

การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ราคามะพร้าวแห้งด้วยวิธีการพยากรณ์แบบเฉพาะ และวิธีการพยากรณ์ลำดับชั้น

ศิริประภา ดีประดิษฐ์¹ พรธิภา องค์กรักษ์² และรุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์³

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Received: 25 April 2020; Revised: 12 June 2020; Accepted: 17 June 2020

บทคัดย่อ

ในโซ่อุปทานมะพร้าวแห้ง ราคาของมะพร้าวแห้งเป็นส่วนเป็นปัจจัยที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อการวางแผนการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรและผู้แปรรูป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของวิธีการพยากรณ์ราคามะพร้าวแห้งรายเดือนเบอร์ 1 ถึง 4 โดยการพยากรณ์แบบเฉพาะที่ใช้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิเคราะห์การพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีใดมีความเหมาะสมและถูกใช้ในการพยากรณ์ โดยเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่าการพยากรณ์วิธีลำดับชั้นแบบบนลงล่างโดยหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมทำให้ค่าพยากรณ์ของราคามะพร้าวแห้งรายเดือนเบอร์ 1 ถึง 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย อยู่ในช่วง 0.24% ถึง 1.10% และเมื่อนำไปพยากรณ์ราคาในปีถัดไปมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย อยู่ในช่วง 9.25% ถึง 12.38% โดยสรุปคือ การพยากรณ์วิธีลำดับชั้นแบบบนลงล่างเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ราคามะพร้าวแห้งรายเดือนเบอร์ 1 ถึง 4 แต่ค่าสัญญาณติดตามของราคามะพร้าวเบอร์ 2 ถึง 4 ในช่วง 6 เดือนหลัง ออกนอกช่วงควบคุม ดังนั้นจึงปรับค่าการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น ทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย 3.20% ถึง 9.92% ซึ่งค่าพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนสำหรับอุตสาหกรรมและเกษตรกร

คำสำคัญ: มะพร้าวแห้ง การพยากรณ์ วิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง

* Corresponding author. E-mail: pornthipa.o@ku.ac.th

¹ นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Study of Forecasting Techniques for Aromatic Coconut Monthly Prices Using Individual and Hierarchical Forecasting

Siraprapha Deepradit¹ Pornthipa Ongkunaruk^{*2} and Roongrat Pisuchpen³

Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd,
Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

Received: 25 April 2020; Revised: 12 June 2020; Accepted: 17 June 2020

Abstract

In aromatic coconut supply chain, the price factor is important and affects the harvest planning of factories and farmers. This research was to compare the accuracy of forecasting techniques for aromatic coconut monthly prices of No.1 to No.4. There were two methods for individual forecasting: decomposition and Box-Jenkins. The top-down method of hierarchical forecasting is analyzed. The result indicates which method will be used to forecast aromatic coconut prices. The forecasting techniques were compared to a training dataset and a testing dataset with a mean absolute percentage error. The results revealed that the top-down method is the best technique. The mean absolute percentage error was 0.24% to 1.10% for the training dataset and 9.25% to 12.38% for the testing dataset. In summary, the top-down method is the best forecasting for No.1 to No.4 of aromatic coconut price but the tracking signals of No.2 to No.4 are out of control in the last 6 months. The aromatic coconut price was adjusted by the linear regression. The mean absolute percentage error was 3.20% to 9.92% that could increase forecast accuracy for No.1 to No.4 of aromatic coconut price and this research could be applied to assist in supply planning by coconut processors and farmers.

Keywords: Aromatic coconut, Forecasting, Decomposition method, Box-Jenkins, Hierarchical forecasting

* Corresponding author. E-mail: pornthipa.o@ku.ac.th

¹ D.Eng. Student in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

² Associate Professor in Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

³ Associate Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

1. บทนำ

มะพร้าว น้ำหอม เป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีแนวโน้มการส่งออกที่สูงขึ้น เนื่องด้วยรสชาติและกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ทำให้เป็นที่นิยมของกลุ่มผู้บริโภคมากขึ้น พื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย มะพร้าว น้ำหอม ปลูกมากในภาคกลาง เช่น นครปฐม สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ราชบุรี และเขตใกล้เคียง [1] ปริมาณความต้องการบริโภคมะพร้าว น้ำหอมที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการเก็บเกี่ยว อีกทั้งปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้และราคาของมะพร้าว น้ำหอมไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับเวลา ทำให้เกษตรกรและโรงงานอุตสาหกรรมวางแผนการเก็บเกี่ยวและควบคุมต้นทุนการดำเนินการได้ยาก ขาดการวางแผนที่มีประสิทธิภาพในการจัดการให้สมดุลระหว่างความสามารถในการเก็บเกี่ยวหรือจัดหาวัตถุดิบจากแหล่งผลิต และความต้องการของลูกค้าหรือโรงงานอุตสาหกรรม โดยราคามะพร้าว น้ำหอมเป็นไปตามกลไกตลาด เช่น ในช่วงฤดูร้อน ปริมาณมะพร้าวที่สามารถเก็บเกี่ยวได้มีน้อย ส่งผลให้ราคามะพร้าวแพง นอกจากปัจจัยจากกลไกตลาด ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความผันผวนของราคามะพร้าว น้ำหอมอีกด้วย เช่น การลงทุนในอุตสาหกรรมมะพร้าวของผู้ลงทุนจากต่างประเทศ เป็นต้น

ในอดีตมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการพยากรณ์ ดังนี้ ทิพวรรณ (2558) ได้พยากรณ์ผลผลิตข้าวเจ้าในปีในจังหวัดอุบลราชธานีโดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือและวิธีระบบอนุมานฟัซซี่บนฐานโครงข่ายที่ปรับตัวได้ [2] สำหรับ ธิคาภัทร (2558) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังสดโดยใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยและแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม [3] ต่อมา เฉลิมพลและพัฒนา (2559) ได้พยากรณ์ผลผลิตและปริมาณการส่งออกยางพาราของประเทศไทย ด้วยเทคนิคทางสถิติ 4 วิธี ได้แก่ การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยโดยใช้ตัวแปรหุ่นฤดูกาลและแนวโน้มเวลา การพยากรณ์ตามแนวคิดของบ็อกซ์-เจนกินส์ ด้วยวิธี SARIMA และวิธีโฮลต์-วินเทอร์ด้วยตัวแบบพยากรณ์เชิงผลบวกและตัวแบบพยากรณ์พหุคูณ [4] พิราวรรณ และคณะ (2558) พยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันดิบในประเทศไทย ด้วยวิธีจำแนก

องค์ประกอบอนุกรมเวลา วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีตัวแบบพยากรณ์เกรย์และเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) จากนั้นนำวิธีที่เหมาะสมมาทำการพยากรณ์ล่วงหน้า [5] นอกจากนี้ Pradita et al. (2020) ได้เปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการของการขนส่งโดยตู้คอนเทนเนอร์ 2 ขนาด [6] และ Pradita and Ongkunaruk (2019) ได้ปรับปรุงโดยปรับค่าการพยากรณ์โดยความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง [7]

สำหรับการพยากรณ์สินค้าทางการเกษตร นรวิวัฒน์ และนันทชัย (2559) ได้พยากรณ์ผลผลิตการเกษตรของพืช 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง และสับปะรด ในจังหวัดที่มีผลผลิตสูงสุด 3 อันดับแรกของประเทศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ระบบผสมของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม และเปรียบเทียบความแม่นยำด้วย MAPE [8] สำหรับงานวิจัยของเมธาสิทธิ์ (2561) เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคามะพร้าวผลแห้งหน้าสวนด้วยวิธีปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบวินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยวิธีเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบวินเทอร์มีความแม่นยำมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ MAPE [9] และงานวิจัยของวรางคณา (2561) พยากรณ์ราคามะพร้าวแห้งผลใหญ่ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์และเปรียบเทียบกับ MAPE และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) กับวิธีการพยากรณ์อื่น ๆ [10] นอกจากนี้งานวิจัยของศิริประภา และคณะ (2561) ได้พยากรณ์ราคามะพร้าว น้ำหอมด้วยวิธีโฮลต์วินเทอร์และได้นำราคาที่พยากรณ์ได้มาใช้ในการวางแผนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งของอุตสาหกรรม [11]

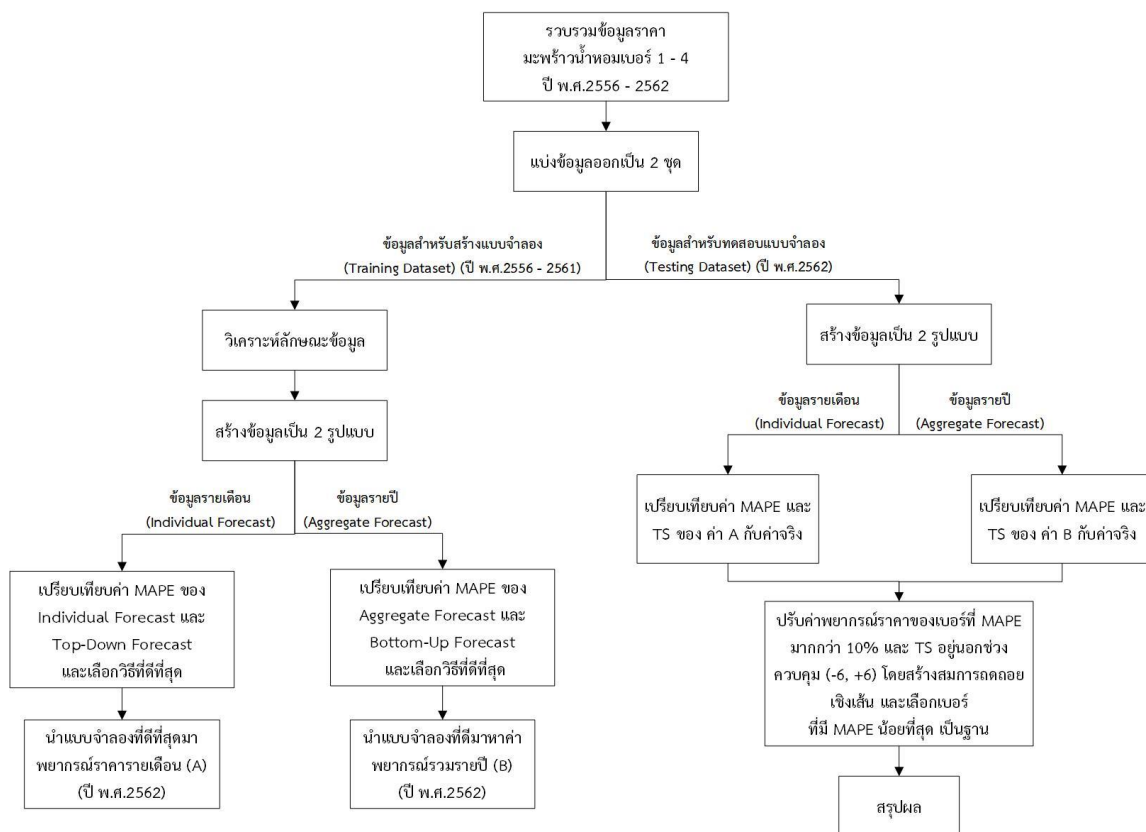
งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การพยากรณ์ราคามะพร้าว น้ำหอมเบอร์ 1 ถึงเบอร์ 4 เรียงจากขนาดใหญ่ไปเล็กซึ่งแบ่งจากขนาดของระยะวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยเบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 13 เซนติเมตร เบอร์ 2 อยู่ในช่วง 12 – 13 เซนติเมตร เบอร์ 3 อยู่ในช่วง 11 – 12 เซนติเมตร และเบอร์ 4 อยู่ในช่วง 10 – 11 เซนติเมตร [12]

โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบเฉพาะประกอบด้วย วิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา (Decomposition) ซึ่งทำการแยกส่วนที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) เปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ลำดับชั้น (Hierarchical) ด้วยการพิจารณาจากบนลงล่าง (Top-Down) โดยเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วย MAPE ซึ่งการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ช่วยให้ทราบว่าวิธีการพยากรณ์มีความถูกต้องเพียงใด โดยเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด จากงานวิจัยของ Montaña et al. (2013) ได้แปลผล MAPE โดยถ้าค่าคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10 แสดงว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำสูง (Highly Accurate Forecasting) ถ้าค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 10 – 20 แสดงว่าเป็นการพยากรณ์ที่ดี (Good Forecasting) ถ้าค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 20 – 50 แสดงว่าเป็นการพยากรณ์ที่สมเหตุสมผล (Reasonable Forecasting) และถ้าค่ามากกว่า 50 แสดงว่าเป็นการพยากรณ์ที่ไม่แม่นยำ (Inaccurate Forecasting) [13]

2. วิธีการวิจัย

การวางแผนการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอม จำเป็นต้องพิจารณาราคามะพร้าวน้ำหอมที่สวน เนื่องจากราคามีความผันแปรไปตามฤดูกาล กลไกทางตลาด และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และถ้าหากโรงงานหรือเกษตรกรสามารถทราบราคาล่วงหน้าที่มีความแม่นยำ ทำให้สามารถจัดการควบคุมต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขั้นตอนการวิจัย ดังรูปที่ 1

การแบ่งข้อมูลราคามะพร้าวน้ำหอม ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 - 2562 เป็น 2 ชุด ประกอบด้วย ข้อมูลชุดที่ 1 คือ ข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง (Training Dataset) โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 - 2561 และข้อมูลชุดที่ 2 คือ ข้อมูลสำหรับทดสอบแบบจำลอง (Testing Dataset) ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2562 โดยงานวิจัยนี้สร้างข้อมูลราคามะพร้าว น้ำหอม ในรูปแบบข้อมูลรายเดือน (Individual Forecast) และข้อมูลรายปี (Aggregate Forecast) โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ด้วย MAPE และค่าสัญญาณติดตาม (Tracking Signal: TS)



รูปที่ 1 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัยการพยากรณ์ราคา

วิธีการพยากรณ์แบบรายเดือน ใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลาโดยพิจารณาองค์ประกอบแนวโน้มและองค์ประกอบฤดูกาลในรูปผลคูณ การพยากรณ์วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง จากนั้นทำการเปรียบเทียบเพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุด และนำแบบจำลองมาพยากรณ์ราคามะพร้าว ในปี พ.ศ. 2562 (A)

วิธีการพยากรณ์แบบรายปี ได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แบบรวมรายปี และการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบล่างขึ้นบน โดยเลือกวิธีที่ดีที่สุด เพื่อนำแบบจำลองมาหาค่าการพยากรณ์รวมรายปี ในปี พ.ศ. 2562 (B)

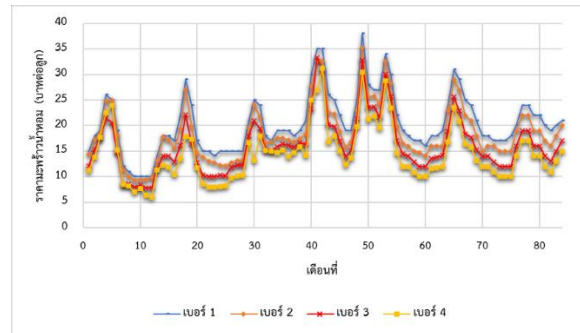
สำหรับการทดสอบแบบจำลอง ได้นำค่าพยากรณ์ราคาในปี พ.ศ. 2562 ของ A และ B มาเปรียบเทียบกับราคาจริงของมะพร้าวน้ำหอมด้วย MAPE และคำนวณ TS จากนั้นพิจารณาค่าพยากรณ์ โดยกำหนดให้ค่าพยากรณ์มี MAPE ไม่เกิน 10% และ TS ไม่ออกนอกช่วงที่กำหนด หากเกินค่าที่กำหนดให้ปรับค่าพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างมะพร้าวน้ำหอมแต่ละเบอร์ โดยเลือกราคามะพร้าวน้ำหอมเบอร์ที่ MAPE น้อยที่สุด และ TS ไม่ออกนอกช่วงที่กำหนด เป็นฐานในการสร้างสมการ

2.1 การวิเคราะห์ราคามะพร้าวน้ำหอม

ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากเก็บข้อมูลราคามะพร้าวน้ำหอมรายเดือนเบอร์ 1 – 4 เป็นเวลา 7 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 – 2562 ทั้งหมด 84 ข้อมูล โดยรูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับราคามะพร้าวน้ำหอมรายเดือน (บาทต่อลูก) ของมะพร้าวน้ำหอมแต่ละเบอร์ และเมื่อพิจารณาราคามะพร้าวน้ำหอมรายเดือนของแต่ละปี แสดงให้เห็นว่าราคามะพร้าวเบอร์ที่ 1 – 3 มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามเวลาในรูปแบบที่ใกล้เคียงกันซึ่งมีทั้งรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาล แต่เบอร์ 4 แตกต่างจากเบอร์อื่น ๆ เนื่องจากข้อมูลมีเพียงแนวโน้มอย่างเดียว

เมื่อวิเคราะห์รูปแบบราคาของมะพร้าวน้ำหอมรายเดือนพบว่า ราคามะพร้าวน้ำหอมแปรผันกับขนาด เรียงจากเบอร์ 1 – 4 โดยมะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 1 ราคาสูงสุด และมะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 4 ราคาต่ำสุด ซึ่งราคาแต่ละเบอร์ต่างจากเบอร์ 1 อยู่ในช่วง 2.3 ถึง 5.1 บาทต่อลูก โดยปัจจัยอื่น

ที่มีผลต่อราคามะพร้าวน้ำหอม ได้แก่ ภัยธรรมชาติ การระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว วิกฤติการณ์การเมือง การเข้ามาลงทุนของนักลงทุนต่างชาติ



รูปที่ 2 อนุกรมเวลาของราคามะพร้าวรายเดือนเบอร์ 1 - 4

2.2 การสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ราคามะพร้าวน้ำหอม

งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลราคาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 – 2561 จำนวน 72 เดือน เพื่อพยากรณ์ราคามะพร้าวน้ำหอมรายเดือน โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์คือ การพยากรณ์ด้วยวิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง และเพื่อหาค่าพยากรณ์รวมรายปี โดยใช้วิธีการพยากรณ์โดยรวม และการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบล่างขึ้นบน

2.2.1 การพยากรณ์ด้วยวิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา

การพยากรณ์แบบเฉพาะวิธีแรก คือ วิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา ซึ่งส่วนประกอบของอนุกรมเวลาประกอบด้วย อิทธิพลแนวโน้ม อิทธิพลฤดูกาล สำหรับอิทธิพลวัฏจักรและอิทธิพลจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากไม่สามารถทราบได้ว่าอิทธิพลทั้งสองจะเกิดในช่วงเวลาใด [14]

การวิเคราะห์สมการแนวโน้มของราคามะพร้าวน้ำหอมรายเดือน ใช้โปรแกรม Minitab 18.0 ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองแนวโน้มการถดถอยที่มีลักษณะเป็นสมการกำลังสอง (Quadratic Trend Model) เนื่องจากมีความผิดพลาดน้อยกว่าแบบจำลองแนวโน้มอื่น ๆ

ตารางที่ 1 ดัชนีฤดูกาลรายเดือน (%)

เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SN _t เบอร์ 1	98.94	98.93	100.56	117.34	138.59	135.88	106.93	90.65	81.57	77.48	76.32	79.8
SN _t เบอร์ 2	98.42	99.58	100.73	118.4	142.78	140.38	103.52	88.24	80.94	74.64	75.67	79.34
SN _t เบอร์ 3	100.77	102.39	104.79	117.42	147.37	138.79	99.32	88.31	78.57	74.31	74.19	78.60
SN _t เบอร์ 4	101.09	99.19	103.62	122.67	152.96	136.96	102.34	89.65	78.13	72.29	71.52	74.45

เมื่อได้รูปแบบแนวโน้มของราคามะพร้าว น้ำหอม ทำการวิเคราะห์การพยากรณ์โดยใช้วิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา ในรูปแบบผลคูณของมะพร้าว น้ำหอม เบอร์ 1 - 4 โดยใช้สมการแนวโน้ม ดังสมการที่ (1) - (4) ตามลำดับ

$$\hat{Y}_t = (13.24 + 0.356t - 0.00327t^2)SN_t \quad (1)$$

$$\hat{Y}_t = (12.82 + 0.287t - 0.00263t^2)SN_t \quad (2)$$

$$\hat{Y}_t = (9.97 + 0.338t - 0.00337t^2)SN_t \quad (3)$$

$$\hat{Y}_t = (9.97 + 0.251t - 0.00249t^2)SN_t \quad (4)$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์เดือนที่ t และ SN_t คือ ดัชนีฤดูกาลรายเดือน ณ เดือนที่ t จากนั้นทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ เพื่อคำนวณหาดัชนีฤดูกาลรายเดือน (Seasonal Index) โดยใช้ Excel Spreadsheet ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งแสดงดัชนีฤดูกาลรายเดือนดังตารางที่ 1 และแสดง MAPE ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วยวิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา

เบอร์	สมการแนวโน้ม	MAPE (%)
เบอร์ 1	$\hat{Y}_t = (13.24 + 0.356t - 0.00327t^2) * SN_t$	15.62
เบอร์ 2	$\hat{Y}_t = (12.82 + 0.287t - 0.00263t^2) * SN_t$	16.43
เบอร์ 3	$\hat{Y}_t = (9.97 + 0.338t - 0.00337t^2) * SN_t$	13.93
เบอร์ 4	$\hat{Y}_t = (9.97 + 0.251t - 0.00249t^2) * SN_t$	23.17

2.2.2 การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

การพยากรณ์แบบเฉพาะวิธีที่สอง คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยการหารูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา [15] เนื่องจากวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนเพื่อตรวจสอบสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากการพล็อตข้อมูล [16]

งานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชัน Predictor ของโปรแกรม Oracle Crystal Ball ในการเลือกวิธีการในการพยากรณ์ และเลือก Prediction Interval อยู่ในช่วง 2.5% - 97.5% การพยากรณ์แบบเฉพาะที่เลือกใช้ คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ซึ่งเป็นวิธีมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีทั้งส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล รูปแบบทั่วไปของวิธีนี้คือ SARIMA แต่ถ้าอนุกรมเวลามีเพียงส่วนประกอบของแนวโน้มจะถูกลดรูปเหลือ ARIMA [15] ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เบอร์	การวิเคราะห์รูปแบบ		วิธีที่ดีที่สุด (Best Method)	MAPE (%)
	แนวโน้ม	ฤดูกาล		
เบอร์ 1	✓	✓	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	10.95
เบอร์ 2	✓	✓	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	13.06
เบอร์ 3	✓	✓	SARIMA(2,1,2)(1,0,1)	12.41
เบอร์ 4	✓		ARIMA(1,1,1)	19.61

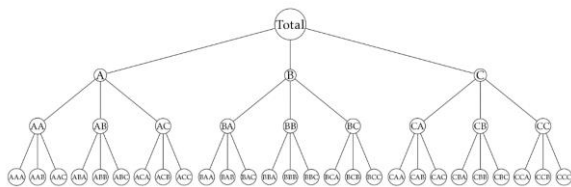
เมื่อเปรียบเทียบผลเทคนิคการพยากรณ์มะพร้าว น้ำหอมด้วยการพยากรณ์รายเดือนแบบเฉพาะ คือ วิธีจำแนกองค์ประกอบอนุกรมเวลา แสดงผลดังตารางที่ 2 และ

วิธีการพยากรณ์วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยฟังก์ชัน Predictor ของ Oracle Crystal Ball จากตารางที่ 3 โดยที่วิธีการพยากรณ์แบบเฉพาะที่ดีที่สุดพบว่า ราคามะพร้าวเบอร์ 1 ถึง 3 ใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ SARIMA โดยมี MAPE เท่ากับ 10.95% 13.06% และ 12.41% ซึ่งการวิเคราะห์รูปแบบของราคามีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล สำหรับ ราคามะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 4 ใช้การพยากรณ์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ ARIMA ค่า MAPE เท่ากับ 19.61% เนื่องจากราคามะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 4 มีเพียงรูปแบบแนวโน้ม ไม่มีรูปแบบฤดูกาล

จากนั้นผู้วิจัยได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แบบเฉพาะที่ดีที่สุดกับการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง เพื่อให้ได้ค่า MAPE ที่น้อยที่สุด และมี TS อยู่ในช่วงที่กำหนด

2.2.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีลำดับชั้น

การพยากรณ์ลำดับชั้นมีการพิจารณาแบบวิธีบนลงล่าง (Top-Down Approach) และวิธีล่างขึ้นบน (Bottom-Up Approach) [17] สำหรับอนุกรมเวลาที่เป็นไปตามโครงสร้างแบบลำดับชั้น แสดงดังแผนภูมิรูปที่ 3 ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์ความต้องการหลายหมวดหมู่เมื่อระดับต่ำสุดมีข้อมูลที่ยากหรือไม่สมบูรณ์



รูปที่ 3 แผนภูมิต้นไม้เชิงลำดับชั้นแบบ 3 ระดับ (3-level Hierarchical Tree Diagram) [17]

การพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่างเป็นการพยากรณ์ข้อมูลแบบเฉพาะรายเดือนที่เกิดจากการคำนวณสัดส่วนของข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์กับค่าพยากรณ์โดยรวม ซึ่งข้อมูลเหมาะกับข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง

สำหรับการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบล่างขึ้นบนเป็นการพยากรณ์ข้อมูลโดยรวมรายปีซึ่งเกิดจากการรวมค่าพยากรณ์แบบเฉพาะเข้าด้วยกัน เหมาะกับข้อมูลที่มีความแปรปรวนไม่สูง

การหาค่าพยากรณ์โดยรวม (F_{agg}) งานวิจัยนี้เปรียบเทียบค่าพยากรณ์โดยรวมระหว่างผลรวมค่าพยากรณ์รายปี (Aggregate Forecast) กับการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบล่างขึ้นบนซึ่งรวมค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์แบบเฉพาะที่ดีที่สุดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเข้าด้วยกันพบว่า ผลรวมของราคารายเดือนจากการพยากรณ์ที่นำมาใช้คือ มะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 1 ถึง 3 พยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ SARIMA ส่วนมะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 4 ใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ ARIMA ให้ค่า MAPE น้อยที่สุด จึงนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง

การคำนวณสัดส่วนหรือค่าน้ำหนัก (Weight) ของข้อมูลที่ต้องการ โดยนำข้อมูลราคามะพร้าวน้ำหอมในอดีต (ปี พ.ศ. 2556 – 2561) มาหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขสมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัด ดังสมการ (5) – (8) สมการวัตถุประสงค์ต้องการหา MAPE ที่น้อยที่สุด ข้อจำกัดคือค่าพยากรณ์แต่ละเดือนเท่ากับผลคูณของค่าน้ำหนักแต่ละเดือนและค่าพยากรณ์โดยรวมจากวิธีการพยากรณ์แบบเฉพาะที่ดีที่สุด โดยมีตัวแปรตัดสินใจคือค่าน้ำหนักของแต่ละเดือน (W_t)

ตารางที่ 4 ความแม่นยำจากการพยากรณ์วิธีลำดับชั้นแบบบนลงล่าง

เบอร์ของ มะพร้าว น้ำหอม	MAPE (%)					
	ค่าน้ำหนักโดย ข้อมูล 1 ปี (2561)	ค่าน้ำหนักโดย ข้อมูล 2 ปี (2560 - 2561)	ค่าน้ำหนักโดย ข้อมูล 3 ปี (2559 - 2561)	ค่าน้ำหนักโดย ข้อมูล 4 ปี (2558-2561)	ค่าน้ำหนักโดย ข้อมูล 5 ปี (2557-2561)	ค่าน้ำหนักโดย ข้อมูล 6 ปี (2556 - 2561)
เบอร์ 1	0.24	10.90	9.58	10.80	10.60	13.18
เบอร์ 2	0.66	13.82	10.98	12.64	12.31	14.62
เบอร์ 3	0.28	16.19	13.20	14.55	13.93	15.92
เบอร์ 4	1.10	15.68	14.23	16.44	17.08	20.50

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{|\hat{Y}_t - Y_t|}{Y_t}}{N} \times 100 \quad (5)$$

ข้อจำกัด

$$\hat{Y}_t = W_t F_{Agg} \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^N W_t = 1 \quad (7)$$

$$0 \leq W_t \leq 1 \quad (8)$$

กำหนดให้ W_t คือ ค่าน้ำหนักของเดือนที่ t

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์เดือนที่ t

F_{Agg} คือ ค่าพยากรณ์โดยรวม

Y_t คือ ค่าจริงเดือนที่ t

N คือ จำนวนเดือนที่พยากรณ์

ข้อจำกัด (6) คือ ค่าพยากรณ์ในแต่ละเดือนคำนวณจากผลคูณของค่าน้ำหนักแต่ละเดือนกับผลรวมค่าพยากรณ์รายปีที่ได้จากการพยากรณ์แบบเฉพาะเข้าด้วยกัน ข้อจำกัด (7) และ (8) คือ ผลรวมของค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 และค่าน้ำหนักแต่ละเดือนอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โดยที่ค่าพยากรณ์โดยรวมคือผลรวมของค่าพยากรณ์แบบเฉพาะรายเดือนจากวิธีที่มี MAPE น้อยที่สุด

งานวิจัยนี้หาค่าน้ำหนักที่ดีที่สุดจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้ Excel Spreadsheet จากนั้นแก้ปัญหาโดยหาค่าน้ำหนักในแต่ละเดือนที่ดีที่สุดเพื่อให้มี MAPE น้อยที่สุดด้วย Excel Solver จากนั้นวิเคราะห์หาจำนวนปีที่น่ามาใช้หาค่าน้ำหนักที่เหมาะสม

การพยากรณ์ด้วยวิธีลำดับชั้นแบบบนลงล่างจากตารางที่ 4 แสดง MAPE ของการพยากรณ์ราคาเบอร์ 1 – 4 โดยใช้ค่าน้ำหนักจากการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละเบอร์ นอกจากนี้ได้คำนวณการหาค่าน้ำหนักโดยใช้จำนวนปีที่แตกต่างกัน พบว่าการหาค่าน้ำหนักโดยข้อมูลปีเก่าจำนวน 1 ปี (ปี พ.ศ. 2561) ทำให้ได้ค่าน้ำหนักที่ส่งผลต่อ MAPE ที่น้อยที่สุด ซึ่งแสดงว่าราคามะพร้าวอ่อนมีความผันผวนมาก ถ้าตัดข้อมูลราคาปีเก่าออก ทำให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น

2.3 การทดสอบแบบจำลองของการพยากรณ์ราคามะพร้าวอ่อน

ผู้วิจัยได้สรุปวิธีการพยากรณ์ที่เลือกใช้ของมะพร้าวอ่อนเบอร์ 1 - 4 จากการเปรียบเทียบ MAPE ของการพยากรณ์รายเดือนแบบเฉพาะและการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบ MAPE ของการสร้างแบบจำลอง (Training Dataset) และการทดสอบแบบจำลอง (Testing Dataset) ของข้อมูลราคาที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 12 เดือน

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความแม่นยำจากการพยากรณ์ราคามะพร้าว

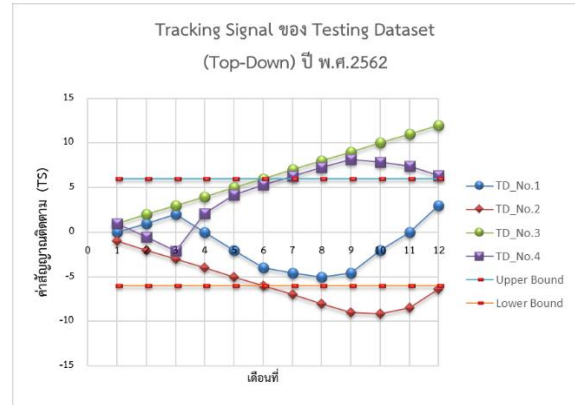
เบอร์	CV	MAPE (%)			
		การพยากรณ์แบบเฉพาะ		การพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง	
		Training dataset	Testing dataset	Training dataset	Testing dataset
เบอร์ 1	0.315	10.95	11.34	0.24	9.25
เบอร์ 2	0.323	13.06	13.59	0.66	11.35
เบอร์ 3	0.353	12.41	13.77	0.28	10.48
เบอร์ 4	0.390	19.61	17.33	1.10	12.38

ค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยการพยากรณ์รายเดือน โดยมะพร้าวเบอร์ 1 ถึง 3 ใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ SARIMA และมะพร้าวเบอร์ 4 ใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ ARIMA มีค่าความผิดพลาด 10.95% 13.06% 12.41% และ 19.61% ตามลำดับ และวิธีการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง โดยหาค่าน้ำหนักที่ดีที่สุดซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี มาถ่วงน้ำหนักทำให้ได้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด เท่ากับ 0.24% 0.66% 0.28% และ 1.10% จากนั้นนำทั้ง 2 วิธี มาพยากรณ์ในปี 2562 ซึ่งเปรียบเทียบราคาจริงและราคาที่ได้จากการพยากรณ์ สำหรับการทดสอบแบบจำลองโดยใช้การพยากรณ์แบบรายเดือนมีค่าความผิดพลาด เท่ากับ 11.34% 13.59% 13.77% และ 17.33% ตามลำดับ และการพยากรณ์แบบบนลงล่างมีค่าความผิดพลาด เท่ากับ 9.25% 11.35% 10.48% และ 12.38% ตามลำดับ ซึ่งการใช้การพยากรณ์แบบบนลงล่างช่วยเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์ได้ และเมื่อพิจารณา

สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation: CV) ของข้อมูลราคามะพร้าว น้ำหอมเบอร์ 1 – 4 พบว่าราคาของมะพร้าวเบอร์ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่มากกว่าเบอร์อื่นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่มะพร้าวเบอร์ 4 มีค่าความผิดพลาดที่มากกว่าเบอร์อื่น

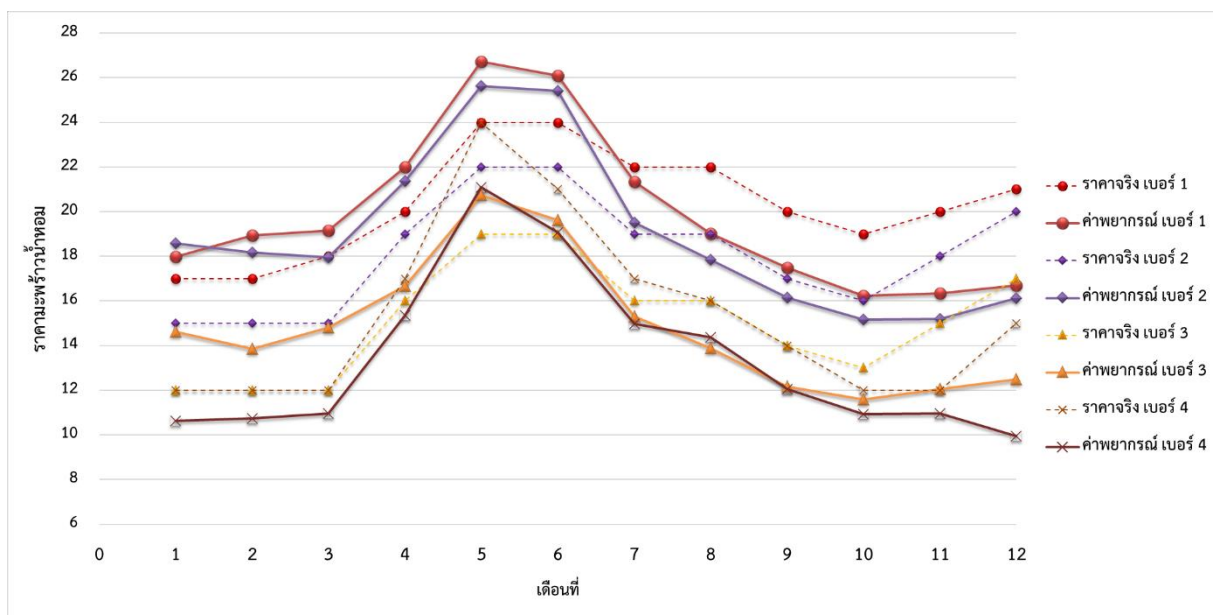
เมื่อเปรียบเทียบราคามะพร้าว น้ำหอมทุกเบอร์จากการพยากรณ์แบบบนลงล่าง ถึงแม้ว่า MAPE ของการสร้างแบบจำลองมีค่าน้อย อยู่ในช่วง 0.24% ถึง 1.10% แต่ MAPE ของการทดสอบแบบจำลองให้ค่าความผิดพลาดที่มากกว่า อยู่ในช่วง 9.25% ถึง 12.38% การที่ค่าความผิดพลาดของการทดสอบแบบจำลองมากกว่าของการสร้างแบบจำลองเนื่องจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นอาศัยข้อมูลจากการสร้างแบบจำลองจึงได้ค่าที่มีความผิดพลาดน้อยกว่า

การเปรียบเทียบราคามะพร้าว น้ำหอมกับค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีลำดับชั้นแบบบนลงล่างแสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำและสามารถพยากรณ์ล่วงหน้าที่มีความแม่นยำได้ถึง 1 ปี แสดงดังรูปที่ 4 แต่เมื่อพิจารณาค่า MAPE พบว่า ราคามะพร้าวเบอร์ 1 มีค่าน้อยกว่า 10% แต่เบอร์ 2 – 4 MAPE เกิน 10% สำหรับค่า TS ดังรูปที่ 5 พบว่าราคามะพร้าว น้ำหอมเบอร์ 1 อยู่ในช่วงควบคุมทุกจุด ส่วนราคามะพร้าวเบอร์ 2 – 4 ในช่วงเดือนที่ 7 – 12 เกินช่วง TS ที่กำหนด (-6, +6) [18]



รูปที่ 5 ค่าสัญญาณติดตาม Testing Dataset ปี พ.ศ. 2562 ของการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง (ก่อนปรับ)

การปรับค่าการพยากรณ์ให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยอยู่ในค่าที่กำหนด คือ MAPE ไม่เกิน 10% และ TS อยู่ในช่วง (-6, +6) ทุกจุด ผู้วิจัยได้ศึกษาสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างราคามะพร้าว น้ำหอมแต่ละเบอร์ พบว่าราคาแต่ละเบอร์มีความสัมพันธ์กันสูง จึงสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นของราคามะพร้าว น้ำหอมเบอร์ 1 – 4 โดยใช้ค่าพยากรณ์มะพร้าวเบอร์ 1 เป็นฐานเนื่องจากค่า MAPE และ TS อยู่ในค่าที่กำหนด โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาของเบอร์ 1 กับเบอร์ 2 – 4 ซึ่งส่วนต่างเท่ากับ 2.3 2.8 และ 5.1 ตามลำดับ โดยแสดงสมการและค่า MAPE ก่อนปรับและหลังปรับดังตารางที่ 6



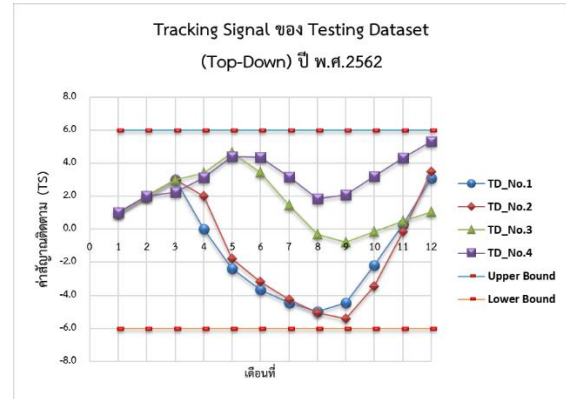
รูปที่ 4 ค่าพยากรณ์ราคามะพร้าวเบอร์ 1 ถึง 4 เทียบกับราคาจริง ปี พ.ศ. 2562

ตารางที่ 6 การปรับค่าการพยากรณ์ ปี พ.ศ. 2562 ด้วยสมการความสัมพันธ์

เบอร์	สมการความสัมพันธ์	เดือนที่ออกนอกช่วงควบคุม	MAPE (%)	
			เดิม	ปรับใหม่
2	$\hat{Y}_{2t}^* = \hat{Y}_{1t} - 2.3$	เดือนที่ 7 - 11	11.35	9.92
3	$\hat{Y}_{3t}^* = \hat{Y}_{1t} - 2.8$	เดือนที่ 7 - 12	10.48	3.20
4	$\hat{Y}_{4t}^* = \hat{Y}_{1t} - 5.1$	เดือนที่ 7 - 12	12.38	4.07

การปรับค่าการพยากรณ์ ดังตารางที่ 6 กำหนดให้ $\hat{Y}_{it}$ คือค่าพยากรณ์เดิมของมะพร้าวเบอร์ที่ i เดือน t และ $\hat{Y}_{it}^*$ คือ ค่าพยากรณ์ที่ปรับใหม่ของมะพร้าวเบอร์ที่ i เดือน t ซึ่งแสดงสมการถดถอยเชิงเส้นของราคามะพร้าวเบอร์ที่ 2 – 4 และ MAPE เดิมของการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่าง และ MAPE ที่ได้หลังจากการปรับค่าพยากรณ์แล้ว ซึ่งการพยากรณ์ที่ปรับค่าใหม่ ปี พ.ศ. 2562

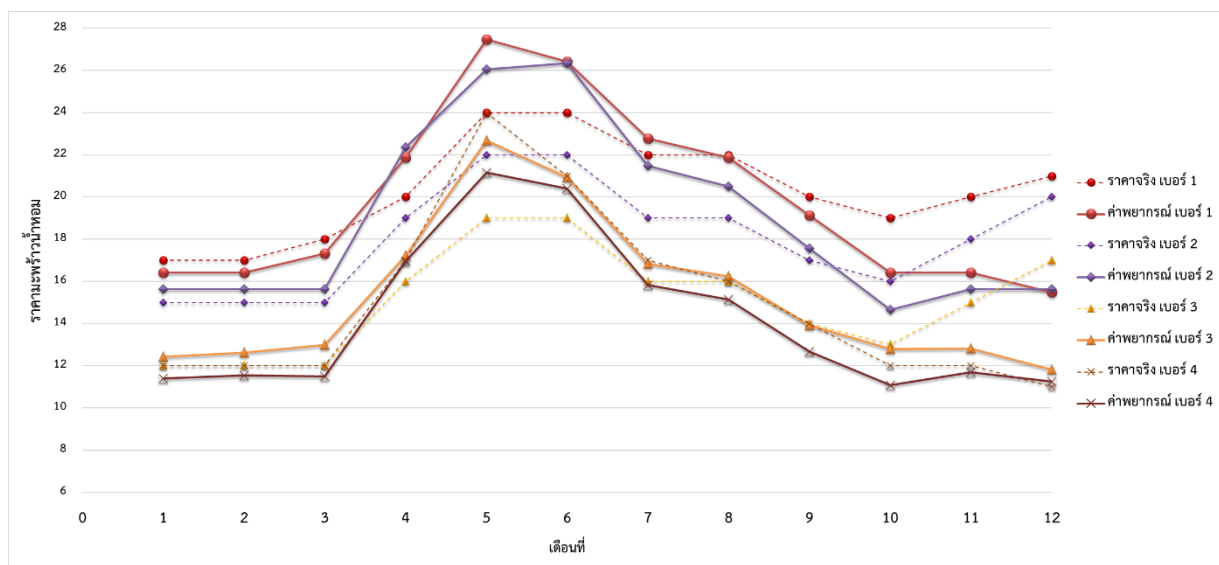
ค่า TS ดังรูปที่ 6 อยู่ในช่วงที่กำหนดทุกจุด และมีความแม่นยำมากกว่าเดิมโดยแสดงการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ปรับใหม่ และราคาจริงของมะพร้าวน้ำหอมเบอร์ที่ 1 – 4 ดังรูปที่ 7 ซึ่งค่าความผิดพลาดในแต่ละเดือนลดลงจากเดิม



รูปที่ 6 ค่าสัญญาณติดตาม Testing Dataset ปี พ.ศ. 2562 ของการพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่างปรับค่าด้วยสมการถดถอย

3. สรุป

การพยากรณ์ที่มีความแม่นยำเป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งสินค้าทางการเกษตร ปัจจัยราคาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการวางแผนการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรและผู้แปรรูป เนื่องจากราคามีการเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น กลไกราคาของตลาด ปริมาณการส่งออกและนำเข้า ภัยธรรมชาติ หรือปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการพยากรณ์สามารถนำมาใช้ในการวางแผนล่วงหน้า หากค่าการพยากรณ์นั้นมีความถูกต้องทำให้ได้การวางแผนที่มีประสิทธิภาพและส่งผลให้เกิดผลกำไรที่มากขึ้น



รูปที่ 7 การปรับค่าพยากรณ์ราคามะพร้าวเบอร์ 1 ถึง 4 เทียบกับราคาจริง ปี พ.ศ. 2562

วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาโดยพยากรณ์รายเดือนแบบเฉพาะของราคามะพร้าวเบอร์ 1 ถึง 3 ใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ แบบ SARIMA และราคามะพร้าวเบอร์ 4 ใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์แบบ ARIMA และการปรับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีลำดับชั้นแบบบนลงล่าง และเปรียบเทียบความแม่นยำด้วย MAPE ซึ่งพบว่าวิธีพยากรณ์ลำดับชั้นแบบบนลงล่างที่มีการหาค่าน้ำหนักโดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจำนวน 1 ปี มีความแม่นยำมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าข้อมูลราคามะพร้าวน้ำหอมมีความผันผวน หากตัดข้อมูลปีเก่าออกทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น จากนั้นทดสอบค่าการพยากรณ์ ซึ่งพบว่าค่าความผิดพลาดของเบอร์ 1 ถึง 4 เท่ากับ 9.25% 11.35% 10.48% และ 12.38% ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณา TS พบว่าราคามะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 2 – 4 อยู่นอกช่วงควบคุม จึงได้ปรับค่าการพยากรณ์ใหม่ด้วยสมการความสัมพันธ์ ได้ค่าความผิดพลาดของเบอร์ 2 – 4 เท่ากับ 9.92% 3.20% และ 4.07% ซึ่งทำให้ค่าพยากรณ์ราคามะพร้าวน้ำหอมเบอร์ 2 – 4 มีความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นจากเดิมและค่า MAPE น้อยกว่า 10% แสดงว่าเป็นการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูง

งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์สินค้าทางเกษตรอื่น ๆ และเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกษตรกรและผู้แปรรูปสามารถนำมาใช้ในการวางแผนอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด งานวิจัยในอนาคตอาจวิเคราะห์ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับราคา เช่น ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการใช้ปุ๋ย เป็นต้น และใช้วิธีการพยากรณ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์เชิงสาเหตุ หรือใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นวิธีทางปัญญาประดิษฐ์ที่มีความซับซ้อนในการวิเคราะห์ต้องการข้อมูลจำนวนมาก แต่ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้แนะนำให้ใช้วิธีการร่วมกันระหว่างการพยากรณ์เชิงปริมาณและการพยากรณ์เชิงคุณภาพโดยอาศัยข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ

พระนครศรีอยุธยาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ซอฟต์แวร์ Minitab 18.0 ในการทำวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุพจน์ ตั้งจิตพร, เอกสารประกอบการเรียนการสอน เรื่อง มะพร้าวน้ำหอม, วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2543.
- [2] ทิพวรรณ ศรีสุขใส, การพยากรณ์ผลผลิตข้าวเจ้านาปีโดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีตรรกศาสตร์ คลุมเครือและวิธีระบบอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่ายที่ปรับตัวได้, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิศวกรรมอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558.
- [3] ธิติภัทร วงศ์ประเสริฐ, การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแบ่งในหัวมันสำปะหลังสดโดยใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยและแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558.
- [4] เฉลิมพล จตุพร และพัฒนา สุขประเสริฐ, “ตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตและปริมาณส่งออกยางพาราของประเทศไทย,” *แก่นเกษตร*, ปีที่ 44, ฉบับที่ 2, น. 221 – 229, 2559.
- [5] พิรवारณ หนูเสน, ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์, และธิดาพร ศุภภากร, “การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันดิบในประเทศ,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, น. 376 – 384, 2558.
- [6] S. P. Pradita, P. Ongkunaruk, and T. D. Leingpibul, “Utilizing an intervention forecasting approach to improve reefer container demand forecasting accuracy: A case study in Indonesia,” *International Journal of Technology*, vol. 11, no. 1, pp. 144-154, 2020.
- [7] S. P. Pradita and P. Ongkunaruk, “Business Process Analysis and Improvement for a third party logistics provider in Indonesian cold chain logistics,” in *The International Conference on Materials Research and Innovation*, Thailand, 2019.

- [8] นรวัฒน์ เหลืองทอง และนันทชัย กานตานันทะ, “การเลือกตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรที่เหมาะสม,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 24, ฉบับที่ 3, น. 370 – 381, 2559.
- [9] เมธาสิทธิ์ ธีรัตน์ศรีสกุล, “การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบอนุกรมเวลาระหว่างวิธีปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบวินเทอร์และวิธีบอก-เจนกินส์: กรณีศึกษาการพยากรณ์ราคามะพร้าวหน้าสวน,” *วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, น. 101-113, 2561.
- [10] วรางคณา เรียนสุทธิ์, “การพยากรณ์ราคามะพร้าวด้วยวิธีบอก-เจนกินส์,” *วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, น. 87 – 100, 2561.
- [11] ศิริประภา ตีประดิษฐ์, รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ, และ พรธิภา องค์คุณารักษ์, “การวางแผนการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมโดยพิจารณาช่วงอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม,” ใน *การประชุมวิชาการสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศระดับชาติ*, กรุงเทพมหานคร, 2561.
- [12] บริษัทดอนเมืองพัฒนาจำกัด, “ราคามะพร้าวหน้าสวน,” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.taladsimummuang.com/>. [วันที่เข้าถึง 31 ธันวาคม 2562].
- [13] J. Montaña, A. Palmer, A. Sesé, and B. Cajal, “Using the R-MAPE Index as a resistant measure of forecast accuracy,” *Psicothema*, vol. 25, pp. 500-506, 2013.
- [14] พรหมภรณ์ แสงภัทรเนตร, การพยากรณ์ราคาข้าวในประเทศไทย, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สถิติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.
- [15] G. Box, G. M. Jenkins and G. Reinsel, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 3rd ed., New Jersey: Prentice Hall, 1994.
- [16] R. T. O’Connell and A. Koehler, *Forecasting, Time Series, and Regression by Bruce Bowerman*, 4th ed., San Francisco, CA: Thomson Brooks Cole, 2005.
- [17] R. J. Hyndman, R. A. Ahmed, G. Athanasopoulos, and H. L. Shang, “Optimal combination forecasts for hierarchical time series,” *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 55, no. 9, pp. 2579 – 2589, 2011.
- [18] พรธิภา องค์คุณารักษ์, การจัดการโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมเกษตรเบื้องต้น, กรุงเทพฯ: เดอะวันพรินต์ติ้ง, 2562.