วนประกอบ (Decomposition) ขั้นตอนการแยกส่วนประกอบ เป็นขั้นตอนการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็น แนวโน้ม (Trend;  $T_t$ ) ฤดูกาล (Seasonal;  $S_t$ ) และส่วนเหลือ (Residual;  $e_t$ ) ในงานวิจัยนี้ข้อมูลที่น่าสนใจไม่ยาวนานพอที่จะเห็นวัฏจักร (Cyclical;  $C_t$ ) จึงตัดวัฏจักรทิ้ง โดยไม่มีการพิจารณาและใช้วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในการแยกส่วนประกอบ โดยคำนวณส่วนเหลือ ดังสมการที่ (17)

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

เมื่อ  $e_t$  คือ ส่วนเหลือ ณ หน่วยเวลา  $t$

$Y_t$  คือ ค่าสังเกต ณ หน่วยเวลา  $t$

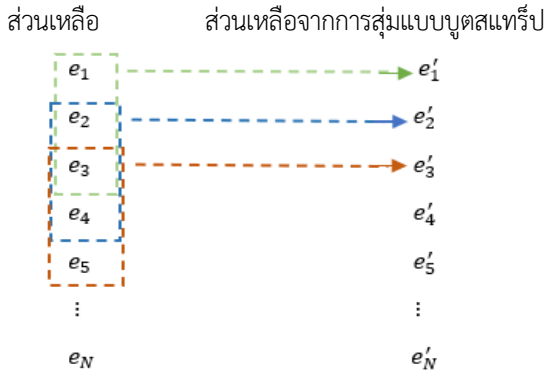
$\hat{Y}_t$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ หน่วยเวลา  $t$

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

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

ขั้นตอนที่ 2 การจำลองแบบ (Simulation)

ขั้นตอนการจำลองแบบ เป็นการนำส่วนเหลือที่ได้จากการแยกส่วนประกอบ ( $e_t$ ) มาสร้างตัวอย่างบูตสแตรป์ของส่วนเหลือ ( $e_t$ ) จำนวน 100 ชุด [13], [14] ด้วยวิธี Moving Block Bootstrap (MBB) [13] จากการสุ่มแบบใส่คืนที่มี



รูปที่ 2 ตัวอย่างการสุ่มส่วนเหลือด้วยวิธี Moving Block Bootstrap เมื่อ  $k = 3$

ขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือ 2 ถึง 9 ช่วงเวลา ( $k=2, 3, 4, \dots, 9$ ) [14] แล้วนำกลับไปรวมกับแนวโน้ม ( $T_t$ ) และฤดูกาล ( $S_t$ ) ที่แยกส่วนประกอบไว้ ทำให้ได้ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ( $Y_t$ )

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

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

เมื่อ  $e'_t$  คือ ส่วนเหลือจากการสุ่มแบบบูตสแตรป์ ณ หน่วยเวลา  $t$   $Y'_t$  คือ ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลา  $t$  สำหรับแต่ละขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือ ( $k$ ) จะได้อนุกรมเวลาใหม่ จำนวน 100 ชุด โดยตัวอย่างการสุ่มส่วนเหลือด้วยวิธี Moving Block Bootstrap เมื่อกำหนดขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือ เป็น 3 ช่วงเวลา ( $k = 3$ ) แสดงดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 กรณีรูปแบบคูณ ส่วนเหลือจากการสุ่มแบบบูตสแตรป์ ณ หน่วยเวลาที่ 1 ได้จากการสุ่มส่วนเหลือ ณ หน่วยเวลา 1 ถึง 3 ( $e_1, e_2$  และ  $e_3$ ) สมมติว่าสุ่มได้ส่วนเหลือ ณ หน่วยเวลาที่ 2 ( $e_2$ ) หรือ  $e'_1 = e_2$  จะได้ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลาที่  $Y'_1 = (T_1 \times S_1) + e'_1 = (T_1 \times S_1) + e_2$  ส่วนเหลือจากการสุ่มแบบบูตสแตรป์ ณ หน่วยเวลาที่ 2 ได้จากการสุ่มส่วนเหลือ ณ หน่วยเวลาที่ 2 ถึง 4 ( $e_2, e_3$  และ  $e_4$ ) สมมติว่า สุ่มได้ส่วนเหลือ ณ หน่วยเวลาที่ 4 ( $e_4$ ) หรือ  $e'_2 = e_4$  จะได้ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ณ

หน่วยเวลาที่ 2  $Y'_2 = (T_2 \times S_2) + e'_2 = (T_2 \times S_2) + e_4$  เป็นต้น กรณีรูปแบบบวก มีขั้นตอนการสุ่มส่วนเหลือจากการสุ่มแบบบูตสแตรป์ และการสร้างค่าสังเกตของอนุกรมเวลาใหม่ ในทำนองเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 การพยากรณ์ (Forecasting)

ขั้นตอนการพยากรณ์ เป็นการหาค่าพยากรณ์ ( $\hat{Y}$ ) จากค่าสังเกตของอนุกรมใหม่ ( $Y$ ) แต่ละชุดด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นขององค์ประกอบระดับ แนวโน้ม และฤดูกาลนั้น จะกำหนดตามสมการที่ (9)-(16) โดย  $\hat{Y}_t$  คือ ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาใหม่ ณ หน่วยเวลา  $t$

ขั้นตอนที่ 4 การรวมกัน (Aggregation)

ขั้นตอนการรวมกัน เป็นขั้นตอนการหาค่าพยากรณ์สุดท้ายเพียงหนึ่งชุด โดยคิดจากค่ามัธยฐาน (Median) [13] ของค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาใหม่ ( $\hat{Y}$ ) จำนวน 100 ชุด ณ ขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือ  $k$  ค่าพยากรณ์สุดท้าย ณ หน่วยเวลา  $t$  จะได้จากค่ามัธยฐานของค่าพยากรณ์จากอนุกรมเวลา ชุดที่ 1 ( $\hat{Y}$  ชุดที่ 1) ถึง อนุกรมเวลา ชุดที่ 100 ( $\hat{Y}$  ชุดที่ 100) ซึ่งค่ามัธยฐานเป็นค่ากลางที่ใช้ได้ดีแม้ข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ (Outliers) โดยตำแหน่งค่ามัธยฐานแสดงดังสมการที่ (18)

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

### 2.3.3 วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะการพยากรณ์ระยะสั้น โดยตัวแบบการพยากรณ์ จะได้จากการพิจารณากราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function; ACF) และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function; PACF) [15]

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ [16]

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ของอนุกรมเวลา หากอนุกรมเวลาไม่คงที่ ให้ทำการแปลงให้คงที่ก่อน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดตัวแบบที่คิดว่าเหมาะสมให้กับ

อนุกรมเวลา โดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอนุกรมเวลา ที่เลือกไว้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบว่าพารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าแตกต่างจากศูนย์ ในงานวิจัยนี้ใช้สถิติทดสอบ t

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยการตรวจสอบว่าส่วนเหลือเป็นอิสระกัน และมีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และมีความแปรปรวนคงตัว ในงานวิจัยนี้ใช้สถิติทดสอบ Ljung-Box โดยตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ  $[16] ARIMA(p, d, q) \times SARIMA(P, D, Q)_L$  ดังสมการที่ (19)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^L)Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^L)\varepsilon_t \quad (19)$$

เมื่อ

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \quad (20)$$

$$\Phi_P(B^L) = (1 - \Phi_{1L} B^L - \dots - \Phi_{PL} B^{PL}) \quad (21)$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \quad (22)$$

$$\Theta_Q(B^L) = (1 - \Theta_{1L} B^L - \dots - \Theta_{QL} B^{QL}) \quad (23)$$

เมื่อ  $Y_t$  คือ ค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ หน่วยเวลา  $t$

$$Z_t = (1 - B^L)^D (1 - B)^d Y_t \quad (24)$$

$Z_t$  คือ อนุกรมเวลาทำการแปลงให้คงที่แล้ว

$B$  คือ ค่า Backward Shift Operator

$\theta_0$  คือ ค่าคงที่ของพารามิเตอร์

$\phi_i$  คือ ค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเอง ตัวที่  $i$

โดยที่  $i = 1, 2, \dots, p$

$\Phi_i$  คือ ค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองในส่วน

ฤดูกาล ตัวที่  $i$  โดยที่  $i = 1, 2, \dots, P$

$\theta_i$  คือ ค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวที่  $i$

โดยที่  $i = 1, 2, \dots, q$

$\Theta_i$  คือ ค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ในส่วนฤดูกาล ตัวที่  $i$  โดยที่  $i = 1, 2, \dots, Q$

$\varepsilon_t$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ หน่วยเวลา  $t$  ซึ่ง  $\varepsilon_t$  มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ  $\sigma_{\varepsilon_t}^2$  และเป็นอิสระต่อกัน

$p$  คือ อันดับที่ของการถดถอยในตัวเอง

$P$  คือ อันดับที่ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล

$d$  คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่าง เพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ เนื่องจากมีแนวโน้มให้เป็นคงที่

$D$  คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาล เพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ เนื่องจากมีฤดูกาลให้คงที่

$q$  คือ อันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$Q$  คือ อันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล

$L$  คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี

ขั้นตอนที่ 6 กรณีที่วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มีหลายตัวแบบที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจะใช้เกณฑ์คัดเลือกตัวแบบ โดยเลือกตัวแบบที่ให้ค่า Akaike's Information Criterion (AIC) ต่ำที่สุด เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด [17] สามารถหาค่า AIC ดังสมการที่ (25)

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

เมื่อ  $n$  คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

$\hat{\sigma}^2$  คือ ค่าประมาณความแปรปรวน ของค่าความคลาดเคลื่อน

$p$  คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่า

## 2.4 เกณฑ์การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 ในงานวิจัยนี้ใช้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ในการวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (26)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (26)$$



เนื่องจากส่วนเหลือจากวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมต้องมีการแจกแจงปรกติ ในงานวิจัยนี้ใช้สถิติทดสอบ Anderson-Darling (AD) ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 19 ซึ่งผลลัพธ์จะต้องยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่า ส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ หรือ  $p\text{-value} \geq \alpha$  และ กำหนดระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) เป็น 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

- สมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) : ส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ
- สมมติฐานรอง ( $H_1$ ) : ส่วนเหลือไม่มีการแจกแจงปรกติ

### 2.5 เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์

งานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) เป็นเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์โดยนำค่าสังเกตจากข้อมูลส่วนที่ 2 มาเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมว่ามีความแตกต่างกันกี่เปอร์เซ็นต์ แสดงดังสมการที่ (27)

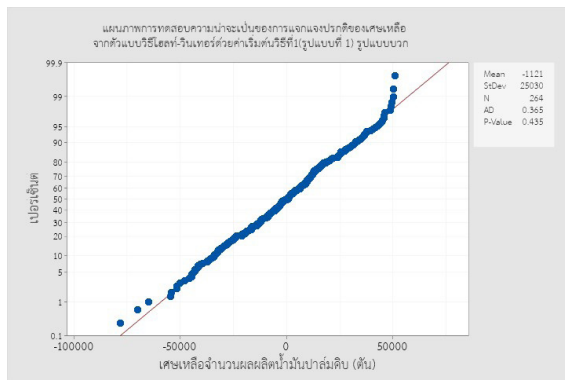
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100 \quad (27)$$

## 3. ผลการทดลอง

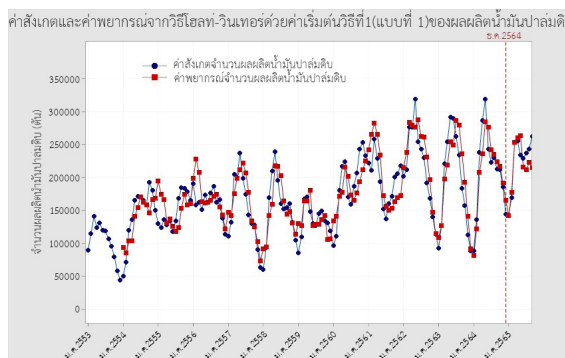
### 3.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์

3.1.1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้มที่แตกต่างกัน (5 รูปแบบ)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยเมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันขององค์ประกอบแนวโน้ม 5 รูปแบบ แสดงในตารางที่ 1 จะพบว่า การพยากรณ์ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ ที่เหมาะสมสำหรับจำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยคือวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม รูปแบบที่ 1 และส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ เนื่องจาก  $p\text{-value}$  มีค่าเป็น 0.435 ซึ่งมากกว่า  $\alpha = 0.05$  จึงยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่า ส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ ดังแสดงในรูปที่ 3 และแสดงค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่า ให้ค่า MAPE เป็น 11.41 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ส่วนเหลือจากวิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4 ค่าสังเกตและค่าพยากรณ์จากวิธีโฮลท์-วินเทอร์ รูปแบบบวกเมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่า RMSE จากวิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้มที่แตกต่างกัน

วิธีโฮลท์-วินเทอร์	รูปแบบบวก	รูปแบบคูณ
รูปแบบที่ 1	*26,831.80	39,525.60
รูปแบบที่ 2	28,620.24	40,161.49
รูปแบบที่ 3	*27,319.83	39,870.20
รูปแบบที่ 4	*27,104.20	39,947.18
รูปแบบที่ 5	26,697.27	39,469.59

หมายเหตุ: \*แทนเศษเหลือที่มีการแจกแจงปรกติ



3.1.2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีแยกส่วนประกอบแสดงในตารางที่ 2 จะพบว่า การพยากรณ์ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ ที่เหมาะสมสำหรับจำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยคือ วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ โดยใช้ข้อมูล 5 ปี ในการคำนวณค่าเริ่มต้น ( $T=5$ ) และส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ

ตารางที่ 2 ค่า  $RMSE$  จากวิธีพยากรณ์วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ ( $T=2, 3, 4, \dots, 9$ )

วิธีโฮลท์-วินเทอร์	รูปแบบบวก	รูปแบบคูณ
$T=2$	25,110.77	34,045.51
$T=3$	28,231.06	29,807.03
$T=4$	*32,426.17	*34,071.43
$T=5$	*29,590.45	*29,346.95
$T=6$	27,336.92	*28,733.92
$T=7$	27,461.19	29,095.07
$T=8$	*31,924.72	34,185.42
$T=9$	*30,233.27	30,705.41

หมายเหตุ: \*แทนเศษเหลือที่มีการแจกแจงปรกติ

### 3.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์

จากวิธีโฮลท์-วินเทอร์ ที่กำหนดค่าเริ่มที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ผู้วิจัยจึงสนใจการกำหนดค่าเริ่มต้น 3 แบบ คือ รูปแบบที่ 1, 3 และ 4 ที่มีขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือเป็น 2, 3, 4, ..., 9 ( $k=2, 3, 4, \dots, 9$ ) ดังแสดงในตารางที่ 2

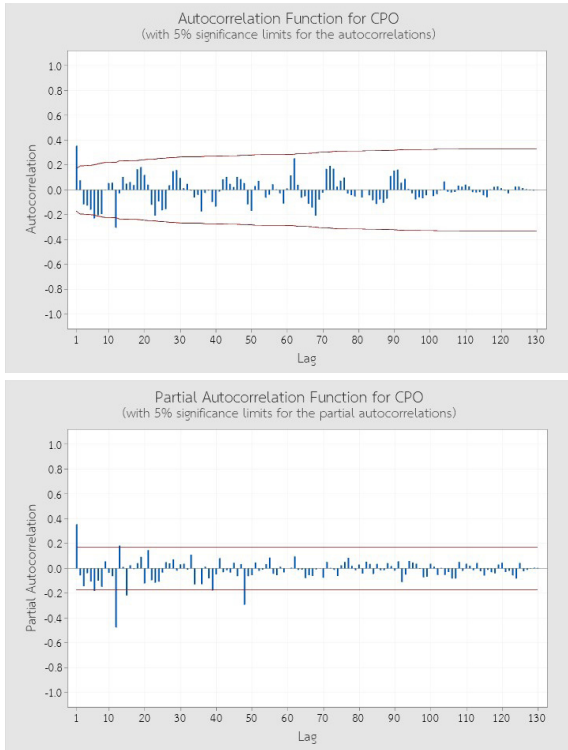
ตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่ 1 ไม่มีขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือใดที่มีการแจกแจงปรกติ กลุ่มที่ 2 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 3) ที่มีขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือเป็น 4 ( $k=4$ ) ให้ค่า  $RMSE$  ต่ำที่สุด เป็น 31,135.85 ส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติจึงเป็นตัวแทนที่เหมาะสม และกลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบ

แนวโน้ม (รูปแบบที่ 4) มีขอบเขตการสุ่มส่วนเหลือเป็น 6 ( $k=6$ ) ให้ค่า  $RMSE$  ต่ำที่สุด เป็น 33,808.99 และส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ จึงเป็นตัวแทนที่เหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะคัดเลือกวิธีพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์  $RMSE$  ต่ำที่สุดและส่วนเหลือมีการแจกแจงปรกติ

ตารางที่ 3 ค่า  $RMSE$  จากวิธีพยากรณ์วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์

วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์	รูปแบบบวก	รูปแบบคูณ
กลุ่มที่ 1 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 1)		
$k=2$	23,408.24	35,365.31
$k=3$	26,531.30	35,191.01
$k=4$	29,766.27	37,998.34
$k=5$	32,206.16	39,684.77
$k=6$	35,037.19	40,948.09
$k=7$	35,679.44	41,972.17
$k=8$	37,055.76	40,838.30
$k=9$	37,787.77	40,751.49
กลุ่มที่ 2 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 3)		
$k=2$	24,169.37	37,471.96
$k=3$	27,275.43	36,052.70
$k=4$	*31,135.85	39,086.28
$k=5$	*34,858.69	42,109.05
$k=6$	*37,960.41	43,818.54
$k=7$	*39,476.87	43,850.32
$k=8$	*40,866.05	44,454.29
$k=9$	*42,441.83	44,047.61
กลุ่มที่ 3 วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 4)		
$k=2$	23,581.79	*48,073.51
$k=3$	26,666.42	*44,518.31
$k=4$	29,390.61	*39,011.84
$k=5$	35,909.28	37,343.85
$k=6$	*33,808.99	39,602.93
$k=7$	*35,417.63	*39,252.66
$k=8$	*35,909.28	*40,221.09
$k=9$	*36,973.28	*40,462.28

หมายเหตุ: \*แทนส่วนเหลือที่มีการแจกแจงปรกติ



รูปที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

### 3.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาอย่างไม่คงที่ จึงได้ทำการหาผลต่าง 1 ครั้ง และหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง หลังจากทำการหาผลต่างพบว่าอนุกรมเวลาคงที่แล้ว จึงนำอนุกรมเวลาไปหา ACF และ PACF ดังแสดงในรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 พบว่า แผนภาพสหสัมพันธ์ของ ACF และ PACF ลดลงอย่างรวดเร็ว และมีการหาผลต่าง 1 ครั้ง ซึ่งได้ตัวแบบเป็น  $ARIMA(1,1,1)$  ในส่วนของฤดูกาล ACF Cut Off ที่ Lag 12 และ PACF ลดลงอย่างรวดเร็วที่ Lag 12, 24, 36 และ 48 และมีการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ซึ่งได้ตัวแบบเป็น  $SARIMA(0,1,1)_{12}$  จะสามารถกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้คือ  $ARIMA(1,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$  จึงได้ทำการทดสอบตัวแบบแล้ว พบว่าตัวแบบที่ได้ไม่มีความ

เหมาะสม จึงได้ทำการปรับตัวแบบเป็น  $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

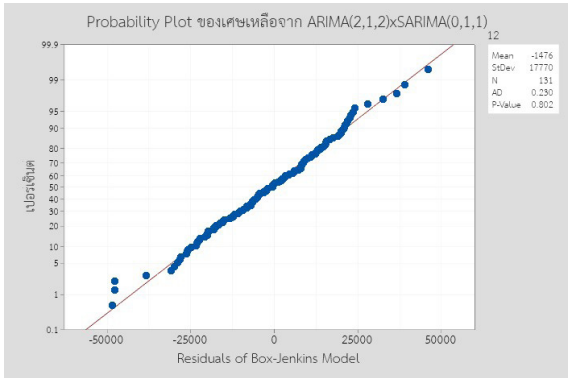
ตารางที่ 4 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ  $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

Statistic	Coef.	SE Coef.	t	p-value
$\phi_1$	1.5362	0.0643	23.89	0.000
$\phi_2$	-0.7567	0.0707	-10.71	0.000
$\theta_1$	1.2171	0.0447	27.25	0.000
$\theta_2$	-0.2878	0.0614	-4.68	0.000
$\theta_{12}$	0.8519	0.0755	11.29	0.000

จากตารางที่ 4 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า  $\phi_1, \phi_2, \theta_1, \theta_2$  และ  $\theta_{12}$  มีค่าแตกต่างจากศูนย์เนื่องจากค่า p-value เป็น 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (28)

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t = & Y_{t-1} + Y_{t-12} - Y_{t-13} + 1.5362Y_{t-1} \\ & - 1.5362Y_{t-2} - 1.5362Y_{t-13} + 1.5362Y_{t-14} \\ & - 0.7567Y_{t-2} + 0.7567Y_{t-3} + 0.7567Y_{t-14} \\ & - 0.7567Y_{t-15} + e_t - 0.8519e_{t-12} \\ & - 1.2171e_{t-1} + 1.0368e_{t-13} + 0.2878e_{t-2} \\ & - 0.2452e_{t-14} \end{aligned} \quad (28)$$

การทดสอบส่วนเหลือที่ได้จาก ตัวแบบพยากรณ์จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย ด้วยสถิติ Ljung-Box พบว่า ส่วนเหลือเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value เป็น 0.207 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ใน Lag ที่ 12 และทำนองเดียวกันที่ lag 24, 36 และ 48 แสดงดังตารางที่ 5 และทำการทดสอบการแจกแจงปรกติด้วยสถิติ Anderson-darling ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า ส่วนเหลือของตัวแบบ  $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$  มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value เป็น 0.802 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น ตัวแบบ  $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$  เป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย



รูปที่ 6 ส่วนเหลือจากตัวแบบ  $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$  ของจำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

ตารางที่ 5 การทดสอบความเป็นอิสระกันของส่วนเหลือของตัวแบบ  $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.69	19.25	39.90	47.77
DF	7	19	31	43
p-value	0.207	0.441	0.131	0.285

#### 4. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการพยากรณ์จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ ที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ซึ่งเนื่องจากอนุกรมเวลาของจำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มคล้ายเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล จึงมีความเหมาะสมกับวิธีโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันและวิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ ในกรณีวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ จะแตกต่างจากการพยากรณ์วิธีอื่นโดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจะหาตัวแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา ซึ่งอนุกรมเวลาจะต้องมีลักษณะคงที่ โดยพิจารณาจากแผนภาพสหสัมพันธ์ของ  $ACF$  และ  $PACF$  ซึ่งหากอนุกรมเวลามีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จะต้องทำการหาผลต่าง

ตารางที่ 6 ค่า  $RMSE$  และ  $MAPE$  ของตัวแบบพยากรณ์จำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

ตัวแบบพยากรณ์	$RMSE$	$MAPE$
วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม รูปแบบที่ 1	26,831.80	11.41
วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยแยกส่วนประกอบ โดยใช้ข้อมูล 5 ปี ในการคำนวณค่าเริ่มต้น ( $T=5$ )	29,590.45	23.41
วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 3) เมื่อ $k=4$	31,135.85	18.42
วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม (รูปแบบที่ 4) เมื่อ $k=6$	33,808.99	16.49
วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(2,1,2) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$	18,112.57	13.49

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือก วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า  $RMSE$  ต่ำที่สุดและวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วย  $MAPE$  ซึ่งในการพยากรณ์จะต้องเกิดค่าความคลาดเคลื่อนและผู้วิจัยต้องการค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเล็ก จึงเลือกใช้  $RMSE$  เนื่องจาก  $RMSE$  ไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ จึงใช้  $MAPE$  เข้ามาช่วย

จากการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลา คือวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ซึ่งให้ค่า  $RMSE$  เป็น 18,112.57 ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดและให้ค่า  $MAPE$  เป็น 13.49 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมาคือวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม รูปแบบที่ 1 ซึ่งให้ค่า  $RMSE$  เป็น 26,831.80 และให้ค่า  $MAPE$  เป็น 11.41 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 6 และผลจากการวิเคราะห์วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ พบว่า วิธีแบกกิงโฮลท์-วินเทอร์ เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันให้ค่า  $RMSE$  ที่ไม่ได้ดีกว่าวิธีอื่น ดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Onlamul และ Banditvilai [5] และ Dantas และคณะ [13] ในกรณีศึกษาจำนวนผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย และ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keerativibool [18] ที่พยากรณ์ ปริมาณการส่งออกยางคอมพาวด์ และงานวิจัยของ Riansut [19] ที่คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ราคามะม่วงเขียวเสวย ซึ่งพบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และเนื่องจาก วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนด ค่าเริ่มต้นด้วยองค์ประกอบแนวโน้ม รูปแบบที่ 1 เป็นวิธีที่ ให้ค่า *RMSE* น้อยรองลงมา ดังนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์ ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นด้วย องค์ประกอบแนวโน้ม รูปแบบที่ 1 จึงควรนำมาพิจารณา

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Vichitbhan Palmoil Public Company Limited. (2017). Crude Palm Oil. [Online]. Available: <http://www.vcbpalmoil.com>
- [2] C. Cumroon, C. Jatuporn, V. Suvanvihok and N. Seerasarn, "Forecasting export volume and export price of crude palm oil in Thailand: A case study of time series analysis," *Journal of Modern Learning Development*, vol. 6, no. 4, pp. 315-329, 2021 (in Thai).
- [3] D. Sanguanrungsirikul, H. Chiewanantavanich and M. Sangkasem, "A comparative study to determine optimal models for forecasting the number of patients having epidemiological-surveillance diseases in Bangkok," *KMUTT Research and Development Journal*, vol. 38, no. 1, pp. 35-55, 2015 (in Thai).
- [4] A. O. Akuno, M. O. Otieno, C. W. Mwangi and L. A. Bichga, "statistical models for forecasting tourists' arrival in Kenya," *Open Journal of Statistics*, vol. 5, pp. 60-65, 2015
- [5] 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 international airport," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 221-231, Jan.-Mar. 2023 (in Thai).
- [6] C. Singmuang and T. Supapakorn, "Forecasting Model for the Export Value of Rubber of Thailand," *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, vol. 12, no. 15, pp. 58-82, Jan.-Jun. 2020 (in Thai).
- [7] R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, "Forecasting Principle and Practice," Melbourne: Otexts, 2014.
- [8] P. S. Kalekar, "Time series forecasting using Holt-Winters exponential smoothing," *Kanwal Rekhi School of Information Technology*, pp. 1-13, Dec. 2004.
- [9] K. Suppalakpanya, R. Nikhom, A. Boonranawong, and T. Boonranawong, "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.
- [10] C. C. Holt, "Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages," *International Journal of Forecasting*, vol. 20, no. 1, pp. 5-10, 2004.
- [11] T. Boonranawong and A. Boonranawong, "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.
- [12] K. Suppalakpanya, R. Nikhom, T. Boonranawong,

- and A. Boonranawong, "A comparison of mhw and ahw methods for forecasting crude palm oil productions in Thailand," *Science & Technology Asia*, vol. 25, no. 2, pp. 25–35, April–June 2020.
- [13] 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.
- [14] 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).
- [15] S. Muangkhoua, "Time Series Forecasting by using Box-Jenkins Method," *Journal of Urban Medicine*, vol. 63, pp. 185–192, 2019 (in Thai).
- [16] P. Khumsin, "Comparison of Sales Forecasting Models for Air Conditioners by Holt and Winters Exponential Smoothing Method, Box-Jenkins Method and Artificial Neural Networks," M.S. thesis, Faculty of Science King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2017 (in Thai).
- [17] H. Motulsky and A. Christopoulos, "Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression: A practical guide to curve fitting," *Oxford University Press*, pp. 143–144, 2004.
- [18] W. Keerativibool, "Forecasting the Export Quantity of Rubber Compound," *SWU Science Journal*, vol. 30, no. 2, pp. 41–56, 2014 (in Thai).
- [19] W. Riansut, "Selection of Forecasting Models for the Mango Prices," *Srinakharinwirot Research and Development (Journal of Humanities and Social Sciences)*, vol. 12, no. 23, pp. 52–62, 2020 (in Thai).