การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง

Comparison of Frozen Mango Export Volume Forecasting Model

นพมาศ อัครจันทโชติ*, อลิศรา พรายแก้ว, ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน, ภัททิตา เลิศจริยพร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
*Email : a_noppamas@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง สำหรับนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการทั้งการปลูกและการผลิตได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ข้อมูลส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึง ธันวาคม 2563 จำนวน 120 ค่า ใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลฝึกฝน สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2564 จำนวน 12 ค่า ใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลทดสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวน 5 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบคูณ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบบวก วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก สำหรับการประเมินความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์สำหรับงานวิจัยนี้ คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด โดยให้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ต่ำที่สุด เท่ากับ 22.63% และ รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เท่ากับ 2,780.98 พันกิโลกรัม

คำสำคัญ : มะม่วงแช่เย็นจนแข็ง การแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา การปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย การปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์

Abstract

The purpose of this research was to compare forecasting models of frozen mango export volume, used for management planning of both planting and production as appropriate as needed. The dataset was divided into two sets. The first set was monthly from January 2011 to December 2020, which had 120 values, for fitting the model. The second set was monthly from January 2021 to December 2021, which had 12 values, for comparing the accuracy of the forecast. There were five forecasting methods that were used in the study; multiplicative decomposition method, additive decomposition method, simple seasonal exponential smoothing method, Winters' multiplicative exponential smoothing method, and Winters' additive exponential smoothing method. The suitable forecasting methods were chosen by considering the smallest value of mean absolute percentage error and root mean square error. The results of the study

show that Winters' additive exponential smoothing method was the best method. This method had the lowest mean absolute percentage error and root mean square error of 22.63% and 2,780.98 thousand kilograms, respectively.

Keywords : Frozen mango, Time Series Decomposition, Simple Seasonal Exponential Smoothing, Winters' Exponential Smoothing

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ยอดนิยมที่มีปริมาณการส่งออกอยู่ในอันดับต้น ๆ โดยมีอัตราการขยายตัวทั้งในเชิงปริมาณและมูลค่า (Online newstime, 2565) ความนิยมที่เพิ่มขึ้นในตลาดต่างประเทศโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่ไทยมีการตกลงการค้าเสรี ทำให้ไทยเป็นผู้ส่งออกมะม่วงอันดับที่ 2 ของอาเซียน และอยู่ในอันดับ 7 ของโลก โดยไตรมาสแรกของ พ.ศ.2564 มีอัตราการขยายตัวของการส่งออกสู่ตลาดโลก 46% จาก พ.ศ.2563 (RYT9, 2564) นอกจากการส่งออกในรูปของผลไม้สดแล้ว การส่งออกในรูปของการแช่เย็นแช่แข็งก็ยังมีการส่งออกไปตลาดโลกเพิ่มขึ้น 94.5% ในช่วงสองเดือนแรกของ พ.ศ.2564 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันจากปีที่ผ่านมา (The truth, 2564) ถึงแม้ว่าที่ผ่านมาจะมีอัตราการขยายตัวของการส่งออกมะม่วง แต่เมื่อต้นปี 2565 พบว่า มะม่วงเกรดส่งออกราคาตกต่ำ อันเนื่องมาจากผลผลิตของมะม่วงออกมาเป็นจำนวนมากเนื่องจากชาวสวนที่มีการผลิตมะม่วงนอกฤดูการผลิต ไม่มีการออกผลเท่าที่ควร แต่กลับออกผลพร้อมกันในช่วงฤดูกาล ทำให้มีมะม่วงล้นตลาด (WorkpointTODAY, 2565)

จากความผันผวนที่เกิดขึ้นของปริมาณการส่งออก การคาดการณ์ปริมาณการส่งออก จะทำให้เกษตรกรและผู้ผลิตสามารถนำไปวางแผนการจัดการทั้งการปลูกและการผลิตได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกษตรกรและผู้ผลิตนำไปใช้ประโยชน์ โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบคูณ (Multiplicative Decomposition Method) 2) วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบบวก (Additive Decomposition Method) 3) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย (Simple Seasonal Exponential Smoothing Method) 4) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing Method) และ 5) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' Additive Exponential Smoothing Method)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรางคณา เรียนสุทธิ์ (2560) ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละด้วยวิธีการทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ โดยตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ชม ปานตา และยุภาวดี สำราญฤทธิ์ (2560) ได้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดนครสวรรค์ โดยเปรียบเทียบ 3 วิธีการ ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้

กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการวัดความแม่นยำของตัวแบบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

ประภัสสร คำสวัสดิ์ (2560) ได้เปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรี ระหว่างวิธีการสร้างแบบจำลองอารีมา วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และแบบบวก โดยใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลา

บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์ และเสาวภา ชัยพิทักษ์ (2561) ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยเปรียบเทียบ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ วิธีโฮลต์-วินเทอร์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ซึ่งวัดความแม่นยำของตัวแบบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่มีความแม่นยำที่สุด

อิสริยพร หลวงหาญ (2562) ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมยูเอชที โดยเปรียบเทียบ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลท์ และวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวัดความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

วรางคณา เรียนสุทธิ์ (2562) ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาไข่ไก่ โดยใช้วิธีการทางสถิติ 7 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ โดยวัดความแม่นยำของตัวแบบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

สุรีย์รัตน์ อนุเพ็ญ และคณะ (2564) ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกน้ำยางข้น โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย มีความหมาะสมที่สุด

จากการทบทวนวรรณกรรมการเปรียบเทียบวิธีการที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่าไม่มีเทคนิคการพยากรณ์ใด ที่จะเหมาะสมกับทุกอนุกรมเวลา แต่เมื่อพิจารณาจากลักษณะอนุกรมเวลาของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง (ภาพที่ 1) พบว่าลักษณะอนุกรมเวลามีส่วนประกอบของการแปรผันตามฤดูกาลที่ชัดเจน แต่ส่วนประกอบของแนวโน้มมีเล็กน้อย ลักษณะการแปรผันตามฤดูกาลในแต่ละรอบฤดูกาลยังไม่ชัดเจนว่ามีการ

เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ซึ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวแบบคูณ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการแปรผันตามฤดูกาลไปตามช่วงเวลาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวแบบบวก ดังนั้นตัวแบบที่เลือกใช้ควรมีส่วนประกอบของการแปรผันตามฤดูกาล ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการที่ได้รับการพิจารณาว่าเหมาะสมที่สุดจากงานวิจัยที่ได้ทบทวนมา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง 5 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบคูณ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบบวก วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับข้อมูลปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง รายเดือน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ตั้งแต่ พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2564 โดยได้แบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ข้อมูลส่วนที่ 1 ได้แก่ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึง ธันวาคม 2563 จำนวน 120 ค่า ใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลฝึกฝน (Training set) ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลส่วนที่ 2 ได้แก่ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2564 จำนวน 12 ค่า ใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) ความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวน 5 วิธี ได้แก่

1) วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบคูณ (Multiplicative Decomposition Method)
2) วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบบวก (Additive Decomposition Method)
3) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย (Simple Seasonal Exponential Smoothing Method)
4) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing Method)
5) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' Additive Exponential Smoothing Method)

โดยประเมินความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วย เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ซึ่งปรับปรุงคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้ MAPE เป็นฟังก์ชันเป้าหมาย โดยแต่ละวิธีการพยากรณ์มีการดำเนินการ ดังนี้

วิธีการแยกส่วนประกอบ

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาจะแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาเป็น 4 ส่วน ได้แก่ แนวโน้ม (Trend) ความผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal) ความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical) และความผันแปรจากเหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular) ซึ่งในการพยากรณ์ระยะสั้น ความผันแปรตามวัฏจักรจะไม่มีผลต่อการพยากรณ์มากนัก และสำหรับความ

ผันแปรจากเหตุการณ์ผิดปกติเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ การสร้างตัวแบบพยากรณ์สามารถสร้างได้ทั้งตัวแบบคูณ และตัวแบบบวก ขึ้นอยู่กับลักษณะการผันแปรของฤดูกาล ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของการแปรผันตามฤดูกาลไปตามช่วงเวลาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวแบบคูณ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการแปรผันตามฤดูกาลไปตามช่วงเวลาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวแบบบวก

ในการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วนประกอบโดยใช้ตัวแบบคูณนั้น อนุกรมเวลาจะได้จากการนำส่วนประกอบแต่ละส่วนมาคูณกัน สำหรับวิธีการแยกส่วนประกอบโดยใช้ตัวแบบบวก อนุกรมเวลาจะได้จากการนำส่วนประกอบแต่ละส่วนมาบวกกัน โดยในการพยากรณ์ระยะสั้น ตัวแบบพยากรณ์สำหรับตัวแบบคูณ และตัวแบบบวก ตามลำดับ เป็น ดังนี้

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

..... (1)

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

..... (2)

โดยที่ $\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t

T_t แทน ส่วนประกอบของแนวโน้ม ณ ช่วงเวลา t

S_t แทน อิทธิพลจากฤดูกาล ณ ช่วงเวลา t

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย (Simple Seasonal Exponential Smoothing Method)

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย เป็นเทคนิคการพยากรณ์ในกลุ่มของการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง ซึ่งจะเป็นการเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักโดยที่ค่าถ่วงน้ำหนักนั้นจะลดลงแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง ข้อมูลที่อยู่ใกล้ค่าปัจจุบันจะได้รับการถ่วงน้ำหนักมากที่สุด และลดลงเมื่อห่างจากข้อมูลปัจจุบันไปตามลำดับ สำหรับวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายจะสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลจากฤดูกาล ไม่มีส่วนประกอบของแนวโน้ม โดยมีตัวแบบพยากรณ์ ดังนี้ (Mithiya, Bandyopadhyay & Mandal, 2020)

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + S_{t+k-m}$$

..... (3)

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

..... (4)

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

..... (5)

โดยที่ Y_t แทน ค่าจริง ณ ช่วงเวลา t

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา $t+k$

L_t แทน ค่าระดับของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

S_t แทน ค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

k แทน ช่วงเวลาล่วงหน้าที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลา t

m แทน ช่วงระยะเวลาของฤดูกาล

α แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าระดับ ซึ่ง $0 \leq \alpha \leq 1$

δ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าอิทธิพลฤดูกาล ซึ่ง $0 \leq \delta \leq 1$

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์ (Winters' Exponential Smoothing Method)

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์ เป็นวิธีวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่เหมาะกับอนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบของแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาล ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของการแปรผันตามฤดูกาลไปตามช่วงเวลา ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวแบบคูณ แต่ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการแปรผันตามฤดูกาลไปตามช่วงเวลาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวแบบบวก ตัวแบบพยากรณ์สำหรับตัวแบบคูณ และตัวแบบบวก เป็นดังนี้ (Carlberg, 2018)

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing Method)

$$\hat{Y}_{t+k} = (L_t + kb_t)S_{t+k-m} \quad \text{..... (6)}$$

เมื่อ

$$L_t = \alpha\left(\frac{Y_t}{S_{t-m}}\right) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad \text{..... (7)}$$

$$b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \quad \text{..... (8)}$$

$$S_t = \delta\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) + (1-\delta)S_{t-m} \quad \text{..... (9)}$$

โดยที่ Y_t แทน ค่าจริง ณ ช่วงเวลา t

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา $t+k$

L_t แทน ค่าระดับของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

S_t แทน ค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

b_t แทน ค่าความชันของแนวโน้มอนุกรมเวลา ณ เวลา t

k แทน ช่วงเวลาล่วงหน้าที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลา t

m แทน ช่วงระยะเวลาของฤดูกาล

α แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าระดับ ซึ่ง $0 \leq \alpha \leq 1$

γ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าแนวโน้ม ซึ่ง $0 \leq \gamma \leq 1$

δ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าอิทธิพลฤดูกาล ซึ่ง $0 \leq \delta \leq 1$

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' Additive Exponential Smoothing Method)

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kb_t + S_{t+k-m} \quad \text{..... (10)}$$

เมื่อ

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad \text{..... (11)}$$

$$b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \quad \text{..... (12)}$$

$$S_t = \delta(Y_t - L_t) + (1-\delta)S_{t-m} \quad \text{..... (13)}$$

โดยที่ Y_t แทน ค่าจริง ณ ช่วงเวลา t

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา $t+k$

L_t แทน ค่าระดับของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

S_t แทน ค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

b_t แทน ค่าความชันของแนวโน้มอนุกรมเวลา ณ เวลา t

k แทน ช่วงเวลาล่วงหน้าที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลา t

m แทน ช่วงระยะเวลาของฤดูกาล

α แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าระดับ ซึ่ง $0 \leq \alpha \leq 1$

γ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าแนวโน้ม ซึ่ง $0 \leq \gamma \leq 1$

δ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าอิทธิพลฤดูกาล ซึ่ง $0 \leq \delta \leq 1$

การประเมินความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อประเมินความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์สำหรับงานวิจัยนี้ คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) โดยตัวแบบใดที่ได้ค่า MAPE หรือ RMSE ต่ำ แสดงถึงมีความแม่นยำของการพยากรณ์สูง ซึ่งคำนวณค่าได้ ดังนี้

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i}\right| \quad \text{..... (14)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad \text{..... (15)}$$

โดยที่ Y_i แทน ค่าจริง ณ ช่วงเวลา i

$\hat{Y}_i$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา i

n แทน จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์

ผลการศึกษา

ข้อมูลปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2563 แสดงดังภาพที่ 1 จากการพิจารณาลักษณะอนุกรมเวลาตามภาพ พบว่ามีอิทธิพลจากฤดูกาลชัดเจน และมีแนวโน้มเล็กน้อย ซึ่งผลการศึกษา เป็นดังนี้

ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์ในแต่ละวิธี

1) **วิธีการแยกส่วนประกอบแบบคูณ (Multiplicative Decomposition Method)** จากการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา โดยใช้ตัวแบบคูณ ได้ค่า MAPE และ RMSE เท่ากับ 50.76% และ 4,782.90 พันกิโลกรัม ตามลำดับ และ ได้ผลตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน พ.ศ.2564 เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (5{,}366{,}265.58 + 20{,}379.02k)S_t \quad \text{..... (15)}$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 1

ภาพที่ 1 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2563

ตารางที่ 1 ดัชนีฤดูกาลของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง จากวิธีการแยกส่วนประกอบแบบคูณ

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	0.5228	พฤษภาคม	2.7996	กันยายน	0.2612
กุมภาพันธ์	0.7800	มิถุนายน	1.2570	ตุลาคม	0.2624
มีนาคม	1.8926	กรกฎาคม	0.2941	พฤศจิกายน	0.3131
เมษายน	3.0170	สิงหาคม	0.2028	ธันวาคม	0.3973

2) วิธีการแยกส่วนประกอบแบบบวก (Additive Decomposition Method) จากการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา โดยใช้ตัวแบบบวก ได้ค่า MAPE และ RMSE เท่ากับ 42.35% และ 5,500.22 พันกิโลกรัม ตามลำดับ และ ได้ผลตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน พ.ศ.2564 เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (5{,}366{,}265.58 + 20{,}379.02k)S_t \quad \text{..... (16)}$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาลของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง จากวิธีการแยกส่วนประกอบแบบบวก

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	-1,430,726.65	พฤษภาคม	5,620,228.56	กันยายน	-2,214,680.90
กุมภาพันธ์	-565,276.73	มิถุนายน	840,106.68	ตุลาคม	-2,395,541.48
มีนาคม	3,063,184.60	กรกฎาคม	-2,149,138.98	พฤศจิกายน	-2,449,400.69
เมษายน	6,831,760.14	สิงหาคม	-2,411,630.15	ธันวาคม	-2,738,884.40

3) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย (Simple Seasonal Exponential Smoothing Method) จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง ด้วยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย โดยได้เลือกค่า $\alpha = 0.0283$ และ $\delta = 0.5553$ ที่ทำให้ค่า MAPE ต่ำสุด ซึ่งค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 37.99% และ 3,773.67 พันกิโลกรัม ตามลำดับ โดยตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน พ.ศ.2564 เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = 4{,}758{,}102.658 + S_t \quad \text{..... (17)}$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีฤดูกาลของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง จากวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	-161,530.79	พฤษภาคม	15,383,358.05	กันยายน	-1,764,796.19
กุมภาพันธ์	524,623.00	มิถุนายน	5,887,437.01	ตุลาคม	-1,609,022.72
มีนาคม	4,744,615.87	กรกฎาคม	-1,306,890.07	พฤศจิกายน	-1,480,071.94
เมษายน	8,507,837.02	สิงหาคม	-2,331,476.49	ธันวาคม	-1,539,506.21

4) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Multiplicative Winters' Exponential Smoothing Method) จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง ด้วยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ โดยได้เลือกค่า $\alpha = 0.0016, \gamma = 0.5738$ และ $\delta = 0.3275$ ที่ทำให้ค่า MAPE ต่ำสุด ซึ่งค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 31.08% และ 2,832.99 พันกิโลกรัม ตามลำดับ โดยตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน พ.ศ.2564 เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (3{,}612{,}776.01 + 58{,}765.54k)S_t \quad \text{..... (18)}$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ดัชนีฤดูกาลของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง จากวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	1.1336	พฤษภาคม	5.6677	กันยายน	0.7889
กุมภาพันธ์	1.4877	มิถุนายน	2.9428	ตุลาคม	0.7312
มีนาคม	3.0547	กรกฎาคม	0.9819	พฤศจิกายน	0.7388
เมษายน	4.4212	สิงหาคม	0.6523	ธันวาคม	0.8117

5) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Additive Winters' Exponential Smoothing Method) จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง ด้วยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก โดยได้เลือกค่า $\alpha = 0.0265, \gamma = 0.1263$ และ $\delta = 0.5434$ ที่ทำให้ค่า MAPE ต่ำสุด ซึ่งค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 22.63% และ 2,780.98 พันกิโลกรัม ตามลำดับ โดยตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน พ.ศ.2564 เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = 5{,}587{,}868.76 + 104{,}688.87\,k + S_t \quad \text{..... (19)}$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ดัชนีฤดูกาลของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง จากวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	74,858.79	พฤษภาคม	15,345,768.14	กันยายน	-1,903,337.80
กุมภาพันธ์	733,294.13	มิถุนายน	5,883,344.62	ตุลาคม	-1,819,922.42
มีนาคม	4,909,122.30	กรกฎาคม	-1,308,188.74	พฤศจิกายน	-1,754,402.20
เมษายน	8,631,947.34	สิงหาคม	-2,398,099.72	ธันวาคม	-1,859,014.03

ผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ผลการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2564 ด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 เป็นดังตารางที่ 6 และแสดงการเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 2 ซึ่งพบว่าวิธีที่มีความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์สูงที่สุด คือวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก โดยให้ค่า MAPE ต่ำสุดเท่ากับ 22.63% และ RMSE เท่ากับ 2,780.98 พันกิโลกรัม โดยสมการที่ใช้พยากรณ์ คือ (สมการที่ 19)

$$\hat{Y}_{t+k} = 5{,}587{,}868.76 + 104{,}688.87\,k + S_t$$

โดยที่ $\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 6 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณการส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็ง พ.ศ.2564

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์				
		DComX	DCom+	SSES	WinterX	Winter+
ม.ค.	2,963,091	2,816,277.95	3,955,917.95	4,596,571.87	4,161,984.50	5,767,416.42
ก.พ.	6,395,525	4,217,341.75	4,841,746.88	5,282,725.65	5,549,715.18	6,530,540.64
มี.ค.	18,113,576	10,271,957.57	8,490,587.23	9,502,718.53	11,574,617.91	10,811,057.68
เม.ย	18,861,529	16,435,944.55	12,279,541.79	13,265,939.68	17,012,014.30	14,638,571.59
พ.ค.	21,695,342	15,308,539.11	11,088,389.23	20,141,460.71	22,141,515.59	21,457,081.27
มิ.ย.	14,432,240	6,899,194.25	6,328,646.37	10,645,539.67	11,669,357.61	12,099,346.62
ก.ค.	6,005,097	1,620,408.13	3,359,779.72	3,451,212.59	3,951,302.32	5,012,502.13
ส.ค.	4,149,903	1,121,560.70	3,117,667.57	2,426,626.17	2,663,393.48	4,027,280.03
ก.ย.	4,827,025	1,449,387.95	3,334,995.83	2,993,306.46	3,267,239.66	4,626,730.83
ต.ค.	6,172,573	1,461,671.89	3,174,514.27	3,149,079.93	3,071,294.87	4,814,835.08
พ.ย.	6,454,993	1,750,309.76	3,141,034.08	3,278,030.72	3,146,885.56	4,985,044.17
ธ.ค.	6,779,546	2,229,407.21	2,871,929.38	3,218,596.45	3,504,872.53	4,985,121.22
	%MAPE	**50.76%**	**42.35%**	**37.99%**	**31.08%**	**22.63%**
	RMSE (หน่วยพันกิโลกรัม)	**4,782.90**	**5,500.22**	**3,773.67**	**2,832.99**	**2,780.98**
	ค่าพารามิเตอร์	-	-	(α =0.0283 , δ =0.5553)	(α =0.0016 , γ = 0.5738 , δ = 0.3275)	(α =0.0265 , γ = 0.1263 , δ = 0.5434)

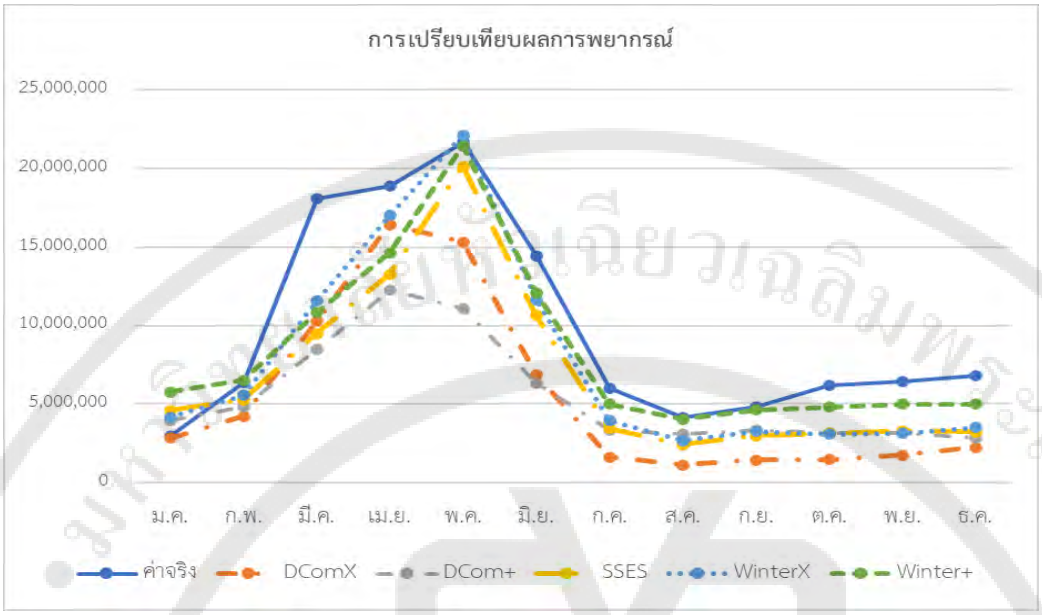
หมายเหตุ DComX หมายถึง วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบคูณ

DCom+ หมายถึง วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบบวก

SSES หมายถึง วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

WinterX หมายถึง วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

Winter+ หมายถึง วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของวิธีทั้ง 5

สรุปและวิจารณ์ผล

การวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณส่งออกมะม่วงแช่เย็นจนแข็งรายเดือนจากวิธีการพยากรณ์ 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบคูณ 2) วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบบวก 3) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย 4) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ 5) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึง ธันวาคม 2563 จำนวน 120 ค่า สำหรับเป็นชุดข้อมูลฝึกฝน ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลส่วนที่ 2 ได้แก่ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2564 จำนวน 12 ค่า ใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลทดสอบ จากการวิเคราะห์พบว่า วิธีที่มีความแม่นยำสูงสุดของตัวแบบพยากรณ์ คือวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก โดยได้สมการในการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = 5{,}587{,}868.76 + 104{,}688.87\,k + S_t$$

โดยที่ $\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2564

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 5

ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของอนุกรมเวลาที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบแนวโน้ม และการแปรผันตามฤดูกาล โดยการเปลี่ยนแปลงของการแปรผันตามฤดูกาลไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ซึ่งทำให้ตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นตัวแบบบวกให้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความแม่นยำกว่าตัวแบบคูณ โดยอิทธิพลจากฤดูกาลทำให้เดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายนของแต่ละปีจะมีปริมาณที่สูงมากกว่าปกติมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้พยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล ได้แก่ งานวิจัยของอิสริยพร (2562) ที่ได้พยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมยูเอชที โดยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ให้ผลที่แม่นยำที่สุด ซึ่งค่า MAPE และ RMSE มีค่า

ต่ำสุด และงานวิจัยของ ประภัสสร (2560) ที่ได้พยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรี โดยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ให้ผลที่แม่นยำที่สุด ซึ่งค่า RMSE มีค่าต่ำสุด

ผลการวิจัยนี้ สามารถนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการทั้งการปลูกและการผลิตได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาผลิตภัณฑ์ล้นตลาด หรือไม่เพียงพอต่อความต้องการ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้เทคนิคพยากรณ์ที่อาศัยข้อมูลในอดีตเพื่อพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต การศึกษาครั้งต่อไปอาจนำตัวแปรอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการพยากรณ์เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการพยากรณ์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Carlberg, C. (2018). *Predictive Analytics: Microsoft Excel*. Indiana: Pearson Education.

Mithiya, D., Bandyopadhyay, S. & Mandal, K. (2020). Time Series Analysis and Forecasting of Rainfall for Agricultural Crops in India: An Application of Artificial Neural Network. *Research in Applied Economics*, *12*(4), 1-21.

Online newstime. (2565). 10 อันดับผลไม้ไทย ในตลาดส่งออกปี 2560-2564. สืบค้นเมื่อ 13 เมษายน 2565, จาก https://www.onlinenewstime.com/10-อันดับ-ผลไม้ไทย-ในตลาด/online-newstime-data/

RYT9. (2564). มะม่วงไทยโดนใจต่างชาติ เอฟทีเอดันส่งออกโต 46%. สืบค้นเมื่อ 13 เมษายน 2565, จาก https://www.ryt9.com/s/beco/3222256

The truth. (2564). FTAดันส่งออกไทย!?! สินค้าเกษตร-แปรรูป 2 เดือนโต20% ส่งออกผลไม้พุ่งกระฉูด “ทุเรียน-มังคุด-ลำไย-มะม่วง”ฮอต107%. สืบค้นเมื่อ 13 เมษายน 2565, จาก https://truthforyou.co/44140/

WorkpointTODAY. (2565). เททิ้งร่วม 100 ตัน มะม่วงเกรดส่งออก จ.พิจิตร ราคาตกต่ำเหลือกิโลละ 1-2 บาท. สืบค้นเมื่อ 13 เมษายน 2565, จาก https://workpointtoday.com/mango/

ชม ปานตา และยุภาวดี สำราญฤทธิ์. (2560). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทางสถิติ. *วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, *9*(10), 127-142.

บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์ และเสาวภา ชัยพิทักษ์. (2561). ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, *26*(2), 74-85.

ประภัสสร คำสวัสดิ์. (2560). การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรี ระหว่างวิธีอารีมา วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล. *สหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี*, 2(3), 39-50.

วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2560). ตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, *19*(2), 31-42.

วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2562) ตัวแบบพยากรณ์ราคาไข่ไก่. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, *11*(22), 196-211.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). สถิติการส่งออก. สืบค้นเมื่อ 13 เมษายน 2565, จาก http://impexp.oae.go.th/service/export.php

สุรีรัตน์ อนุเพ็ญ กิตติ พูลเกษม ธนวรรธน์ รู้สุข และบูรณ์พิภพ ท้าววรรณชาติ. (2564). การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกน้ำยางข้นโดยการเปรียบเทียบด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีบอกซ์-เจนกินส์. *การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง*, หน้า 1211-1226.

อิสริยพร หลวงหาญ. (2562). ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่เหมาะสมด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ.2562 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, หน้า 583-587.