

ตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละ

Forecasting Model for the Prices of Assorted Mangosteen

วารางคณา เรียนสุทธิ

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Email: warang27@gmail.com.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 128 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ชุดที่ 2 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 8 ค่า สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด

คำสำคัญ: มังคุดคละ บอซ-เจนกินส์ การแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

Abstract

The purpose of this research was to construct the suitable forecasting model for the prices of assorted mangosteen. The data gathered from the website of Office of Agricultural Economics during January, 2005 to August, 2015 (128 values) was used and divided into two categories. The first category had 120 values, which were the data taken from January, 2005 to December, 2014 for fitting the model by the methods of Box-Jenkins, decomposition, and Winters' multiplicative exponential smoothing. The second category had 8 values which were the data collected from January to August, 2015, for checking the accuracy of the forecasting models via the criterion of the minimum root mean squared error. The results showed that the decomposition method was the most suitable for this time series among all the studied forecasting methods.

Keywords: Assorted Mangosteen; Box-Jenkins; Decomposition; Exponential Smoothing; Root Mean Squared Error (RMSE).

บทนำ

ในปี 2558 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้พยากรณ์ว่า พื้นที่ให้ผลผลิตรวมทั้งประเทศของมังคุดจะเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วร้อยละ 0.28 เนื่องจากแหล่งผลิตในภาคเหนือ และภาคกลาง มีพื้นที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากต้นที่ปลูกใหม่ในปี 2551 เริ่มทยอยให้ผลผลิต แต่ภาคใต้จะมีพื้นที่ให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากเกษตรกรโค่นต้นมังคุดโดยเฉพาะสวนที่ปลูกรวมกับทุเรียน เพราะทุเรียนมีราคาดีอย่างต่อเนื่อง สำหรับผลผลิตรวมทั้งประเทศจะลดลงจากปีที่แล้วร้อยละ 2.77 เนื่องจากแหล่งผลิตในภาคตะวันออกสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย มีฝนในระหว่างมังคุดกำลังแทงช่อดอก และทางภาคใต้เกษตรกรในแหล่งผลิตใหญ่ของจังหวัดชุมพร ปรับเปลี่ยนมาผลิตมังคุดคุณภาพ โดยการดูแลตัดกิ่งเพื่อให้ต้นโปร่ง และดูแลไม่ให้ดอกตกมากจนเกินไป เพื่อให้ผลมังคุดใหญ่ได้ขนาด สามารถขายได้ราคาดี ทั้งนี้คาดว่าราคาที่เกษตรกรขายส่งตลาดกรุงเทพฯ และราคาส่งออกจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา เนื่องจากปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ตลาดลดลง ประกอบกับเกษตรกรในแหล่งผลิตใหญ่ทางภาคใต้ปรับเปลี่ยนมาผลิตมังคุดคุณภาพ ทำให้ขายได้ราคาดี อย่างไรก็ตาม อาจเกิดปัญหาราคาตกต่ำในช่วงผลผลิตกระจุกตัวได้ [1] จากการพิจารณาอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นาในอดีต [2] พบว่า ปริมาณการจำหน่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่มีความผันผวนค่อนข้างสูง อาจเพราะภาวะเศรษฐกิจ ปริมาณการผลิต ปริมาณการบริโภค และปัจจัยอื่นๆ ด้วยเหตุผลของความไม่แน่นอนดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำราคามังคุดคละในอดีตมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยการศึกษาครั้งนี้จะให้ความสนใจกับการพยากรณ์ราคามังคุดคละด้วยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ผลการวิจัยที่ได้จะถูกใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการตัดสินใจและการบริหารจัดการด้านความเสี่ยงต่างๆ เช่น ช่วยผู้ผลิตในการคาดการณ์ราคามังคุดคละล่วงหน้า เพื่อวางแผน

แผนการปลูก ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีความมั่นใจถึงผลตอบแทนที่จะได้รับในอนาคตต่อไป

2.วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละ โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Sciences) รุ่น 17 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [2] เป็นอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 128 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 3 วิธี ที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ เนื่องจากได้พิจารณาจากค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ของข้อมูลชุดที่ 1 แล้วพบว่า วิธีการเหล่านี้เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 8 ค่า นำมาใช้สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำ (Accuracy) ของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ RMSE ที่ต่ำที่สุด วิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติทั้ง 3 วิธี แสดงรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

การกำหนดตัวแบบของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ทำได้โดยการตรวจสอบคุณสมบัติฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ของอนุกรมเวลาที่คงที่ (Stationary) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ [3] กรณีที่อนุกรมเวลาไม่คงที่ (Non-Stationary) ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้คงที่ก่อนที่จะกำหนดตัวแบบ เช่น กรณีอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ ควรแปลงข้อมูล

ด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (Difference or Seasonal Difference) กรณีอนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนไม่คงที่ หรือมีทั้งค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่คงที่ ควรแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ (Common Logarithm or Natural Logarithm) หรือแปลงข้อมูลด้วยเลขยกกำลัง เช่น ยกกำลัง 0.5 (Square Root Transformation) หรือ ยกกำลัง 2 (Square Transformation) [4] ตัวแบบทั่วไป (General Model) ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s แสดงดังสมการที่ (1) [4-5] และขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์แสดงรายละเอียดใน [6]

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อน

$\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_p(B^s)$ แทนค่าคงตัว โดยที่ μ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p (Non-Seasonal Autoregressive Operator of Order p : AR(p))

$\Phi_p(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_p B^{ps}$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P (Seasonal Autoregressive Operator of Order P : SAR(P))

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q (Non-Seasonal Moving Average Operator of Order q : MA(q))

$\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q (Seasonal Moving Average Operator of Order Q : SMA(Q))

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_t โดยที่ n_t แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทนจำนวนฤดูกาล

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (Backward Operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

2. การพยากรณ์โดยวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา (Decomposition Method)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วนเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่เน้นการแยกแต่ละส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกจากกัน ซึ่งแต่ละส่วนประกอบที่แยกออกมาทำให้ทราบถึงลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา และสามารถนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ต่อไปได้ [3] โดยส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลต่อค่าพยากรณ์ระยะสั้น คือ แนวโน้ม (Trend) และความผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal) สำหรับความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical) และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular) จะไม่นิยมนำมาพิจารณา เนื่องจากไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่า จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด ตัวแบบพยากรณ์อาจอยู่ในรูปแบบบวกหรือรูปแบบคูณขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายของอนุกรมเวลา โดยตัวแบบพยากรณ์ในรูปแบบบวกควรใช้กับกรณีที่มีความผันแปรตามฤดูกาลมีค่าคงที่ กล่าวคือความผันแปรตามฤดูกาลมีค่าไม่เพิ่มขึ้นและไม่ลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป และตัวแบบพยากรณ์ในรูปแบบคูณควรใช้กับกรณีที่มีความผันแปรตามฤดูกาลมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป [7] สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบคูณเนื่องจากอนุกรมเวลาราคามังคุดทะเลของข้อมูลชุดที่ 1 ในช่วงเดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 มีความผันแปรตามฤดูกาลเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 1) ตัวแบบแสดงดังสมการที่ (2) และตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (3) [8]

$$Y_t = T_t S_t \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\hat{Y}_t = \hat{T}_t \hat{S}_t \quad (3)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

T_t และ S_t แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบแสดง
ส่วนประกอบของแนวโน้ม และความผันแปรตาม
ฤดูกาล ตามลำดับ

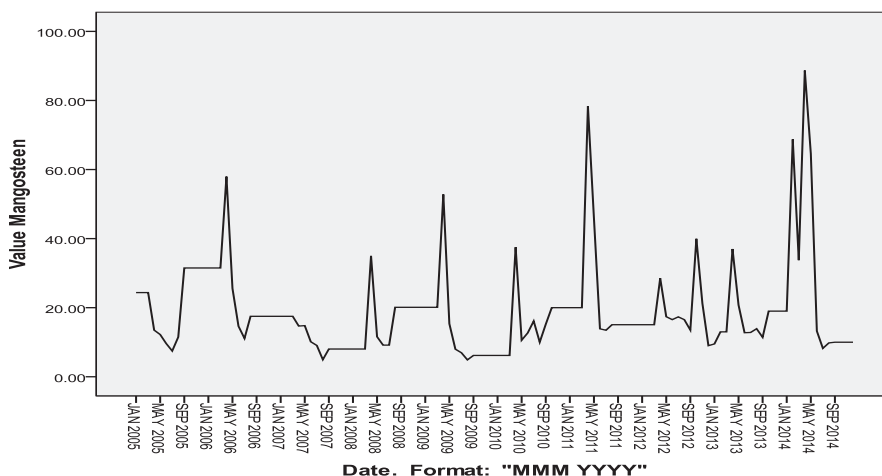
ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อน

$\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

$\hat{T}_t$ และ $\hat{S}_t$ แทนค่าประมาณ ณ เวลา t ของ
พารามิเตอร์ T_t และ S_t ตามลำดับ

t แทนช่วงเวลาที่เริ่มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_t โดยที่

n_t แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคามังคุดคณะที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่ นา ตั้งแต่เดือน
มกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557

3. การสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการ ปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์ แบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง
ของวินเทอร์ จัดเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลโดย
นำอนุกรมเวลาจากอดีตมาวิเคราะห์หองค์ประกอบ
เพื่อกำหนดตัวแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ค่า
อนาคต วิธีการนี้มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มี
แนวโน้มเชิงเส้นและมีความผันแปรตามฤดูกาล
ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ การปรับเรียบด้วยเส้น
โค้งเลขชี้กำลังของ วินเทอร์แบบบวก (Winters'
Additive Exponential Smoothing) และการปรับเรียบ
ด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters'
Multiplicative Exponential Smoothing) โดยตัวแบบ
พยากรณ์อาจอยู่ในรูปแบบบวกหรือรูปแบบคูณขึ้นอยู่กับ
ลักษณะการกระจายของอนุกรมเวลา เช่นเดียวกับ
วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา [9] สำหรับการ

วิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้
กำลังของวินเทอร์แบบคูณ เนื่องจากอนุกรมเวลาราคา
มังคุดคณะของข้อมูลชุดที่ 1 ในช่วงเดือนมกราคม
2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 มีความผันแปรตาม
ฤดูกาลเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (แสดง
รายละเอียดในรูปที่ 1) ตัวแบบแสดงดังสมการที่ (4)
และตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (5) [7]

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) S_t \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m) \hat{S}_t \quad (5)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

β_0 , β_1 และ S_t แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบ
แสดงระยะตัดแกน ความชันของแนวโน้ม และความ
ผันแปรตามฤดูกาล ตามลำดับ

ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อน

$\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ m
แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

a_t , b_t และ $\hat{S}_t$ แทนค่าประมาณ ณ เวลา t ของพารามิเตอร์ β_0 , β_1 และ S_t ตามลำดับ

$$\text{โดยที่ } a_t = \alpha \frac{Y_t}{\hat{S}_{t-s}} + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$$

$$\hat{S}_t = \delta \frac{Y_t}{a_t} + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$$

α , γ และ δ แทนค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$ และ $0 < \delta < 1$

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_1 โดยที่ n_1 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทนจำนวนฤดูกาล

4. การตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคามังคุดคละ โดยการเปรียบเทียบค่า RMSE จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า RMSE ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด เกณฑ์ RMSE [7] แสดงดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} e_t^2} \quad (6)$$

เมื่อ $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

5. การพยากรณ์ราคามังคุดคละ

จากการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี คือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับเรียบด้วย

เส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ เมื่อทราบตัวแบบพยากรณ์ใดมีค่า RMSE ต่ำที่สุด จะใช้ตัวแบบพยากรณ์นั้นสำหรับการพยากรณ์ราคามังคุดคละ ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 ต่อไป

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธี

บอกซ์-เจนกินส์

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 คือ ราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่มีความผันแปรตามฤดูกาลเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป จากกราฟ ACF และ PACF ดังรูปที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่คงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($d = 1$, $D = 1$, $s = 12$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแบบ SARIMA(1, 1, 0)(2, 1, 1)₁₂ ไม่มีพจน์ค่าคงตัว เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 4 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99) ดังนั้นตัวแบบ SARIMA(1, 1, 0)(2, 1, 1)₁₂ ไม่มีพจน์ค่าคงตัว มีความเหมาะสม ซึ่งจากสมการที่ (1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 & (1-\phi_1 B)(1-\phi_1 B^{12}-\phi_2 B^{24})(1-B)(1-B^{12})Y_t = (1-\Theta_1 B^{12})\varepsilon_t \\
 & (1-\phi_1 B^{12}-\phi_2 B^{24}-\phi_1 B+\phi_1 \phi_1 B^{13}+\phi_1 \phi_2 B^{25}) \\
 & \times (1-B^{12}-B+B^{13})Y_t = \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-12} \\
 & (1-B^{12}-B+B^{13}-\phi_1 B^{12}+\phi_1 B^{24}+\phi_1 B^{13}-\phi_1 B^{25} \\
 & -\phi_2 B^{24}+\phi_2 B^{36}+\phi_2 B^{25}-\phi_2 B^{37}-\phi_1 B+\phi_1 B^{13}+\phi_1 B^2-\phi_1 B^{14} \\
 & +\phi_1 \phi_1 B^{13}-\phi_1 \phi_1 B^{25}-\phi_1 \phi_1 B^{14}+\phi_1 \phi_1 B^{26} \\
 & +\phi_1 \phi_2 B^{25}-\phi_1 \phi_2 B^{37}-\phi_1 \phi_2 B^{26}+\phi_1 \phi_2 B^{38})Y_t = \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-12} \\
 & Y_t = (1+\phi_1)Y_{t-1} - \phi_1 Y_{t-2} + (1+\phi_1)Y_{t-12} \\
 & - (1+\phi_1)(1+\phi_1)Y_{t-13} + \phi_1(1+\phi_1)Y_{t-14} \\
 & - (\phi_1 - \phi_2)Y_{t-24} + (1+\phi_1)(\phi_1 - \phi_2)Y_{t-25}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\phi_1(\phi_1 - \phi_2)Y_{t-26} - \phi_2 Y_{t-36} + \phi_2(1+\phi_1)Y_{t-37} \\
 & -\phi_1 \phi_2 Y_{t-38} + \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-12}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \hat{Y}_t = & 0.61363Y_{t-1} + 0.38637Y_{t-2} - 0.32981Y_{t-12} \\
 & + 0.20238Y_{t-13} + 0.12743Y_{t-14} + 0.561Y_{t-24} \\
 & - 0.34425Y_{t-25} - 0.21675Y_{t-26} + 0.76881Y_{t-36} \\
 & - 0.47176Y_{t-37} - 0.29705Y_{t-38} + 0.82811\varepsilon_{t-12}
 \end{aligned}$$

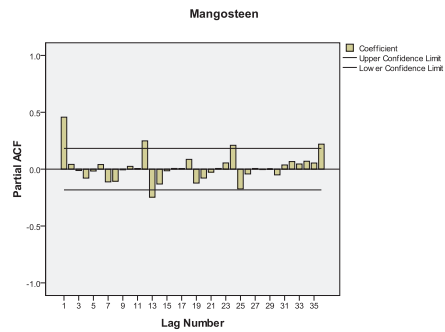
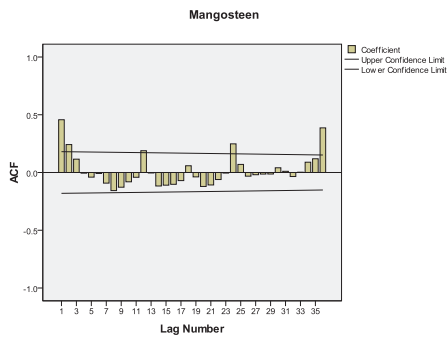
(7)

เมื่อ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

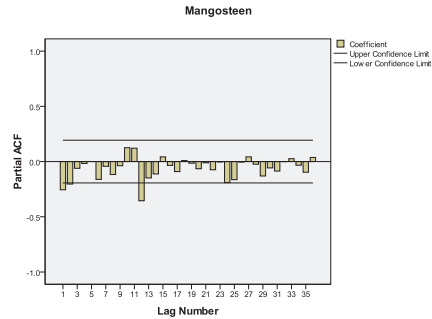
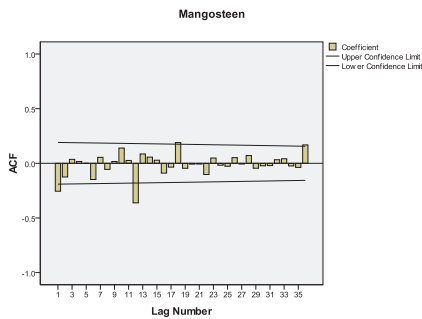
Y_{t-j} แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา $t-j$

ε_{t-12} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์
ณ เวลา $t-12$

เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์จากตารางที่ 1 จะได้ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้



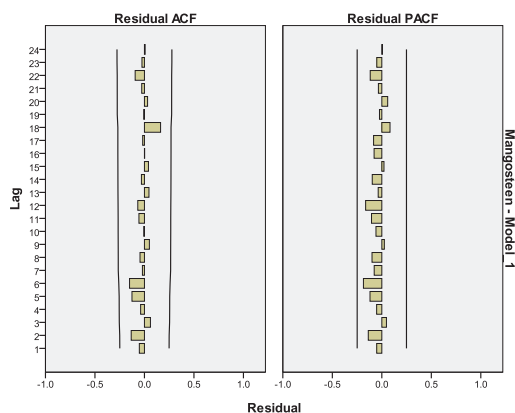
รูปที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา



รูปที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่า BIC และค่าสถิติ Ljung-Box Q ของตัวแบบ SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s

		SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) _s				
ค่าประมาณพารามิเตอร์		SARIMA	SARIMA	SARIMA	SARIMA	SARIMA
		(2, 1, 1)(2, 1,	(2, 1, 1)(2, 1,	(2, 1, 0)(2, 1,	(2, 1, 0)(2, 1,	(1, 1, 0)(2, 1,
		2) ₁₂	1) ₁₂	1) ₁₂	1) ₁₂	1) ₁₂
					ไม่มีพจน์ค่าคง	ไม่มีพจน์ค่าคง
					ตัว	ตัว
ค่าคงตัว	ค่าประมาณ	0.06578	0.06282	0.05535	-	-
	p-value	0.205	0.255	0.876		
AR(1):	ค่าประมาณ	0.40754	0.40350	-0.43832	-0.43805	-0.38637
ϕ_1	p-value	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
AR(2):	ค่าประมาณ	0.19629	0.19137	-0.15562	-0.15560	-
ϕ_2	p-value	0.090	0.092	0.124	0.123	-
MA(1):	ค่าประมาณ	0.99632	0.99927	-	-	-
θ_1	p-value	0.063	0.670			
SAR(1):	ค่าประมาณ	-1.29459	-1.33373	-1.32384	-1.32346	-1.32981
Φ_1	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SAR(2):	ค่าประมาณ	-0.72088	-0.77670	-0.78087	-0.78015	-0.76881
Φ_2	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SMA(1):	ค่าประมาณ	-0.70983	-0.77256	-0.74819	-0.74754	-0.82811
Θ_1	p-value	0.030	0.001	0.001	0.001	0.002
SMA(2):	ค่าประมาณ	0.14444	-	-	-	-
Θ_2	p-value	0.624				
BIC		5.021	4.968	4.994	4.941	4.911
Ljung-Box Q (ณ lag 18)		9.366	10.121	12.490	12.438	12.928
p-value		0.588	0.605	0.488	0.492	0.532



รูปที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ที่มีตัวแบบ SARIMA(1, 1, 0)(2, 1, 1)₁₂ ไม่มีพจน์ค่าคงตัว

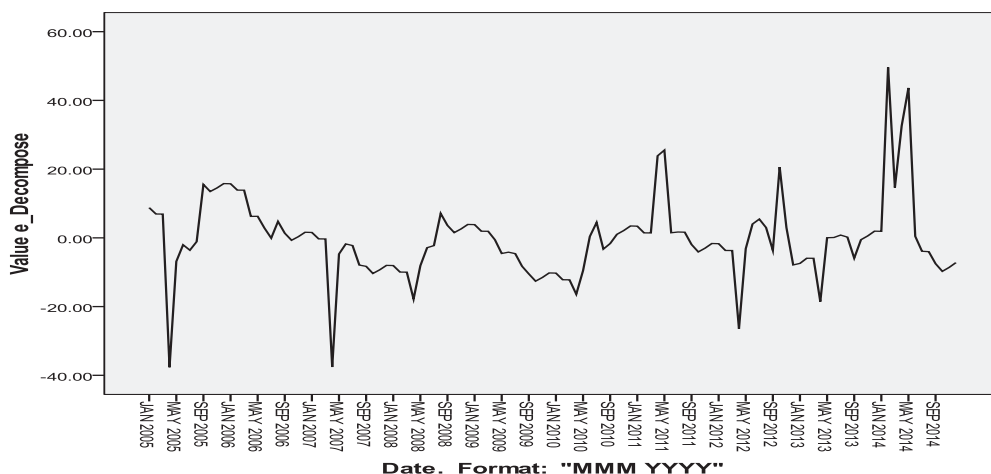
2. ผลการพยากรณ์โดยวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา

จากการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 5) ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = (18.459025 + 0.01657t)\hat{S}_t \quad (8)$$

เมื่อ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t โดยที่ $t = 121$ ถึง 128 (เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2558 จำนวน 8 ค่า)

$\hat{S}_t$ แทนดัชนีฤดูกาล รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ราคามังคุดเฉลี่ยที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่แรกของเดือนเมษายนและ พฤษภาคมของทุกปี มีค่ามากกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากมีค่าดัชนีฤดูกาลมากกว่า 1



รูปที่ 5 กราฟความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ โดยวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา

ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาราคามังคุดเฉลี่ยที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่แรก จากวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	0.84387	พฤษภาคม	1.02967	กันยายน	0.85869
กุมภาพันธ์	0.94240	มิถุนายน	0.62769	ตุลาคม	0.96674
มีนาคม	0.94259	กรกฎาคม	0.59558	พฤศจิกายน	0.91083
เมษายน	2.76203	สิงหาคม	0.67808	ธันวาคม	0.84183

3. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 4.627 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ

lag 18 = 15.196, p-value = 0.437) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99)

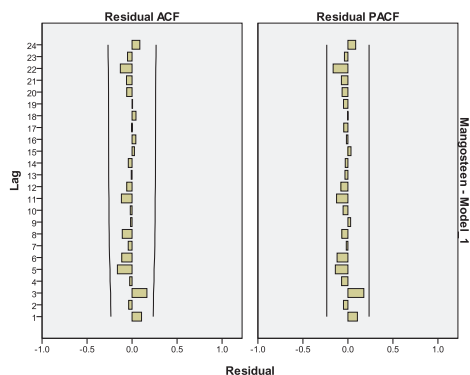
ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม
ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = (17.40926 + 0.010338m)\hat{S}_t \quad (9)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ ถึง 8 (เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 8 ค่า)

$\hat{S}_t$ แทนดัชนีฤดูกาล รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ราคามังคุดผลที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นาของเดือนเมษายนและพฤษภาคมของทุกปี มีค่ามากกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากมีค่าดัชนีฤดูกาลมากกว่า 1

α , γ และ δ มีค่าเท่ากับ 0.35814, 0.001 และ 0.41515 ตามลำดับ



รูปที่ 6 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

ตารางที่ 3 ดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาราคามังคุดผลที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	0.62748	พฤษภาคม	1.07305	กันยายน	0.48689
กุมภาพันธ์	0.95537	มิถุนายน	0.48399	ตุลาคม	0.69523
มีนาคม	0.72240	กรกฎาคม	0.43831	พฤศจิกายน	0.64175
เมษายน	1.99184	สิงหาคม	0.46460	ธันวาคม	0.59157

4. ผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบอซซ์-เจนกินส์ ในสมการที่ (7) โดยวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา ในสมการที่ (8) และโดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ในสมการที่ (9) สำหรับพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ราคา มังคุดผลที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 8 ค่า ได้ค่าพยากรณ์ และค่า RMSE แสดงดังตารางที่ 4

ผลการตรวจสอบพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่า RMSE ต่ำที่สุด จึงมีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ต่อไป อย่างไรก็ตาม ค่าพยากรณ์ของทั้ง 3 วิธี มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 1.09$, $p\text{-value} = 0.356$)

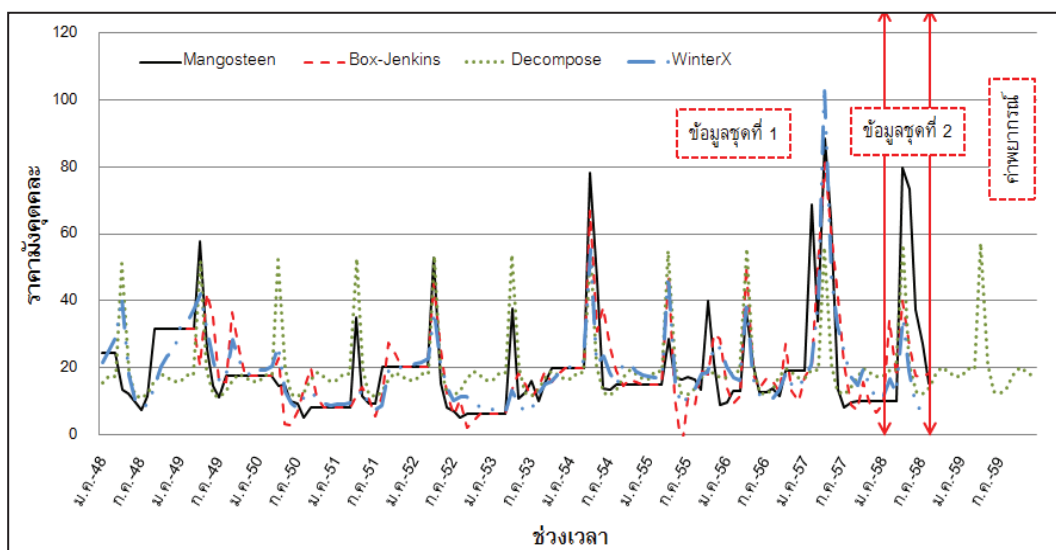
ตารางที่ 4 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2558 และค่า RMSE

ช่วงเวลา	ราคามังคุดคละ	ราคามังคุดคละ จากการพยากรณ์โดยวิธี		
		บอกซ์-เจนกินส์	แยกส่วนประกอบ	วินเทอร์
ม.ค. 2558	10.00	9.14	17.27	10.93
ก.พ. 2558	10.00	34.2	19.30	16.65
มี.ค. 2558	10.00	17.09	19.32	12.60
เม.ย. 2558	79.68	40.01	56.66	34.76
พ.ค. 2558	73.29	26.41	21.14	18.74
มิ.ย. 2558	37.37	17.44	12.90	8.46
ก.ค. 2558	27.01	17.23	12.25	7.66
ส.ค. 2558	15.40	18.51	13.95	8.13
RMSE		24.7755	<u>23.1700</u>	28.0812

5. ผลการพยากรณ์ราคามังคุดคละ ที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าวในการพยากรณ์ราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา จากการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบ ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 พยากรณ์ ซึ่งพบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มาก รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5 และรูปที่ 7

ตารางที่ 5 ค่าพยากรณ์ราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์
ก.ย. 2558	17.69	ม.ค. 2559	17.44	พ.ค. 2559	21.34	ก.ย. 2559	17.86
ต.ค. 2558	19.93	ก.พ. 2559	19.49	มิ.ย. 2559	13.02	ต.ค. 2559	20.12
พ.ย. 2558	18.79	มี.ค. 2559	19.51	ก.ค. 2559	12.37	พ.ย. 2559	18.97
ธ.ค. 2558	17.38	เม.ย. 2559	57.21	ส.ค. 2559	14.09	ธ.ค. 2559	17.55



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติ 3 วิธี

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา โดยใช้อนุกรมเวลารายเดือนจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 128 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 8 ค่า สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ RMSE ที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่า RMSE ต่ำที่สุด จึงมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ราคา

มังคุดคละในอนาคตต่อไป อย่างไรก็ตาม ค่าพยากรณ์ของทั้ง 3 วิธี มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะสังเกตได้จากรูปที่ 7 การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาราคามังคุดคละที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติทั้ง 3 วิธี พบว่า ค่าพยากรณ์ของทั้ง 3 วิธีค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจริง โดยเฉพาะข้อมูลชุดที่ 1 ที่นำมาใช้สร้างตัวแบบ ขณะที่ข้อมูลชุดที่ 2 อาจมีความแตกต่างจากค่าพยากรณ์บ้างเล็กน้อย เนื่องจากไม่ใช่ข้อมูลที่นำมาสร้างตัวแบบ แต่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ของตัวแบบที่สร้างจากข้อมูลชุดที่ 1 โดยเมื่อพิจารณาค่าพยากรณ์จากวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ทุกปี เนื่องจากวิธีการนี้จะใช้ค่าดัชนีฤดูกาลที่เหมือนกันทุกปี อีกทั้งความชันของสมการแนวโน้มในนี้ที่มีค่าเพียง 0.01657 สำหรับค่าพยากรณ์จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ พบว่า ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่คงที่เหมือนกับวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา เนื่องจากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์จะสร้างตัวแบบโดย

การพิจารณาที่ความสัมพันธ์ของข้อมูลและค่าคลาดเคลื่อนในอดีต ขณะที่วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณจะสร้างตัวแบบโดยสูตรที่ได้กล่าวไปแล้วในสมการที่ (5)

เมื่อใช้วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาในการพยากรณ์ราคามังคุดตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 ดังตารางที่ 5 และรูปที่ 7 พบว่า ราคามังคุดมีความผันผวนค่อนข้างสูง โดยราคาในเดือนเมษายนและพฤษภาคมจะมีค่ามากกว่าเดือนอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยพยากรณ์ว่า ราคามังคุดในเดือนเมษายน 2559 มีค่าประมาณ 57.21 บาท/กิโลกรัม และในเดือนพฤษภาคม 2559 มีค่าประมาณ 21.31 บาท/กิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ค่าพยากรณ์ราคามังคุดในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคมของปีก่อนหน้ามีค่าต่ำกว่าค่าจริง ดังนั้นผู้นำตัวแบบพยากรณ์ไปใช้ประโยชน์ควรระมัดระวังกับค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาดังกล่าวด้วย และการเปลี่ยนแปลงของราคามังคุด อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น พื้นที่การปลูกมังคุด ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลที่ เป็นปัจจุบัน ผู้วิจัยควรนำมาปรับปรุงตัวแบบ รวมถึงควรพิจารณาตัวแปรอิสระเพิ่มเติมสำหรับการสร้างตัวแบบถดถอย (Regression Model) [10] นอกเหนือจากการพิจารณาเพียงตัวแปรเวลา เพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ค่าในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] ตลาดไท. 2558. “พยากรณ์ปี 58 ผลไม้ทั้ง 6 ชนิด (ภาครวมทั่วประเทศ)”. [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2558.] URL; http://web.facebook.com/permalink.php?id=483598545034743&story_fbid=908257612568832
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. “ราคามังคุดเฉลี่ยที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กิโลกรัม)”. [สืบค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2558.] URL; http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9749
- [3] ทรงศิริ แด่สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Bowerman, B.L. and O'Connell, R.T. 1993. **Forecasting and Time Series: An Applied Approach**. 3rd Edition. California: Duxbury Press.
- [5] Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. 1994. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. 3rd Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [6] วรางคณา กิรติวิบูลย์. 2557. “การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ สำหรับการพยากรณ์ราคาขายปลีกสุกรชำแหละ เนื้อแดง สะโพก”. วารสารวิทยาศาสตร์ มช. 42 (3): 532-543.
- [7] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. 2548. เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [8] Keerativibool, W., Waewsak, J. and Kanjnasamranwong, P. 2011. **Short-Term Forecast of Wind Speed at Chana District, Songkhla Province, Thailand**. 343-350. In Proceedings of the 2011 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. 25-28 May 2011. Hat Yai. Thailand.
- [9] วรางคณา กิรติวิบูลย์. 2556. “ตัวแบบพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่มาท่องเที่ยวในประเทศไทย”. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 29 (2): 9-26.
- [10] Montgomery, D.C., Peck, E.A. and Vining, G.G. 2006. **Introduction to Linear Regression Analysis**. 4th Edition. New York: Wiley.