



การพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3

Forecasting the Prices of Rubber Smoked Sheets Level 3

วารางคณา กิรติวิบูลย์^{1*} และ ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์¹

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 108 ค่า ซึ่งข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 จำนวน 102 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 6 ค่า นำมาใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ABSTRACT

The objective of this study is to construct the appropriate forecasting model for the prices of rubber smoked sheets level 3. The data gathered from the website of Office of the Rubber Replanting Aid Fund during January 2004 to December 2012 of 108 values are used and divided into 2 sets. The first set has 102 values from January 2004 to June 2012 for constructing the forecasting models by the methods of Box-Jenkins, damped trend exponential smoothing, simple seasonal exponential smoothing, combined forecasts that weighted by the least squares method, and combined forecasts that weighted by the proportion of the value in the eigenvector from the principal component analysis. The second set has 6 values from July to

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.พัทลุง 93110

*Corresponding Author, E-mail: warang27@gmail.com

December 2012 for comparing accuracy of the forecasts via the criterion of minimum root mean squared error (RMSE). The result shows that the most accurate method is the combined forecasts that weighted by the least squares method.

คำสำคัญ: ยางแผ่นรมควันชั้น 3 บอซ-เจนกินส์ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง การพยากรณ์รวม รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

Keywords: Rubber smoked sheets level 3, Box-Jenkins, Exponential smoothing, Combined forecasting, Root mean squared error (RMSE)

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากผลผลิตจากต้นยางพาราสามารถนำมาแปรรูปเป็นปัจจัยการผลิตในอุตสาหกรรมที่สำคัญ เช่น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ยางรถยนต์ และเครื่องมือแพทย์ นอกจากนี้ยางพารายังสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศ สร้างอาชีพให้กับประชาชน ทำให้ประชาชนมีรายได้เลี้ยงตนเอง โดยพื้นที่ที่นิยมปลูกยางพารามากที่สุดของประเทศไทย คือ ภาคใต้ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศ และภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของยางพารา จึงส่งผลดีต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำยางที่กรีดยได้ ทำให้ผลผลิตที่ส่งออกเป็นที่ยอมรับว่ามีคุณภาพดี ได้มาตรฐาน และเป็นที่ต้องการของตลาดโลก (สถาบันวิจัยยาง, 2556) ประเทศไทยมีการผลิตยางแผ่นรมควันมากเป็นอันดับ 1 ของโลก ซึ่งยางแผ่นรมควันสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ยางแผ่นรมควันชั้น 1 ถึงชั้น 5 โดยใช้คุณภาพของยางแผ่นรมควันชั้น 3 เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน ยางแผ่นรมควันชั้น 3 มีคุณภาพเท่ากับยางแท่ง STR 20 จากมาตรฐานยางแท่ง STR (Standard Thai Rubber) 6 ประเภท คือ STR XL, STR 5L, STR 5, STR 10, STR 20 และ STR CV (ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย (AFET), 2554) ยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพดีกว่ายางแผ่นรมควันชั้น 3 พิจารณาให้เป็นยางแผ่นรมควันชั้น 1 หรือชั้น 2 แต่ถ้าคุณภาพเลวกว่า พิจารณาให้เป็นยางแผ่นรมควันชั้น 4 หรือชั้น 5 ซึ่งเรียกว่ายางต่ำชั้น (องค์การสวนยาง, 2555)

ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ เริ่มหันมาให้ความสนใจกับการปลูกยางพารา มีการผลิตและการส่งออกยางแผ่นรมควันมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณยางในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดการแข่งขันในด้านราคา ดังนั้นราคายางจึงตกต่ำ ทำให้เกษตรกรขาดความมั่นใจถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการปลูกยางพารา การพยากรณ์ทางสถิติเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยตัดสินใจและบริหารจัดการด้านความเสี่ยงต่าง ๆ เพื่อลดหรือป้องกันความเสี่ยงให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และเป็นแนวทางให้กับรัฐบาลในการจัดเตรียมมาตรการรองรับกับสถานการณ์และปัญหาราคายางตกต่ำ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหว และการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในอดีต เพื่อสร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาอย่างแผ่นรมควันชั้น 3 โดยใช้โปรแกรม SPSS (statistical package for social sciences) รุ่น 17 และ SAS (statistical analysis system) รุ่น 9 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา คือ ราคาอย่างแผ่นรมควันชั้น 3 จากเว็บไซต์ของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2555) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 108 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 จำนวน 102 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 5 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก ชุดที่ 2 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 6 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean squared error: RMSE) ที่ต่ำที่สุด

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย แสดงดังนี้

Y_t และ $\hat{Y}_t$ แทนอนุกรมเวลา และค่าพยากรณ์ ณ เวลา t ตามลำดับ

e_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ ศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n เมื่อ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทนจำนวนฤดูกาล

β_0 , β_1 และ S_t แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบแสดงระยะตัดแกน ความชันของแนวโน้ม และความผันแปรตามฤดูกาล ตามลำดับ

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

1. การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเป็นการพิจารณาในเบื้องต้นว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด มีส่วนประกอบของอนุกรมเวลาใดบ้าง ซึ่งได้แก่ แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร หรือเหตุการณ์ที่ผิดปกติ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา เพื่อความเหมาะสมของการเลือกใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป (Bowerman and O'Connell, 1993)

2. การพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

การกำหนดตัวแบบของวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ทำได้โดยการตรวจสอบคุณสมบัติฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (partial autocorrelation function: PACF) ของอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (stationary time series) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ กรณีที่อนุกรมเวลาไม่เป็นสเตชันนารี ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อนที่จะ

กำหนดตัวแบบ เช่น การแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (difference or seasonal difference) การแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ (logarithm or natural logarithm) การแปลงข้อมูลด้วยเลขยกกำลัง เช่น ยกกำลัง 0.5 (square root transformation) หรือยกกำลัง 2 (square transformation) เป็นต้น (Bowerman and O'Connell, 1993) ตัวแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ seasonal autoregressive integrated moving average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s แสดงดังสมการที่ (1) (Box et al., 1994) และขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์แสดงรายละเอียดในตารางคณาและเจ้าอัฐพาน (2556)

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

เมื่อ $\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_p(B^s)$ แทนค่าคงที่ โดยที่ μ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่เป็นสัดชันนารี

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

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (backward operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

3. การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped

อนุกรมเวลาที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มที่เป็นเส้นตรง โดยที่ยอมรับว่าความชันมีค่าลดลงตามเวลา มีความเหมาะสมกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped ซึ่งจากการคำนวณค่าความชัน (β_1) ของแนวโน้มราคาอย่างแผ่นรมคว้นชั้น 3 จำแนกข้อมูลครั้งละ 3 ปี คือ ช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2549 ช่วงเวลาที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2552 และช่วงเวลาที่ 3 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนธันวาคม 2555 พบว่า ความชันมีค่าเท่ากับ 0.9865, -0.4351 และ -0.8067 ตามลำดับ จะเห็นว่าความชันมีค่าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped จึงเป็นวิธีการพยากรณ์หนึ่งที่มีความเหมาะสม ตัวแบบและตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ (มุกดา, 2549; IBM Corporation, 2011)

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

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \sum_{i=1}^m \phi^i \quad (3)$$

$$\text{เมื่อ } a_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} + \phi b_{t-1})$$

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

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

4. การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

อนุกรมเวลาที่มีเพียงความผันแปรตามฤดูกาล โดยความผันแปรมีค่าคงที่ทุกช่วงเวลา และไม่มีส่วนประกอบของแนวโน้ม มีความเหมาะสมกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย แต่เนื่องจากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 ในรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลามีส่วนประกอบของแนวโน้ม และอาจมีความผันแปรตามฤดูกาล ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายไม่น่าจะมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ แต่ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคำสั่งของโปรแกรม SPSS คือ

Analyze → Forecasting → Create Models

และเลือกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วน of method: เป็น expert modeler พบว่า โปรแกรมได้แนะนำวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (best-fitting) เป็นวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ซึ่งผู้วิจัยได้ตรวจสอบอนุกรมเวลาชุดที่ 1 พบว่า ค่า RMSE ของวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย เท่ากับ 8.2130 8.2588 และ 7.7281 ตามลำดับ จะเห็นว่าวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีค่า RMSE ต่ำกว่าอีก 2 วิธีการพยากรณ์ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงรวมวิธีการพยากรณ์นี้ไว้ด้วย โดยมีตัวแบบและตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังสมการที่ (4) และ (5) ตามลำดับ (สมเกียรติ, 2548)

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

$$\hat{Y}_t = a_t + \hat{S}_t \quad (5)$$

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

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

α และ δ คือ ค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$ และ $0 < \delta < 1$

5. การพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ในกรณีที่วิธีการพยากรณ์เดี่ยวตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป ให้ค่าของเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงเป็นเรื่องยากสำหรับผู้วิจัยที่จะพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นวิธีการพยากรณ์รวมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากถ้าผู้วิจัยสามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้กับวิธีการพยากรณ์เดี่ยว จะทำให้ได้ค่าพยากรณ์รวมที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง (มุกดา, 2549) ณ ที่นี้ได้พิจารณาวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 3 วิธี คือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย เนื่องจากวิธีการพยากรณ์เหล่านี้มีค่า

RMSE ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงรายละเอียดแล้วในหัวข้อก่อนหน้า ดังนั้นรูปแบบของวิธีการพยากรณ์รวมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ

$$\hat{Y}_t = b_1 \hat{Y}_{1t} + b_2 \hat{Y}_{2t} + b_3 \hat{Y}_{3t} \quad (6)$$

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

$\hat{Y}_{1t}$, $\hat{Y}_{2t}$ และ $\hat{Y}_{3t}$ แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

b_1 , b_2 และ b_3 แทนค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยวด้วยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (least squares method) (Montgomery et al., 2006) ซึ่งคำนวณจากจำนวนข้อมูลพยากรณ์ในอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ณ ที่นี้คือ 101 ค่า เนื่องจากการแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ทำให้ไม่มีค่าพยากรณ์ค่าแรก

6. การพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก

จากวิธีการพยากรณ์ในหัวข้อที่ 2 – 4 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped มีค่าเท่ากับ 0.9997 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีค่าเท่ากับ 0.9919 และความสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีค่าเท่ากับ 0.9924 จะเห็นว่าวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นการวิเคราะห์ตัวประกอบหลักเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความเหมาะสมสำหรับการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยว (มุกดา, 2549) เนื่องจากการหลักของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก คือ การลดจำนวนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน โดยการสร้างเซตของตัวแปรใหม่ให้เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรเดิม ซึ่งตัวประกอบหลักตัวแรกจะมีรายละเอียดหรือข้อมูลของตัวแปรเดิมมากที่สุด และตัวประกอบหลักตัวถัดมาจะมีความสำคัญลดลงตามลำดับ (Johnson and Wichern, 1998) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงใช้ตัวประกอบหลักตัวแรกเป็นรูปแบบพยากรณ์รวม ดังนี้

$$\hat{Y}_t = b_{11} \hat{Y}_{1t} + b_{12} \hat{Y}_{2t} + b_{13} \hat{Y}_{3t} \quad (7)$$

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

$\hat{Y}_{1t}$, $\hat{Y}_{2t}$ และ $\hat{Y}_{3t}$ แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

b_{11} , b_{12} และ b_{13} แทนสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvector) ของตัวประกอบหลัก (principal component) ตัวแรก ($\mathbf{w}'_1 = [w_{11} \ w_{12} \ w_{13}]$) ซึ่งคำนวณจากจำนวนข้อมูลพยากรณ์ในอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ณ ที่นี้คือ 101 ค่า เนื่องจากการแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ทำให้ไม่มีค่าพยากรณ์ค่าแรก

$$b_{11} = \frac{w_{11}}{w_{11} + w_{12} + w_{13}}, \quad b_{12} = \frac{w_{12}}{w_{11} + w_{12} + w_{13}} \quad \text{และ} \quad b_{13} = \frac{w_{13}}{w_{11} + w_{12} + w_{13}}$$

7. การเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 โดยการเปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ดังหัวข้อที่ 2 – 6 ตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า RMSE ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย แสดงดังนี้ (จุฑามาศ, 2554)

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

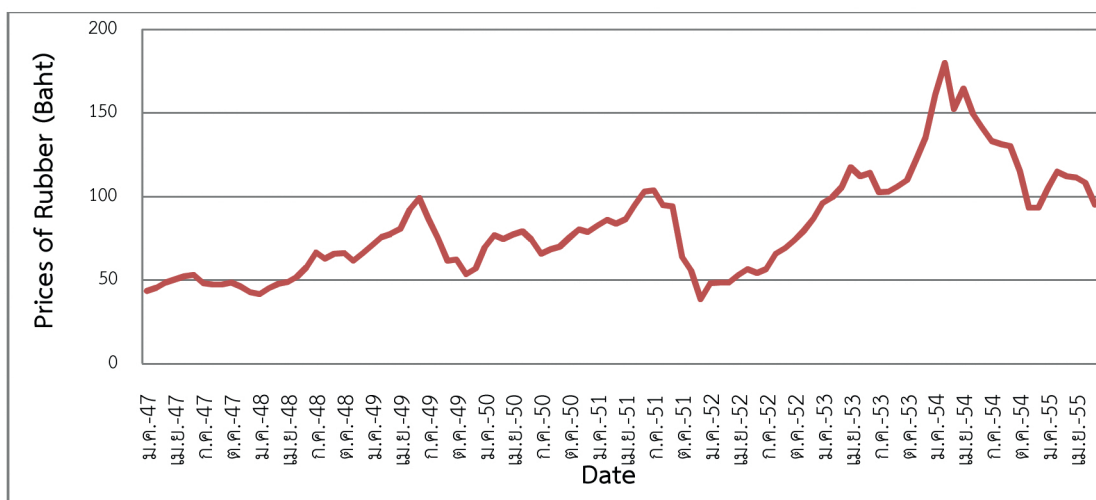
เมื่อ $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2 แทนจำนวนข้อมูลพยากรณ์ในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 จำนวน 102 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และอาจมีส่วนประกอบของฤดูกาล เนื่องจากในฤดูฝนหรือประมาณปลายปีถึงต้นปี ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 มักมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555

2. ผลการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

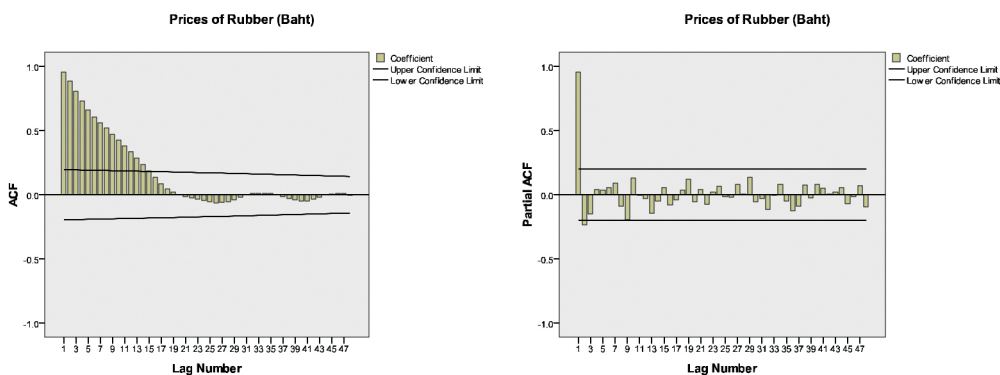
จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 ดังรูปที่ 1 กราฟ ACF และ PACF ดังรูปที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากมีแนวโน้ม โดยรูปที่ 1 ได้แสดงว่าราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะเป็นสเตชันนารี จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(0, 1, 2) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ เมื่อพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในรูปที่ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นช่วงเวลาที่ 6 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (ความสัมพันธ์ระหว่าง e_t กับ e_{t-6}) เกินจากขอบเขตเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลเสียแต่อย่างใด ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(0, 1, 2) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} + 0.218372e_{t-1} + 0.207166e_{t-2} \quad (9)$$

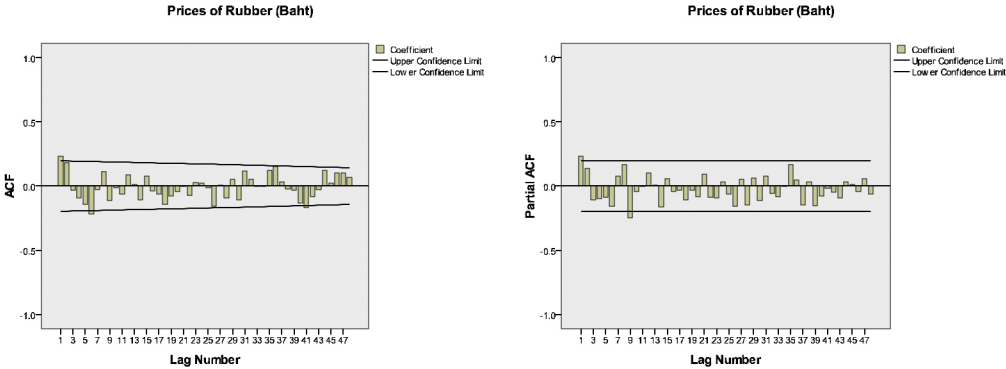
เมื่อ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_{t-1} แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา $t - 1$

e_{t-j} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t - j$



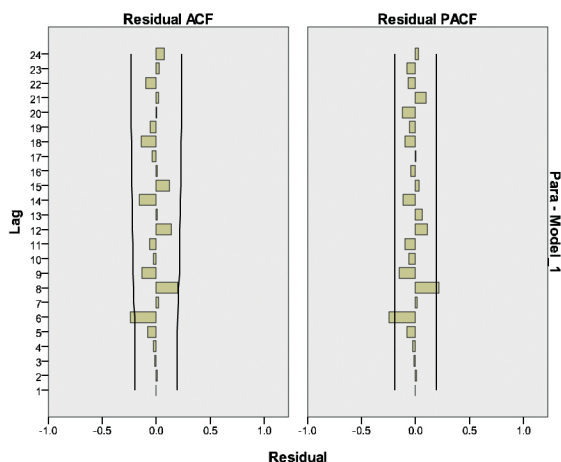
รูปที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3



รูปที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1

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

ค่าประมาณพารามิเตอร์		ARIMA(p, d, q)		
		ARIMA(1, 1, 2)	ARIMA(1, 1, 2) ไม่มีพจน์ค่าคงที่	ARIMA(0, 1, 2) ไม่มีพจน์ค่าคงที่
ค่าคงที่	ค่าประมาณ	0.460982	-	-
	p-value	0.692		
AR(1):	ค่าประมาณ	-0.176228	-0.166726	-
ϕ_1	p-value	0.701	0.714	
MA(1):	ค่าประมาณ	-0.390773	-0.383376	-0.218372
θ_1	p-value	0.383	0.388	0.031
MA(2):	ค่าประมาณ	-0.245466	-0.245705	-0.207166
θ_2	p-value	0.041	0.040	0.040
BIC		4.442	4.388	4.333
Ljung-Box Q (ณ lag 18)		23.379	23.475	23.882
p-value		0.076	0.075	0.092



รูปที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ที่มีตัวแบบ ARIMA(0, 1, 2) ไม่มีพจน์ค่าคงที่

3. ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped

ตัวแบบพยากรณ์จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 97.559883 - 11.544619 \sum_{i=1}^m (0.451428)^i \quad (10)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ ถึง 6 (เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 6 ค่า)

α , γ และ ϕ มีค่าเท่ากับ 0.83337, 0.999 และ 0.451428 ตามลำดับ

4. ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

ตัวแบบพยากรณ์จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = 89.684006 + \hat{S}_t \quad (11)$$

เมื่อ $\hat{S}_t$ แทนค่าประมาณความผันแปรตามฤดูกาล หรือค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

α และ δ มีค่าเท่ากับ 0.999007 และ 0.000491 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3

เดือน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน
ดัชนีฤดูกาล	-2.355799	3.520850	1.218627	5.556405	6.299739	5.828621
เดือน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
ดัชนีฤดูกาล	0.719881	-1.115123	-1.632623	-5.276373	-7.970123	-7.302640

5. ผลการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยวโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ตัวแบบพยากรณ์รวมดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1.25687\hat{Y}_{1t} - 1.04896\hat{Y}_{2t} + 0.79236\hat{Y}_{3t} \quad (12)$$

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

$\hat{Y}_{1t}$, $\hat{Y}_{2t}$ และ $\hat{Y}_{3t}$ แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

6. ผลการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก

จากการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก พบว่า ตัวประกอบหลักตัวแรกสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเดิม (วิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย) ได้ร้อยละ 99.65 โดยมีค่าเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvector) เป็น

$$w'_1 = [0.579633 \quad 0.581566 \quad 0.570795]$$

ดังนั้น สัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของตัวประกอบหลักตัวแรกหรือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยว คือ

$$\begin{aligned} b_{11} &= \frac{w_{11}}{w_{11} + w_{12} + w_{13}} = \frac{0.579633}{0.579633 + 0.581566 + 0.570795} = 0.334662 \\ b_{12} &= \frac{w_{12}}{w_{11} + w_{12} + w_{13}} = \frac{0.581566}{0.579633 + 0.581566 + 0.570795} = 0.335778 \\ b_{13} &= \frac{w_{13}}{w_{11} + w_{12} + w_{13}} = \frac{0.570795}{0.579633 + 0.581566 + 0.570795} = 0.329559 \end{aligned}$$

ตัวแบบพยากรณ์รวม แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = 0.334662\hat{Y}_{1t} + 0.335778\hat{Y}_{2t} + 0.329559\hat{Y}_{3t} \quad (13)$$

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

$\hat{Y}_{1t}$, $\hat{Y}_{2t}$ และ $\hat{Y}_{3t}$ แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

7. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์ของวิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์

ลักษณะเฉพาะของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก ในสมการที่ (9) ถึง (13) ตามลำดับ ได้ค่าพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ซึ่งคือ ราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 แสดงดังตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ พบว่า วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 (บาท/กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

ช่วงเวลา	ราคาจริง	ราคาที่ได้จากการพยากรณ์โดยวิธีต่าง ๆ				
		บอซ-เจนกินส์	damped	ฤดูกาลอย่างง่าย	พยากรณ์รวม (กำลังสองน้อยที่สุด)	พยากรณ์รวม (การวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก)
ก.ค. 55	92.15	92.39020	92.34832	90.40389	90.88520	91.72153
ส.ค. 55	82.07	89.73949	89.99567	88.56888	88.56745	89.43972
ก.ย. 55	85.46	89.73949	88.93362	88.05138	89.27145	88.91256
ต.ค. 55	89.46	89.73949	88.45418	84.40763	86.88721	87.55075
พ.ย. 55	81.00	89.73949	88.23774	81.71388	84.97982	86.59032
ธ.ค. 55	85.20	89.73949	88.14004	82.38137	85.61120	86.77749
RMSE		5.3891	4.7778	3.7855	3.6736	4.1594

สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 108 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 จำนวน 102 ค่า ใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบ damped วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของค่าจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของการวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก ชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 จำนวน 6 ค่า ใช้เปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ด้วยเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่ต่ำที่สุด พบว่า วิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด

จากค่าพยากรณ์ราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ได้นำเสนอไว้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 ของทุกวิธีการพยากรณ์ เป็นไปในทิศทางลดลง หมายความว่า ในอนาคตราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ยังอาจตกต่ำลงมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ดังนั้นภาครัฐควรให้ความสำคัญกับประเด็นปัญหานี้ และหาทางแก้ไขต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวีณา สุขสุวรรณ คุณดุชนี ณะละเอียด และคุณมารณี มะเย้ง นิสิตสาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ช่วยเรียบเรียงข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จุฬามาศ ศุภนคร. (2554). การพยากรณ์อนุกรมเวลาสำหรับการวางแผนการผลิตชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เครื่อง. วารสารวิชาการ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 21(3): 595-606.
- ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย (AFET). (2554). ยางแท่งเอสทีอาร์ 20 (STR20): มารู้จักกับ...ยางแท่ง, แหล่งข้อมูล: <http://www.afet.or.th/v081/thai/product/str20/>. ค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2556.
- มุกดา แม้นมิตร. (2549). อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพฯ: โพรพรินต์.
- วรางคณา กิริติวิบูลย์ และเจ๊ะอัฐพาน มาทิละ. (2556). ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมตามแนวชายฝั่ง อำเภอท่าศาลา จังหวัด นครศรีธรรมราช. วารสารวิจัย มข. 18(1): 32-50.
- สถาบันวิจัยยาง. (2556). สถิติยางไทย: พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, แหล่งข้อมูล: http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm. ค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2556.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). เทคนิคการพยากรณ์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. (2555). ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3, แหล่งข้อมูล: <http://www.rubber.co.th/menu5.php>. ค้นเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2555.
- องค์การสวนยาง. (2555). ยางแผ่นรมควันชั้น 3. องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, แหล่งข้อมูล: <http://www.reothai.co.th/Present/2555/Market/Thai/RSS3.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2556.
- Bowerman, B.L. and O'Connell, R.T. (1993). Forecasting and Time Series: An Applied Approach. (3rd ed.). California: Duxbury Press.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. (1994). Time Series Analysis: Forecasting and Control. (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W. (1998). Applied Multivariate Statistical Analysis. (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. and Vining, G.G. (2006). Introduction to Linear Regression Analysis. (4th ed.). New York: Wiley.
- IBM Corporation. (2011). IBM SPSS Statistics Information Center, Available from: <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spsstat/v20r0m0/index.jsp?>. Retrieved 29 December 2012.

