

ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด

วารางคณา กิรติวิบูลย์*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด ด้วยการเปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา 5 วิธี ได้แก่ วิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยใช้อนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร จำนวนทั้งหมด 190 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนตุลาคม 2556 ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 จำนวน 180 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555 สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และชุดที่ 2 จำนวน 10 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = 0.41996 \hat{Y}_{1t} + 0.58004 \hat{Y}_{2t}$$

เมื่อ \hat{Y}_{1t} และ \hat{Y}_{2t} แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ

คำสำคัญ: กาแฟคั่วและบด บอซซ์-เจนกินส์ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง การพยากรณ์รวม รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

Forecasting Model for the Export Quantity of Roast and Ground Coffee

Warangkhana Keerativibool*

ABSTRACT

The purpose of this research was to construct an appropriate forecasting model for the export quantity of roast and ground coffee by comparing five time series methods, which are Box-Jenkins method, Holt's exponential smoothing method, damped trend exponential smoothing method, combined forecasting method using weights derived from the inverse of root sum squares error, and combined forecasting method using weights based upon the ordinary least squares regression coefficients. Time series that used was the export quantity of roast and ground coffee which gathered from the website of Office of Agricultural Economics during January, 1998 to October, 2013 (190 values). The data were split into two sets, the first 180 values from January, 1998 to December, 2012 for the modeling and the last 10 values from January to October, 2013 for comparison the effective of forecasting models by the criterion of the lowest root mean squared error. The results showed that for all forecasting methods that have been studied, the combined forecasting method using weights based upon the ordinary least squares regression coefficients is the most efficient method and the forecasting model is:

$$\hat{Y}_t = 0.41996 \hat{Y}_{1t} + 0.58004 \hat{Y}_{2t}$$

where \hat{Y}_{1t} and \hat{Y}_{2t} represent the single forecasts at time t from Holt's exponential smoothing method and damped trend exponential smoothing method, respectively.

Keywords: Roast and Ground Coffee, Box-Jenkins, Exponential Smoothing, Combined Forecasting, Root Mean Squared Error (RMSE)

บทนำ

กาแฟเป็นพืชยืนต้นชนิดหนึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea sp.* เป็นต้นไม้ขนาดเล็กมีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย มีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์อาราบิก้า พันธุ์โรบัสต้า พันธุ์เอ็กเซลซ่า และพันธุ์ลิเบอริกา [1] ด้วยคุณสมบัติของกาแฟที่ประกอบด้วยสารคาเฟอีน มีสรรพคุณช่วยชูกำลัง สามารถเพิ่มความกระชุ่มกระชวย กระปรี้กระเปร่าให้แก่ร่างกาย ทำให้กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นกิจวัตรประจำวัน ทั้งตอนเช้า ตอนบ่าย และการประชุมต่างๆ ซึ่งกาแฟนั้นได้ถูกค้นพบโดยความบังเอิญของชาวมุสลิมทางภาคใต้ของประเทศเอธิโอเปีย ตั้งแต่สมัยศตวรรษที่ 9 หลังจากนั้นได้มีการแพร่หลายเข้าสู่ทวีปยุโรปและอเมริกา จนกลายเป็นที่นิยมกันไปทั่วโลก [2] ปัจจุบันประเทศไทยมีสินค้าส่งออกหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นสินค้าอุตสาหกรรม หัตถกรรม และเกษตรกรรม กาแฟนับเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจทางด้านเกษตรกรรมที่มีความสำคัญ และมีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยในอดีตประเทศไทยเคยเป็นผู้นำเข้ากาแฟมากที่สุด ต่อมาการนำเข้าเริ่มลดลง เนื่องจากเกษตรกรได้เพิ่มพื้นที่การเพาะปลูก ทำให้มีผลผลิตมากเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ และยังสามารถใช้เป็นสินค้าส่งออกในรูปแบบของเมล็ดกาแฟดิบ รวมทั้งการขยายเป็นวัตถุดิบในการผลิตกาแฟคั่วและบด ซึ่งสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร และประเทศเป็นจำนวนมาก [3, 4] ในอดีตมูลค่าทางการตลาดของกาแฟในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น กาแฟผงบรรจุขวดหรือซอง มีสัดส่วนทางการตลาดร้อยละ 50 กาแฟคั่วและบด มีสัดส่วนทางการตลาดร้อยละ 20 และกาแฟพร้อมดื่มหรือกาแฟ 3 in 1 มีสัดส่วนทางการตลาดร้อยละ 30 [5] อย่างไรก็ตามสัดส่วนทางการตลาดดังกล่าวยังคงมีความผันผวน รวมถึงปริมาณและมูลค่าการส่งออกกาแฟทุกประเภทของไทยยังคงมีความผันผวนสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำปริมาณการส่งออกกาแฟในอดีตมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยการศึกษาครั้งนี้จะให้ความสนใจกับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด เนื่องจากมีความผันผวนของข้อมูลมากที่สุด [6] ผู้วิจัยมีความคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการวิจัยครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการวางแผนการปลูก โดยจะส่งผลดีต่อการตัดสินใจของเกษตรกร ผู้ประกอบการทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ได้ทราบแนวโน้มของปริมาณการส่งออกของกาแฟคั่วและบด เพื่อช่วยในการบริหารจัดการด้านความเสี่ยงต่างๆช่วยในการประเมินการคาดการณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดล่วงหน้า อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อรัฐบาลในการวางแผนเชิงกลยุทธ์ทางการค้าในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

อนุกรมเวลาที่ใช้ในการสร้างและพัฒนาตัวแบบพยากรณ์สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด (กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 190 ค่า ซึ่งถูกเก็บรวบรวมโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [6] ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 180 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยโปรแกรม SPSS รุ่น 17 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด จำนวน 5 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการพยากรณ์รวมทั้งถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองและวิธีการพยากรณ์

รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ชุดที่ 2 เป็นข้อมูลปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 10 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ที่ต่ำที่สุด

1. การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากที่สุดในบรรดาวิธีการพยากรณ์ด้วยกัน อีกทั้งยังต้องใช้จำนวนข้อมูลค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามวิธีการนี้เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูง เนื่องจากมีการพิจารณาลักษณะของอนุกรมเวลาว่ามีสหสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อสร้างเป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม รวมถึงมีการคำนึงถึงความผันแปรตามฤดูกาลซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญ [7, 8] โดยมีตัวแบบทั่วไป คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s แสดงดังสมการที่ (1) [9]

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

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_p(B^s)$ แทนค่าคงที่ โดยที่ μ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ (Stationary)

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ 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 โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทนจำนวนฤดูกาล

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

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

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ แสดงรายละเอียดดังนี้

1) พิจารณาอนุกรมเวลาว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา (Y_t, t) รวมถึงกราฟของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ หากพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะไม่คงที่ (Non-Stationary) ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้มีลักษณะคงที่ก่อนที่จะดำเนินการขั้นต่อไป เช่น การแปลง

ด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (Difference or Seasonal Difference) การแปลงด้วยลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ (Common Logarithm or Natural Logarithm) หรือการแปลงด้วยเลขยกกำลัง เช่น ยกกำลัง 0.5 (Square Root Transformation) หรือยกกำลัง 2 (Square Transformation) เป็นต้น [10]

2) กำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ นั่นคือ กำหนดค่า p , q , P และ Q พร้อมทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

3) ตัดพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากตัวแบบพยากรณ์ครั้งละ 1 ตัว จากนั้นจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์และประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่จนกว่าจะได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญทั้งหมด

4) คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเบย์เซียน (Bayesian Information Criterion: BIC) ต่ำที่สุด มีค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ไม่มีนัยสำคัญ และอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ มีการแจกแจงปกติ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิเยร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov's Test) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที (t-Test) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบเอฟ (F-Test) ของเลวีเนียนภายใต้การใช้ค่ามัธยฐาน (Levene's Test Based on Median)

5) พยากรณ์อนุกรมเวลา โดยใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นตอนที่ 4

2. การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ (Holt's Exponential Smoothing Method)

การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบ (Smoothing Method) คือ การพยากรณ์โดยใช้ค่าสังเกตจากอดีตส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์ ซึ่งน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะแตกต่างกัน เหตุผลสำคัญที่มีการใช้วิธีการปรับเรียบ เนื่องจากอนุกรมเวลาอาจเกิดความผันแปรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ จึงทำให้ไม่เห็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาอื่นๆ ซึ่งวิธีการปรับเรียบจะช่วยลดอิทธิพลของความผันแปรดังกล่าวได้ ดังนั้นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาแต่ละส่วนจึงปรากฏชัดเจนขึ้น ทำให้สามารถพยากรณ์ค่าของอนุกรมเวลาในอนาคตได้ สำหรับวิธีการปรับเรียบนั้นมีวิธีการหลายวิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา [7, 11] โดยการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังทั้งหมด 2 วิธี คือ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก (จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป) เนื่องจากอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดของช่วงเวลาที่ยกมาปรากฏส่วนประกอบของแนวโน้มอย่างชัดเจน โดยแนวโน้มที่พบมีลักษณะเพิ่มขึ้น (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 1)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล มีค่าคงที่การปรับเรียบ 2 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ (Level: α) และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน (Trend: γ) สามารถเขียนตัวแบบได้ดังสมการที่ (2) และเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (3) [7]

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t (m) \quad (3)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

β_0 และ β_1 แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบแสดงระยะตัดแกน และความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

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

a_t และ b_t แทนค่าประมาณ ณ เวลา t ของพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ

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

α และ γ แทนค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$ และ $0 < \gamma < 1$

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ คือ ความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบเอฟของเลวินภายใต้การใช้ค่ามัธยฐาน

3. การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped Trend Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่ไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มที่เป็นเส้นตรง โดยที่ยอมรับว่าความชันมีค่าลดลงตามเวลา มีค่าคงที่การปรับเรียบ 3 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันแบบแดม (Damped Trend) [12] จากการคำนวณค่าความชัน (β_1) ของแนวโน้มปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดของข้อมูลชุดที่ 1 โดยจำแนกอนุกรมเวลาออกเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 60 ค่า ดังนี้ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2545 ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2550 และช่วงที่ 3 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2551 ถึงเดือนธันวาคม 2555 พบว่าความชันมีค่าเท่ากับ 69.4517, 169.7411 และ 59.4828 ตามลำดับ จะเห็นว่าความชันของช่วงเวลาที่ 3 มีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดมจึงเป็นวิธีการพยากรณ์หนึ่งที่มีความเหมาะสม สามารถเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (4) [13]

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \sum_{i=1}^m \phi^i \quad (4)$$

เมื่อ \hat{Y}_{t+m} แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า
 a_t และ b_t แทนค่าประมาณ ณ เวลา t ของพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ

โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} + \phi b_{t-1})$ และ $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1 - \gamma)\phi b_{t-1}$

α , γ และ ϕ แทนค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$ และ $0 < \phi < 1$

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ คือ ความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิธร์นอฟ มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบเอฟของเลวินภายใต้การใช้ค่ามัธยฐาน

4. การพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวม (Combined Forecasting Method)

วิธีการพยากรณ์รวมเป็นวิธีการประยุกต์ที่มีการรวมค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์เดี่ยวตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป ซึ่งถ้าผู้วิจัยสามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับวิธีการพยากรณ์เดี่ยวได้อย่างเหมาะสม จะทำให้ได้ค่าพยากรณ์รวมที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง [12] ณ ที่นี้ได้พิจารณาวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 2 วิธี ที่มีประสิทธิภาพดีใกล้เคียงกันเป็น 2 อันดับแรก (มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำ โดยจะแสดงรายละเอียดในผลการวิจัย) คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก สำหรับการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (w_i) จะกระทำภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 1 ($w_1 + w_2 = 1$) ดังนั้นตัวแบบของวิธีการพยากรณ์รวมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ

$$\hat{Y}_t = w_1 \hat{Y}_{1t} + w_2 \hat{Y}_{2t} \quad (5)$$

เมื่อ \hat{Y}_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

\hat{Y}_{1t} และ \hat{Y}_{2t} แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

w_1 และ w_2 แทนค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาวิธีการถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด 2 วิธี ได้แก่

1) การถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ดังนี้ [14]

$$w_i = \frac{1/\sqrt{\text{SSE}_i}}{1/\sqrt{\text{SSE}_1} + 1/\sqrt{\text{SSE}_2}} ; i = 1, 2 \quad (6)$$

เมื่อ SSE_1 และ SSE_2 แทนผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Sum Squares Error: $SSE_i = \sum_{t=1}^n e_t^2$) ของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ

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

Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

\hat{Y}_t แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

2) การถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังนี้ [15]

$$w_i = \frac{b_i}{b_1 + b_2}; i = 1, 2 \quad (7)$$

เมื่อ b_1 และ b_2 แทนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ค่าพยากรณ์เดี่ยวจากทั้ง 2 วิธีเป็นตัวแปรอิสระ และปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดเป็นตัวแปรตาม

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ คือ ความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยพิจารณาจากกราฟของความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบเอฟของเลวินภายใต้การใช้ค่ามัธยฐาน

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมด 5 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ตัวแบบจากวิธีการพยากรณ์ใดที่มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด ซึ่งเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) แสดงดังนี้ [16]

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} e_t^2} \quad (8)$$

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

Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

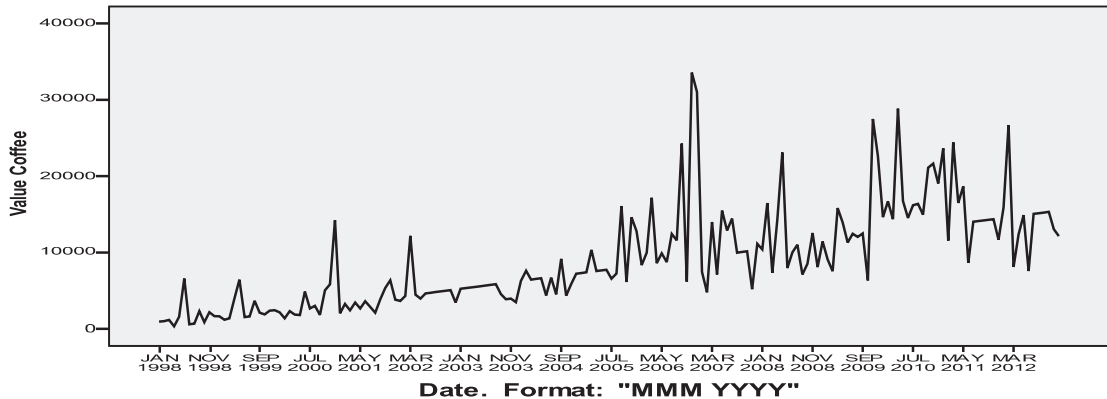
\hat{Y}_t แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

ผลการวิจัย

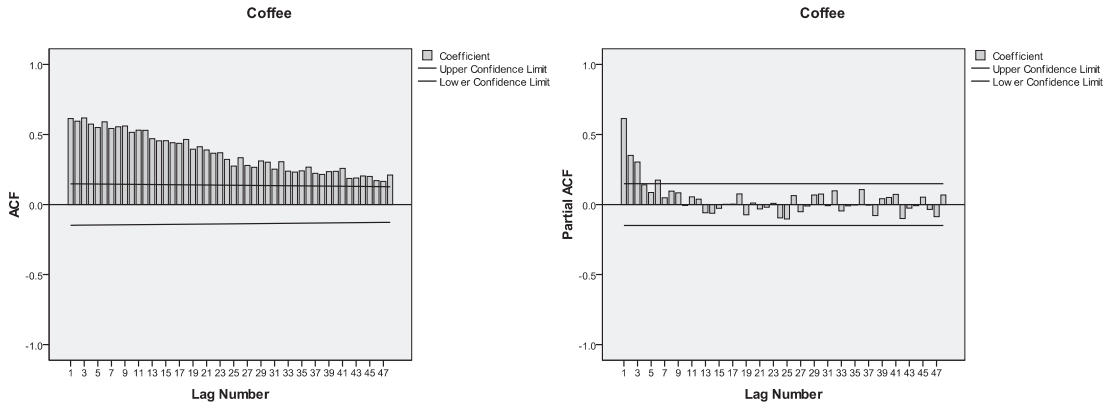
1. ผลการพยากรณ์โดยวิธีบอซ-เจนกินส์

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 คือ ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 180 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่าอนุกรมชุดนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบของแนวโน้ม โดยที่แนวโน้มมีลักษณะเพิ่มขึ้น

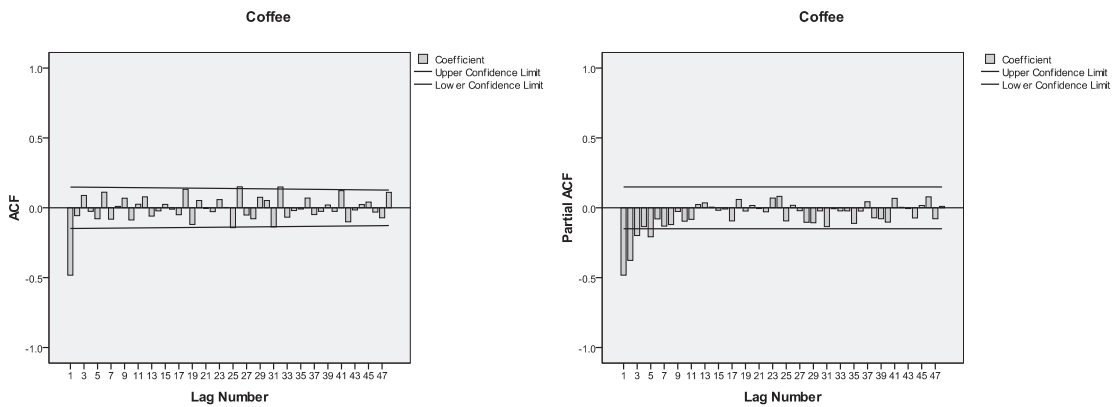


รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด ตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555

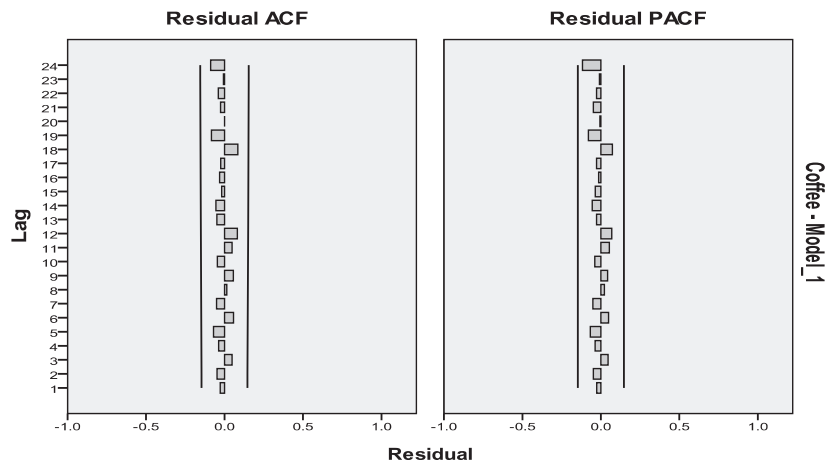
จากกราฟ ACF และ PACF ดังรูปที่ 2 พบว่า กราฟ ACF ในภาพซ้ายมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากอนุกรมมีส่วนประกอบของแนวโน้ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลแปลงด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้วแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ แสดงดังตารางที่ 1 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติสำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบหรือค่า Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(0, 1, 1) ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.143, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 4 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 1.306$, p-value = 0.193) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.216, p-value = 0.28) ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(0, 1, 1) ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ มีความเหมาะสมซึ่งจากสมการที่ (1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบได้ดังนี้



รูปที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด



รูปที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1



รูปที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ที่มีตัวแบบ ARIMA(0, 1, 1) ไม่มีพจน์ของค่าคงที่

$$(1 - B) Y_t = (1 - \theta_1 B) \varepsilon_t$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์จากตารางที่ 1 จะได้ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} - 0.83342\varepsilon_{t-1} \quad (9)$$

เมื่อ \hat{Y}_t แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_{t-1} แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t - 1

ε_{t-1} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t - 1

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่า BIC และค่าสถิติ Ljung-Box Q ของตัวแบบ ARIMA(p, d, q)

ค่าประมาณพารามิเตอร์		ARIMA(p, d, q)			
		ARIMA(2, 1, 1)	ARIMA(1, 1, 1)	ARIMA(0, 1, 1)	ARIMA(0, 1, 1) ไม่มีพจน์ของค่าคงที่
ค่าคงที่	ค่าประมาณ	73.20691	73.94829	73.93222	-
	p-value	0.157	0.129	0.128	
AR(1): ϕ_1	ค่าประมาณ	-0.01748	0.00015	-	-
	p-value	0.852	0.999		
AR(2): ϕ_2	ค่าประมาณ	-0.03914	-	-	-
	p-value	0.660			
MA(1): θ_1	ค่าประมาณ	0.83973	0.85754	0.85727	0.83342
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000
BIC		16.895	16.861	16.827	16.804
Ljung-Box Q (ณ lag 18)		7.888	8.291	8.293	8.892
p-value		0.928	0.940	0.960	0.944

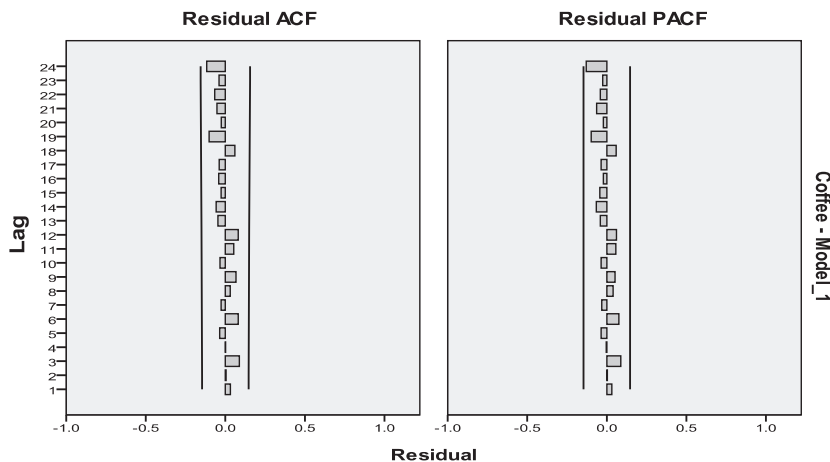
2. ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 16.824 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 8.88, p-value = 0.918) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.121, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 5 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = -0.45$, p-value = 0.654) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.496, p-value = 0.137) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 15,063.66974 + 94.00636(m) \quad (10)$$

เมื่อ \hat{Y}_{t+m} แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ ถึง 10 (เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 10 ค่า)

α และ γ มีค่าเท่ากับ 0.10761 และ 0.0000003 ตามลำดับ



รูปที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

3. ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก

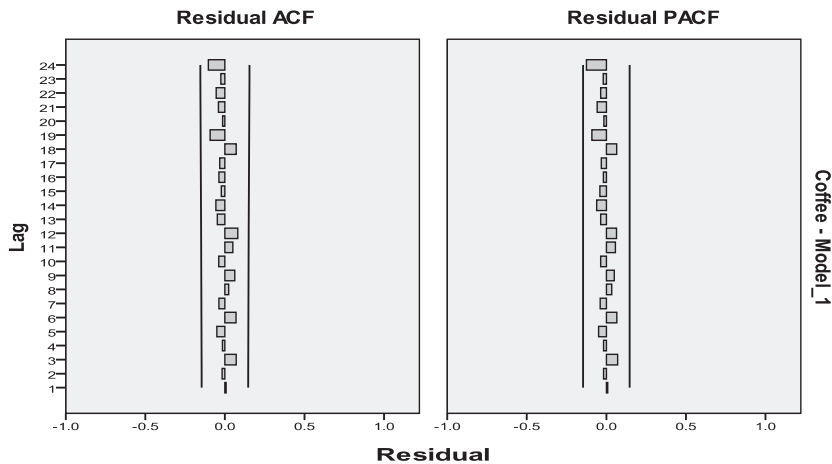
จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 16.854 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 8.297, p-value = 0.911) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.126, p-value = 0.2)

มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 0.051$, $p\text{-value} = 0.959$) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.37, $p\text{-value} = 0.191$) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 14,559.73919 + 66.50134 \sum_{i=1}^m (0.99905)^i \quad (11)$$

เมื่อ \hat{Y}_{t+m} แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ ถึง 10 (เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 10 ค่า)

α , γ และ ϕ มีค่าเท่ากับ 0.12932, 0.00005 และ 0.99905 ตามลำดับ



รูปที่ 6 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก

4. ผลการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวม

จากการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแบบพยากรณ์รวมในสมการที่ (5) โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 นั่นคือปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 180 ค่า ได้ค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (SSE_i) และสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (b_i) ของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก

i	วิธีการพยากรณ์ทางสถิติ	SSE_i	b_i
1	วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์	3,402,571,723.17	0.41146
2	วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก	3,389,383,212.93	0.56829

จากตารางที่ 2 เมื่อคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของวิธีการพยากรณ์รวมทั้ง 2 วิธี ตามสมการที่ (6) และ (7) ได้ตัวแบบพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และตัวแบบพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แสดงดังสมการที่ (12) และ (13) ตามลำดับ

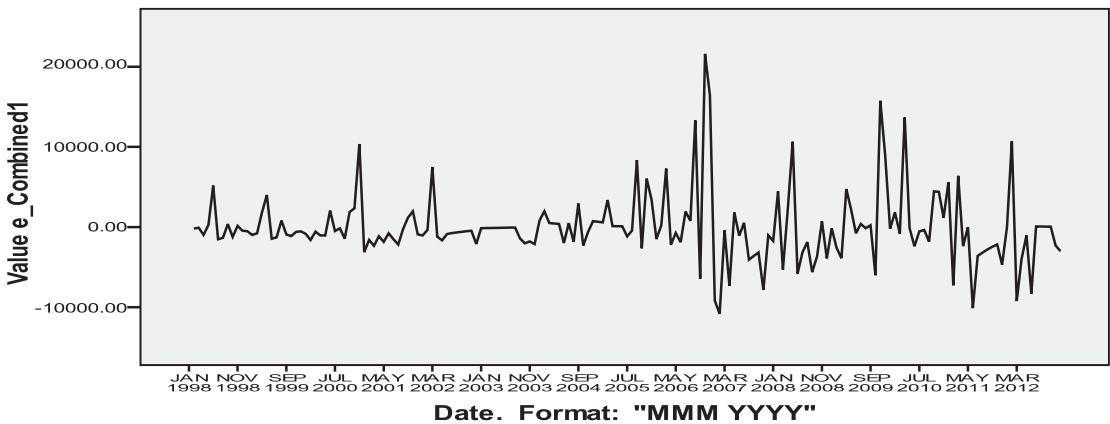
$$\hat{Y}_t = 0.49952 \hat{Y}_{1t} + 0.50048 \hat{Y}_{2t} \tag{12}$$

$$\hat{Y}_t = 0.41996 \hat{Y}_{1t} + 0.58004 \hat{Y}_{2t} \tag{13}$$

เมื่อ \hat{Y}_t แทนค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา t

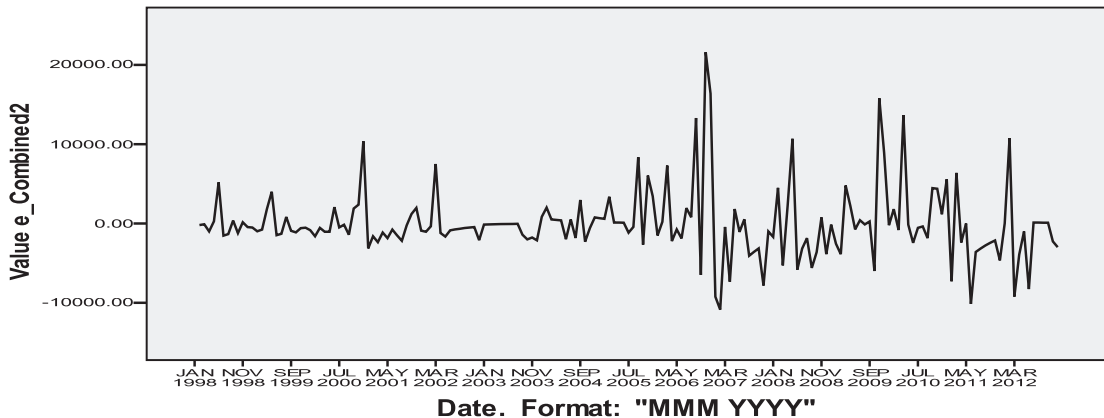
\hat{Y}_{1t} และ \hat{Y}_{2t} แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ

เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.121, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 7) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = -0.196$, p-value = 0.845) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.43, p-value = 0.163)



รูปที่ 7 ลักษณะการเคลื่อนไหวของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง

เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Statistic = 0.122, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (แสดงรายละเอียดในรูปที่ 8) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = -0.156$, p-value = 0.876) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.42, p-value = 0.168)



รูปที่ 8 ลักษณะการเคลื่อนไหวของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

5. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์ในสมการที่ (9) ถึง (13) โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตรม วิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ตามลำดับ สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 นั่นคือ ปริมาณการส่งออกกาแฟั่วและบดตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 ได้ค่าพยากรณ์ และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์ให้ค่าพยากรณ์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 มีค่าเท่ากันหมด เนื่องจากตัวแบบพยากรณ์ในสมการที่ (9) ขึ้นอยู่กับค่าของอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกกาแฟั่วและบด และความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในอดีต 1 ช่วงเวลา (Y_{t-1} และ e_{t-1} ตามลำดับ) เมื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต 1 ช่วงเวลา หรือเดือนมกราคม 2556 นั่นคือ \hat{Y}_{181} โปรแกรม SPSS จะใช้ข้อมูลของเดือนธันวาคม 2555 โดยมีค่า Y_{180} และ e_{180} เท่ากับ 12,151 และ -2,084.03 ตามลำดับ ได้ค่าพยากรณ์ของเดือนมกราคม 2556 เป็น 13,887.88 กิโลกรัม แต่เมื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต 2 ช่วงเวลา หรือเดือนกุมภาพันธ์ 2556 นั่นคือ \hat{Y}_{182} โปรแกรมจะใช้ค่าพยากรณ์ของเดือนมกราคม 2556 หรือ \hat{Y}_{181}

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13,887.88 และเนื่องจากไม่ทราบค่าที่แท้จริงของ e_{181} โปรแกรมจึงกำหนดให้ e_{181} มีค่าเท่ากับ 0 ส่งผลให้ค่าพยากรณ์ของเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเท่ากับของเดือนมกราคม 2556 คือ 13,887.88 กิโลกรัม จากนั้นค่าพยากรณ์ของเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม 2556 สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน จึงมีค่าพยากรณ์เท่ากัน คือ 13,887.88 กิโลกรัม

ตารางที่ 3 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด (กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนตุลาคม 2556 และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

ช่วงเวลา	ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด	ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดจากการพยากรณ์โดยวิธี				
		บอซซ์-เจนกินส์	โซลต์	แดม	พยากรณ์รวม 1	พยากรณ์รวม 2
ม.ค. 56	15,579	13,887.88	15,157.68	14,626.18	14,891.67	14,849.39
ก.พ. 56	11,284	13,887.88	15,251.68	14,692.55	14,971.84	14,927.36
มี.ค. 56	15,752	13,887.88	15,345.69	14,758.86	15,051.99	15,005.31
เม.ย. 56	15,838	13,887.88	15,439.70	14,825.11	15,132.11	15,083.22
พ.ค. 56	14,407	13,887.88	15,533.70	14,891.30	15,212.19	15,161.09
มิ.ย. 56	16,010	13,887.88	15,627.71	14,957.42	15,292.24	15,238.92
ก.ค. 56	16,096	13,887.88	15,721.71	15,023.48	15,372.26	15,316.71
ส.ค. 56	16,182	13,887.88	15,815.72	15,089.47	15,452.24	15,394.47
ก.ย. 56	16,268	13,887.88	15,909.73	15,155.41	15,532.20	15,472.20
ต.ค. 56	14,093	13,887.88	16,003.73	15,221.28	15,612.13	15,549.88
	RMSE	1,937.41	1,473.52	1,439.97	1,418.79	1,417.03

พยากรณ์รวม 1 หมายถึง การพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
พยากรณ์รวม 2 หมายถึง การพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด (กิโลกรัม) โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 190 ค่า จากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 180 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด จำนวน 5 วิธี ได้แก่ วิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโซลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม วิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการผกผันของรากที่สองของผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และวิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ชุดที่ 2 เป็นข้อมูลปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2556 จำนวน 10 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์

ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = 0.41996 \hat{Y}_{1t} + 0.58004 \hat{Y}_{2t}$$

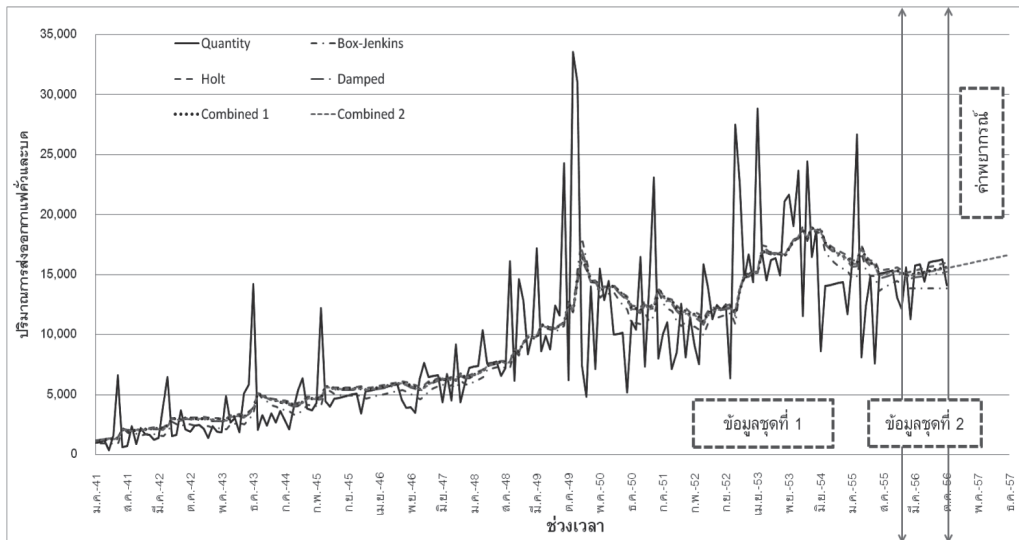
เมื่อ \hat{Y}_t แทนค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา t

\hat{Y}_{1t} และ \hat{Y}_{2t} แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ตามลำดับ

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์รวมที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงเดือนธันวาคม 2557 แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 9 ซึ่งพบว่า ปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เป็นการปรับตัวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบดอาจไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยเวลาเพียงปัจจัยเดียว ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วย เช่น ปริมาณผลผลิตกาแฟที่ได้ และปริมาณความต้องการใช้ เป็นต้น

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์ของปริมาณการส่งออกกาแฟคั่วและบด (กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงเดือนธันวาคม 2557

ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์
พ.ย. 56	15,627.53	มิ.ย. 57	16,170.07
ธ.ค. 56	15,705.15	ก.ค. 57	16,247.43
ม.ค. 57	15,782.72	ส.ค. 57	16,324.76
ก.พ. 57	15,860.26	ก.ย. 57	16,402.04
มี.ค. 57	15,937.77	ต.ค. 57	16,479.29
เม.ย. 57	16,015.24	พ.ย. 57	16,556.51
พ.ค. 57	16,092.67	ธ.ค. 57	16,633.69



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกไฟฟ้าและบด และค่าพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี

เอกสารอ้างอิง

- เพชรรัตน์ จิตต์พิพัฒน์. 2548. อุปสงค์ของเมล็ดกาแฟในประเทศไทย. สารนิพนธ์. เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นิลกุล โนแก้ว. 2553. การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกกาแฟดิบของไทยโดยวิธีอาร์มา. ได้จาก http://library.cmu.ac.th/faculty/econ/Exer751409/2553/Exer2553_no153. 28 ธันวาคม 2556.
- ปัทมา อริยะวงศ์. 2550. การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกกาแฟดิบโดยวิธีอาร์มา. การค้นคว้าแบบอิสระ. เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นภัส บุญดี. 2554. การวิเคราะห์แนวโน้มมูลค่าการส่งออกกาแฟดิบ. ได้จาก http://library.cmu.ac.th/faculty/econ/Exer751409/2554/Exer2554_no114. 28 ธันวาคม 2556.
- อภาสิริ ยิ่งเจริญ. 2555. การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกกาแฟสำเร็จรูปโดยวิธีอาร์มา. ได้จาก http://library.cmu.ac.th/faculty/econ/Exer751409/2555/Exer2555_no286. 28 ธันวาคม 2556.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการส่งออกกาแฟและบด: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. ได้จาก http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. 12 พฤศจิกายน 2556.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. 2548. เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., and Reinsel, G. C. 1994. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 3rd Edition. New Jersey. Prentice Hall.
- Bowerman, B. L., and O'Connell, R. T. 1993. Forecasting and Time Series: An Applied Approach. 3rd Edition. California. Duxbury Press.

11. Keerativibool, W., and Kanjanasamranwong, P. 2013. Forecasting Model for Oil Palm Prices in Suratthani Province. *Srinakharinwirot Science Journal* 29(2): 28-42. [in Thai].
12. มุกดา แม้นมิตร. 2549. อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพฯ. โฟร์พรีนติ้ง.
13. IBM Corporation. 2013. IBM SPSS Statistics Information Center. Available from URL: <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spssstat/v20r0m0/index.jsp?>. 10 March 2013.
14. วรางคณา กิริติวิบูลย์ และ เจ๊ะอัฐพาน มาหิละ. 2556. ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมตามแนวชายฝั่งอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิจัย มช* 18(1): 32-50.
15. Montgomery, D. C., Peck, E. A., and Vining, G. G. 2006. Introduction to Linear Regression Analysis. 4th Edition. New York. Wiley.
16. จุฑามาต ศุภนคร. 2554. การพยากรณ์อนุกรมเวลาสำหรับการวางแผนการผลิตชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์แบร์ริง. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 21(3): 595-606.

ได้รับบทความวันที่ 3 มกราคม 2557

ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 3 เมษายน 2557

