



ตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ Model for forecasting Quantity of Natural Rubber Imports

วารางคณา เรียนสุทธิ์¹

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จ.พัทลุง 93210

Warangkha Riansut¹

¹Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210 Thailand.

E-mail: warang27@gmail.com

Received: 27 September 2019 | Revised: 20 December 2019 | Accepted: 26 December 2019

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จำนวน 103 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2561 จำนวน 96 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีการพยากรณ์รวม ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จำนวน 7 ค่า นำมาใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์รวม

ABSTRACT

The purpose of this study was to construct the model for forecasting quantity of natural rubber imports. The data gathered from the website of Office of Agricultural Economics from January 2011 to July 2019 of 103 values were used and divided into 2 sets. The first set had 96 values from January 2011 to December 2018 for constructing the forecasting models by Box-Jenkins method, Holt's exponential smoothing method, Brown's exponential smoothing method, damped trend exponential smoothing method, simple seasonal exponential smoothing method, Winters' additive exponential smoothing method, Winters' multiplicative exponential smoothing method, and combined forecasting method. The second set had 7 values from January to July 2019 for comparing the accuracy of the forecasting model via the criterion of the lowest mean absolute percentage error. Research findings indicated that, the most accurate method is the combined forecasting method.

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ บ็อกซ์-เจนกินส์ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง การพยากรณ์รวม

Keywords: Natural Rubber, Box-Jenkins, Exponential Smoothing, Combined Forecasting

บทนำ

ยางธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากต้นพืชในสกุล *Hevea brasiliensis* มีต้นกำเนิดจากกลุ่มน้ำอเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ น้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยางมีลักษณะสีขาวขุ่นและมีเนื้อยางแห้งประมาณ 30% แขนงลอยอยู่ในน้ำ ยางธรรมชาติถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เนื่องจากมีสมบัติที่เยี่ยมในด้านการทนต่อแรงดึง (tensile strength) แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรงและมีความยืดหยุ่นสูงมากจึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ เป็นต้น มีสมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่นสูง ในขณะที่มีความร้อนภายในที่เกิดขณะใช้งานต่ำ และมีสมบัติการเหนียวติดกันที่ดี จึงเหมาะสำหรับการผลิตยางรถบรรทุก ยางล้อเครื่องบิน หรือใช้ผสมกับยางสังเคราะห์ในการผลิตยางรถยนต์ เป็นต้น และมีความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) สูง ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง จึงเหมาะสำหรับการผลิตยางกระเปาะน้ำร้อน เพราะในการแกะชิ้นงานออกจากเบ้าในระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องดึงชิ้นงานออกจากเบ้าพิมพ์ในขณะที่ร้อน ยางที่ใช้จึงต้องมีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดขณะร้อนสูง แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย แต่ยางธรรมชาติก็มีข้อเสียหลักคือ การเสื่อมสภาพเร็วภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความชื้น เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ (double bond) อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและโอโซน โดยมีแสงแดดและความชื้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อยืดอายุการใช้งาน (บทความวิทยาศาสตร์, ม.ป.ป.)

จากการศึกษาของวรวงคณา (2562) พบว่า ตั้งแต่ปี 2554 จนถึงปี 2562 มูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้รายงานข้อมูลสถิติว่าปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติมีแนวโน้มค่อนข้างคงตัว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562ก) แต่ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562ข) ซึ่งปริมาณการนำเข้ายางที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ยางล้นตลาดและส่งผลกระทบต่อราคายางพาราภายในประเทศของไทยตกต่ำลง ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติจะยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นนี้ตลอดไปหรือไม่ การพยากรณ์ทางสถิตินับเป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยตอบคำถามนี้ได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเริ่มสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติเข้าสู่ประเทศไทย ซึ่งพบว่า ยังไม่เคยมีนักวิจัยท่านใดได้ทำการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติไว้โดยตรง แต่พบการศึกษาที่ใกล้เคียง เช่น การศึกษาของวรวงคณา (2562) ได้ศึกษาการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตรม และวิธีการพยากรณ์รวม ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ วิธีการพยากรณ์รวม โดยผลการพยากรณ์แสดงว่ามูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติในอนาคตยังคงมีแนวโน้มลดลง การศึกษาของวรวงคณา (2559) ได้ศึกษาการพยากรณ์ราคาน้ำยางสดด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตรม และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูน ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูน โดยผลการพยากรณ์แสดงว่าราคาน้ำยางสดในอนาคตยังคงมีแนวโน้มลดลง และการศึกษาของภาณี (2551) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุปสงค์การนำเข้ายางธรรมชาติจากไทยของสาธารณรัฐเกาหลี ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลในทิศทางเดียวกัน คือ มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่แท้จริงของสาธารณรัฐเกาหลีและอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศระหว่างเงินบาทกับเงินดอลลาร์สหรัฐอเมริกา และปัจจัยที่มีอิทธิพลในทิศทางตรงข้าม คือ ราคายางธรรมชาติที่ส่งออกไปสาธารณรัฐเกาหลี

จากผลการศึกษาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติเฉลี่ยต่อเดือนจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรย้อนหลังตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2562 พบว่า นอกจากปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติจะยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังคงมีความผันผวนของการนำเข้าในแต่ละเดือนอีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562ข) ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่ควรมีการศึกษาถึงปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติในอนาคตด้วยการพยากรณ์ โดยการนำค่าพยากรณ์ที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถของหน่วยงานที่ดูแลการนำเข้ายางธรรมชาติของประเทศไทย รวมถึงใช้เป็นแนวทางให้รัฐบาลสามารถออกนโยบายในการสนับสนุนการนำเข้ายางธรรมชาติในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เศรษฐกิจของประเทศดียิ่งขึ้นต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ (กิโลกรัม) โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จำนวน 103 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2561 จำนวน 96 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จำนวน 7 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error: MAPE) ที่ต่ำที่สุด

ดำเนินการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลของอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ ดังนี้ ถ้าอนุกรมเวลาที่มีการแจกแจงปกติ (ตรวจสอบด้วยการทดสอบชาปิโร-วิลค์: Shapiro-Wilk test) และมีความแปรปรวนเท่ากัน (ตรวจสอบด้วยการทดสอบของเลวินภายใต้การใช้มัธยฐาน: Levene's test based on median) จะใช้สถิติอิงพารามิเตอร์ (parametric statistics) ซึ่งคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance: ANOVA) แต่ถ้าอนุกรมเวลาไม่มีการแจกแจงปกติหรือมีความแปรปรวนไม่เท่ากัน จะใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ (nonparametric statistics) ซึ่งคือการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวโดยลำดับที่ของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis's one-way analysis of variance by rank) ถ้าผลการตรวจสอบพบว่า อนุกรมเวลามีเฉพาะการเคลื่อนไหวจากแนวโน้ม วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่มีตัวแบบ autoregressive integrated moving average: ARIMA(p, d, q) วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตรม อนุกรมเวลามีเฉพาะอิทธิพลของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และอนุกรมเวลามีทั้งการเคลื่อนไหวจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่มีตัวแบบ seasonal autoregressive integrated moving average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีการพยากรณ์รวม (สมเกียรติ, 2548; มุกดา, 2549) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติจะมีเพียงการเคลื่อนไหวจากแนวโน้ม แต่การศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาทุกรูปแบบ เพื่อให้ครอบคลุมตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุด (วรางคณา, 2561) ตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติทั้ง 8 วิธี ที่ต้องการศึกษา แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 โดยมีความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้

\hat{Y}_t และ \hat{Y}_{t+m} แทนค่าพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ ณ เวลา t และเวลา $t + m$ ตามลำดับ โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

$\hat{\delta} = \hat{\mu}\hat{\phi}_p(B)\hat{\phi}_p(B^s)$ แทนค่าคงตัว (constant) โดยที่ $\hat{\mu}$ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่ (stationary)

$\hat{\phi}_p(B) = 1 - \hat{\phi}_1B - \hat{\phi}_2B^2 - \dots - \hat{\phi}_pB^p$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวอันดับที่ p กรณีไม่มีฤดูกาล (non-seasonal autoregressive operator of order p : AR(p))

$\hat{\phi}_p(B^s) = 1 - \hat{\phi}_1B^s - \hat{\phi}_2B^{2s} - \dots - \hat{\phi}_pB^{ps}$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวอันดับที่ p กรณีมีฤดูกาล (seasonal autoregressive operator of order p : SAR(p))

$\hat{\theta}_q(B) = 1 - \hat{\theta}_1B - \hat{\theta}_2B^2 - \dots - \hat{\theta}_qB^q$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ q กรณีไม่มีฤดูกาล (non-seasonal moving average operator of order q : MA(q))

$\hat{\theta}_q(B^s) = 1 - \hat{\theta}_1B^s - \hat{\theta}_2B^{2s} - \dots - \hat{\theta}_qB^{qs}$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ q กรณีมีฤดูกาล (seasonal moving average operator of order q : SMA(q))

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_1 โดยที่ n_1 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ($n_1 = 96$)

s แทนจำนวนฤดูกาล ซึ่งอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติเป็นข้อมูลรายเดือน ดังนั้น $s = 12$

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (backward operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$
 a_t , b_t และ \hat{S}_t แทนค่าประมาณระยะตัดแกน Y ความชันของแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา t ตามลำดับ
 α , γ , ϕ และ δ แทนค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$, $0 < \phi < 1$ และ $0 < \delta < 1$

ตารางที่ 1 ตัวแบบพยากรณ์

วิธีที่	วิธีพยากรณ์	ตัวแบบพยากรณ์
1	บ็อกซ์-เจนกินส์ (BJ)	$SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s : \hat{\phi}_p(B)\hat{\Phi}_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D \hat{Y}_t = \hat{\delta} + \hat{\theta}_q(B)\hat{\Theta}_q(B^s)e_t$ (Box et al., 1994)
2	โฮลต์ (Holt)	$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m)$ โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$ (มุกดา, 2549)
3	บราวน์ (Brown)	$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \left[(m-1) + \frac{1}{\alpha} \right]$ โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)a_{t-1}$, $b_t = \alpha(a_t - a_{t-1}) + (1-\alpha)b_{t-1}$ (IBM Corporation, 2013)
4	แดม (Damped)	$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \sum_{i=1}^m \phi^i$ โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + \phi b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)\phi b_{t-1}$ (มุกดา, 2549)
5	ฤดูกาลอย่างง่าย (SimpleS)	$\hat{Y}_t = a_t + \hat{S}_t$ โดยที่ $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)a_{t-1}$, $\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$ (สมเกียรติ, 2548)
6	วินเทอร์แบบบวก (WinterAdd)	$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m) + \hat{S}_t$ โดยที่ $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$, $\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$ (สมเกียรติ, 2548)
7	วินเทอร์แบบคูณ (WinterMul)	$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m)\hat{S}_t$ โดยที่ $a_t = \alpha \frac{Y_t}{\hat{S}_{t-s}} + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$, $\hat{S}_t = \delta \frac{Y_t}{a_t} + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$ (สมเกียรติ, 2548)
8	พยากรณ์รวม (Combined)	$\hat{Y}_t = \sum_{i=1}^k b_i \hat{Y}_{it}$ (มุกดา, 2549) โดยที่ \hat{Y}_{it} แทนค่าพยากรณ์ของวิธีที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 7$ และ b_i แทนค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least squares method) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 7$ (Montgomery et al., 2006)

จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยจะดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 8 วิธี โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17 ซึ่งวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์มีขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์ดังนี้

1. พิจารณาอนุกรมเวลาว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา (Y_t, t) ถ้าพบว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล จะสรุปว่าอนุกรมเวลามีลักษณะไม่คงที่ (non-stationary) หรือพิจารณาจากกราฟ autocorrelation function (ACF) และกราฟ partial autocorrelation function (PACF) ถ้าพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวจากกราฟ ACF และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวบางส่วนจากกราฟ PACF ตกอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่นที่กำหนด ($\pm 2/\sqrt{n_t}$) จะสรุปว่าอนุกรมเวลามีลักษณะไม่คงที่ หากพบว่าอนุกรมเวลาไม่คงที่ ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้คงที่ก่อนที่ จะทำขั้นตอนต่อไป เช่น การแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล ลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ

2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ p, q, P และ Q จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ พร้อมทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

3. ตัดพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากตัวแบบพยากรณ์ครั้งละ 1 ตัว จากนั้นจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์และประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่จนกว่าจะได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญทั้งหมด

สำหรับวิธีการปรับเทียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮสต์ วิธีการปรับเทียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการปรับเทียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการปรับเทียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับเทียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเทียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ผู้วิจัยได้ใช้คำสั่งของโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17 ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ดังนี้

Analyze → Forecasting → Create Models...

ซึ่งโปรแกรมจะกำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์มาให้ ขณะที่วิธีการพยากรณ์รวมนั้น ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) โดยกำหนดให้จุดตัดแกน Y เป็น 0 ($\beta_0 = 0$) และกำหนดให้ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการพยากรณ์ที่ 1 ถึง 7 ในตารางที่ 1 เป็นตัวแปรอิสระ และอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้าอย่างธรรมชาติชุดที่ 1 เป็นตัวแปรตาม

เมื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบความแม่นยำ โดยการเปรียบเทียบปริมาณการนำเข้าอย่างธรรมชาติของข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2562 กับค่าพยากรณ์ เพื่อคำนวณค่า MAPE โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด เกณฑ์ MAPE (สมเกียรติ, 2548) แสดงดังนี้

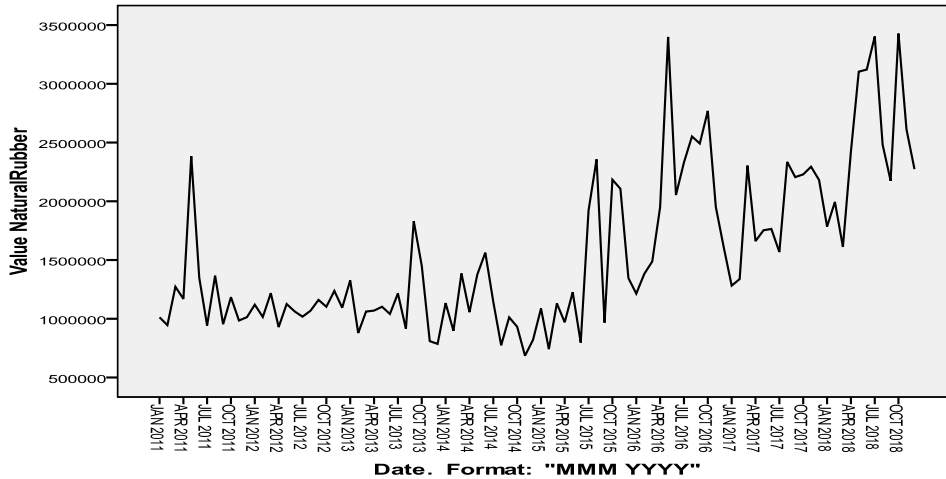
$$MAPE = \frac{100}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} \left| \frac{e_j}{Y_j} \right|$$

เมื่อ $e_j = Y_j - \hat{Y}_j$ แทนค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้าอย่างธรรมชาติ ณ เวลา j
 j แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ($n_2 = 7$)

ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์โดยพิจารณาที่ค่าเกณฑ์สารสนเทศเบย์เซียน (Bayesian information criterion: BIC) ที่ต่ำที่สุด มีค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ไม่มีนัยสำคัญ และอนุกรมเวลาของค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์มีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov's test: KS test) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบรันส์ (runs test) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที (t-test) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช้มีธฐาน หากพบว่าอนุกรมเวลาของค่าคลาดเคลื่อนมีเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งไม่เป็นจริงจะสรุปว่าตัวแบบพยากรณ์ไม่เหมาะสม และไม่สมควรนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

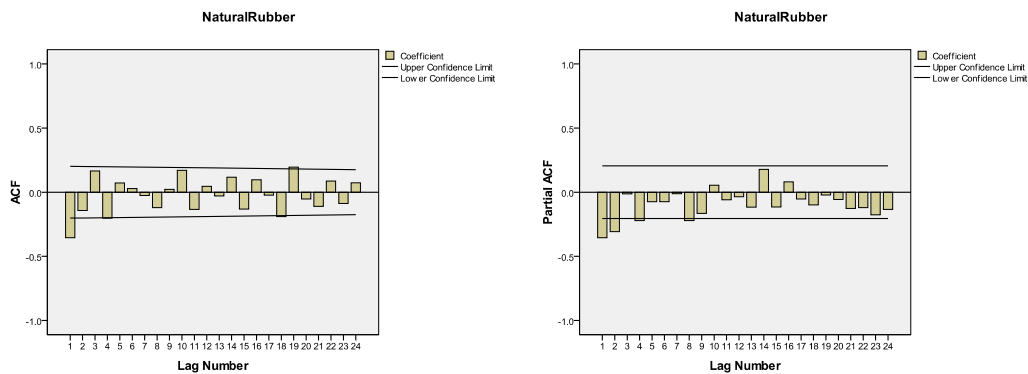
ผลการวิจัย

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้าอย่างธรรมชาติชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2561 จำนวน 96 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาล พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้าอย่างธรรมชาติในแต่ละปีไม่มีการแจกแจงปกติและมีความแปรปรวนไม่เท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ดังนั้นจึงใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวโดยลำดับที่ของครัสคอล-วอลลิสในการตรวจสอบแนวโน้ม พบว่า อนุกรมเวลามีค่ามีธฐานในแต่ละปีแตกต่างกัน ($\chi^2 = 54.342$, $p\text{-value} < 0.0001$) นั่นคือ อนุกรมเวลามีส่วนประกอบของแนวโน้ม และอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้าอย่างธรรมชาติในแต่ละเดือนมีการแจกแจงปกติและมีความแปรปรวนเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ดังนั้นจึงใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวในการตรวจสอบอิทธิพลของฤดูกาล พบว่า อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน ($F = 1.424$, $p\text{-value} = 0.117$) นั่นคือ อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2561

ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติมีเฉพาะส่วนประกอบของแนวโน้ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้เริ่มต้น คือ ตัวแบบ ARIMA(2, 1, 1)



รูปที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ เมื่อแปลงข้อมูลด้วยผลต่างลำดับที่ 1

ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์จนได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) ไม่มีพจน์ค่าคงตัว ซึ่งจากตารางที่ 1 สามารถเขียนเป็นตัวแบบของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ได้ดังนี้

$$(1-B)Y_t = (1-\theta_1B)\varepsilon_t$$

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

จากการแทนค่าประมาณพารามิเตอร์ จะได้ตัวแบบพยากรณ์ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีการพยากรณ์อื่นๆ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์

วิธีที่	วิธีพยากรณ์	ตัวแบบพยากรณ์
1	บ็อกซ์-เจนกินส์ (BJ)	ARIMA(0, 1, 1): $\hat{Y}_t = Y_{t-1} - 0.63634e_{t-1}$ โดยที่ Y_{t-1} และ e_{t-1} แทนอนุกรมเวลาและค่าคลาดเคลื่อน ณ เวลา $t - 1$ ตามลำดับ
2	โฮลต์ (Holt)	$\hat{Y}_{t+m} = 2,653,106.70582 + 16,686.60659(m)$ โดยที่ $m = 1$ แทนเดือนมกราคม 2562
3	บราวน์ (Brown)	$\hat{Y}_{t+m} = 2,436,538.62808 + 32,823.58774 \left[(m-1) + \frac{1}{0.10216} \right]$ โดยที่ $m = 1$ แทนเดือนมกราคม 2562
4	แดม (Damped)	$\hat{Y}_{t+m} = 2,649,399.99770 + 15,540.26644 \sum_{i=1}^m 0.99965^i$ โดยที่ $m = 1$ แทนเดือนมกราคม 2562
5	ฤดูกาลอย่างง่าย (SimpleS)	$\hat{Y}_t = 2,579,761.97681 + \hat{S}_t$ โดยที่ \hat{S}_t แสดงดังตารางที่ 3
6	วินเทอร์แบบบวก (WinterAdd)	$\hat{Y}_{t+m} = (2,672,188.38307 + 16,425.40948m) + \hat{S}_t$ โดยที่ $m = 1$ แทนเดือนมกราคม 2562 และ \hat{S}_t แสดงดังตารางที่ 3
7	วินเทอร์แบบคูณ (WinterMul)	$\hat{Y}_{t+m} = (2,909,035.95905 + 16,383.74435m)\hat{S}_t$ โดยที่ $m = 1$ แทนเดือนมกราคม 2562 และ \hat{S}_t แสดงดังตารางที่ 3
8	พยากรณ์รวม* (Combined)	$\hat{Y}_t = -0.17842 \text{ BJ} + 0.32383 \text{ Holt} - 0.14907 \text{ Brown} + 0.12910 \text{ SimpleS} + 0.86583 \text{ WinterAdd} + 0.00133 \text{ WinterMul}$

*โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17 แนะนำให้นำตัวแปร Damped ออกจากตัวแบบพยากรณ์ เนื่องจากมีค่า Tolerance = 0.000000249 ซึ่งเข้าใกล้ 0 หมายความว่า ตัวแปร Damped มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ สูงมาก ไม่ควรใส่เข้าไปในตัวแบบพยากรณ์

ตารางที่ 3 ดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกและแบบคูณ

เดือน	\hat{S}_t ของวิธีฤดูกาลอย่างง่าย	\hat{S}_t ของวิธีวินเทอร์แบบบวก	\hat{S}_t ของวิธีวินเทอร์แบบคูณ	เดือน	\hat{S}_t ของวิธีฤดูกาลอย่างง่าย	\hat{S}_t ของวิธีวินเทอร์แบบบวก	\hat{S}_t ของวิธีวินเทอร์แบบคูณ
มกราคม	-310,719	-220,411	0.80181	กรกฎาคม	137,240	129,072	1.02259
กุมภาพันธ์	-406,706	-332,796	0.73961	สิงหาคม	175,495	150,918	1.01317
มีนาคม	-121,684	-64,184	0.92518	กันยายน	43,923	2,951	0.92745
เมษายน	-152,313	-111,228	0.89962	ตุลาคม	354,133	296,781	1.08522
พฤษภาคม	377,930	402,596	1.18977	พฤศจิกายน	29,435	-44,272	0.87913
มิถุนายน	38,209	46,457	0.98121	ธันวาคม	-164,929	-254,952	0.77467

จากตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายของเดือนมกราคมถึงเมษายน และธันวาคมของทุกปี มีค่าน้อยกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากมีค่าดัชนีฤดูกาลน้อยกว่า 0 ของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก พบว่า ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติของเดือนมกราคมถึงเมษายน พฤศจิกายน และธันวาคมของทุกปี มีค่าน้อยกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากมีค่าดัชนีฤดูกาลน้อยกว่า 0 และของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ พบว่า ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติของเดือนมกราคมถึงเมษายน มิถุนายน กันยายน พฤศจิกายน และธันวาคมของทุกปี มีค่าน้อยกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากมีค่าดัชนีฤดูกาลน้อยกว่า 1

เมื่อใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้นในตารางที่ 2 สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จากนั้นเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับค่าจริงโดยการคำนวณค่า MAPE ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบพบว่า วิธีการพยากรณ์รวมมีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ เนื่องจากมีค่า MAPE

ต่ำที่สุด (MAPE = 11.8677) และวิธีที่มีความแม่นยำรองลงมา คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (MAPE = 11.8832)

ตารางที่ 4 ค่า MAPE ของข้อมูลชุดที่ 2

วิธีการพยากรณ์	BJ	Holt	Brown	Damped	SimpleS	WinterAdd	WinterMul	Combined
MAPE	15.7286	15.7351	15.7506	15.7349	13.1011	11.8832	13.7833	11.8677

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งพบว่า ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้นทั้ง 8 วิธี มีความเหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 5 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์

วิธีที่	วิธีการพยากรณ์	BIC	Ljung-Box Q	p-value	KS test	p-value	runs test	p-value	t-test	p-value	Levene statistic	p-value
1	BJ	26.091	19.437	0.304	1.074	0.199	0.104	0.917	0.981	0.329	1.163	0.326
2	Holt	26.125	20.510	0.198	1.154	0.140	-0.410	0.682	-0.053	0.958	1.258	0.263
3	Brown	26.122	28.076	0.044 ¹	1.111	0.170	-1.642	0.101	0.768	0.445	1.221	0.287
4	Damped	26.184	20.432	0.156	1.136	0.151	-0.410	0.682	0.011	0.991	1.256	0.264
5	SimpleS	25.855	22.082	0.141	0.909	0.381	-1.436	0.151	1.079	0.283	1.217	0.289
6	WinterAdd	25.883	24.264	0.061	0.841	0.479	-1.847	0.065	-0.125	0.901	1.281	0.250
7	WinterMul	26.047	21.118	0.133	1.238	0.093	-0.616	0.538	0.028	0.978	1.633	0.104
8	Combined	- ²	- ²	- ²	0.923	0.362	-1.340	0.180	-0.025	0.980	1.290	0.245

¹มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ผู้วิจัยได้ทดลองไม่พิจารณาพยากรณ์จากวิธี Brown ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์รวม ผลการศึกษาพบว่า ค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่า MAPE สูงกว่าตัวแบบที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้

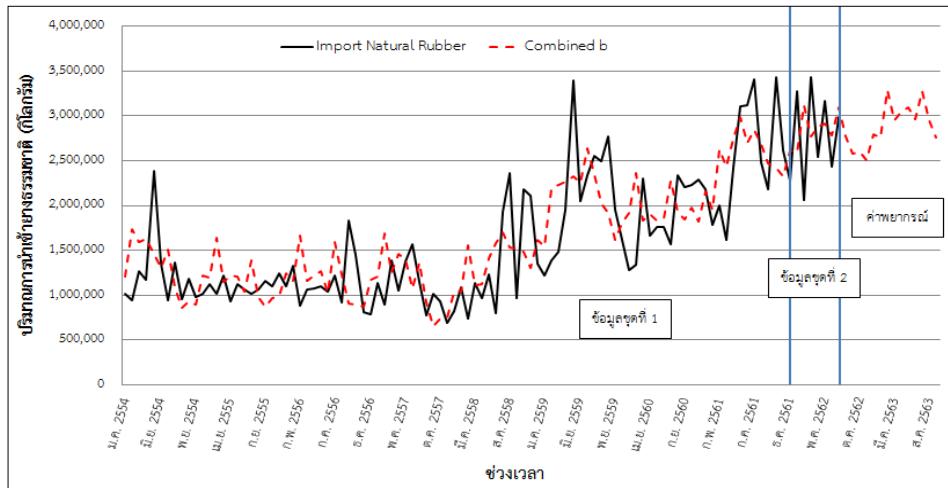
²โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17 ไม่แสดงค่าสถิติเหล่านี้ของตัวแบบพยากรณ์รวม

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้พบว่า วิธีการพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการพยากรณ์รวมมีประสิทธิภาพสูงสุด สอดคล้องกับการศึกษาของวรางคณา (2562) ที่พบว่าวิธีการพยากรณ์รวมมีประสิทธิภาพสูงสุดในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติ ซึ่งสาเหตุที่วิธีการพยากรณ์รวมมีประสิทธิภาพสูงสุดอาจเนื่องมาจากวิธีการนี้มีการรวมค่าพยากรณ์เดี่ยวตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ใหม่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยจะใช้ในการพยากรณ์ได้ดีก็ต่อเมื่อวิธีการพยากรณ์เดี่ยวมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลามากกว่า 1 วิธี (มุกดา, 2549) เมื่อใช้ตัวแบบพยากรณ์รวมในการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2563 พบว่า ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 6 และรูปที่ 3 อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 3 พบว่า ค่าพยากรณ์ของวิธีการพยากรณ์รวมมีความแตกต่างจากข้อมูลจริงมากพอสมควร อาจเนื่องมาจากค่า MAPE ของข้อมูลชุดที่ 1 มีค่าสูง (20.5489) อีกทั้งปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ และการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากปัจจัยเวลา ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากขึ้นหรือมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ ผู้วิจัยควรนำมาปรับปรุงตัวแบบเพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ สำหรับการพยากรณ์ค่าในอนาคตต่อไป

ตารางที่ 6 ค่าพยากรณ์ของปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ (กิโลกรัม) ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2563

ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์
ส.ค. 2562	2,911,780	ม.ค. 2563	2,600,397	มิ.ย. 2563	2,951,021	พ.ย. 2563	2,944,654
ก.ย. 2562	2,781,085	ก.พ. 2563	2,505,188	ก.ค. 2563	3,050,267	ธ.ค. 2563	2,751,441
ต.ค. 2562	3,090,938	มี.ค. 2563	2,790,085	ส.ค. 2563	3,088,834		
พ.ย. 2562	2,767,634	เม.ย. 2563	2,760,043	ก.ย. 2563	2,958,117		
ธ.ค. 2562	2,574,449	พ.ค. 2563	3,289,366	ต.ค. 2563	3,268,012		



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติกับค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์รวม

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จำนวน 103 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2561 จำนวน 96 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีการพยากรณ์รวม ชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2562 จำนวน 7 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์รวมมีความแม่นยำมากที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = -0.17842 \text{ BJ} + 0.32383 \text{ Holt} - 0.14907 \text{ Brown} + 0.12910 \text{ SimpleS} + 0.86583 \text{ WinterAdd} + 0.00133 \text{ WinterMul}$$

เมื่อ

BJ แทนค่าพยากรณ์จากสมการ $\hat{Y}_t = Y_{t-1} - 0.63634e_{t-1}$

Holt แทนค่าพยากรณ์จากสมการ $\hat{Y}_{t+m} = 2,653,106.70582 + 16,686.60659(m)$

Brown แทนค่าพยากรณ์จากสมการ $\hat{Y}_{t+m} = 2,436,538.62808 + 32,823.58774 \left[(m-1) + \frac{1}{0.10216} \right]$

SimpleS แทนค่าพยากรณ์จากสมการ $\hat{Y}_t = 2,579,761.97681 + \hat{S}_t$

WinterAdd แทนค่าพยากรณ์จากสมการ $\hat{Y}_{t+m} = (2,672,188.38307 + 16,425.40948m) + \hat{S}_t$

WinterMul แทนค่าพยากรณ์จากสมการ $\hat{Y}_{t+m} = (2,909,035.95905 + 16,383.74435m)\hat{S}_t$

m = 1 แทนเดือนมกราคม 2562

เอกสารอ้างอิง

- บทความวิทยาศาสตร์. (ม.ป.ป.). ยางธรรมชาติ, แหล่งข้อมูล: http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php?option=com_content&task=view&id=141&Itemid=0. ค้นเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2562.
- ภาณี สิ้นธนบดี. (2551). อุปสงค์ต่อการนำเข้ายางธรรมชาติจากไทยของสาธารณรัฐเกาหลี. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ: 60 หน้า.
- มุกดา แมนมินทร์. (2549). อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพฯ: โพรพรินต์.
- วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2559). การพยากรณ์ราคาน้ำยางสด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(2): 211-224.
- วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2561). การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคาสัมเขี้ยวหวาน โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง. Thai Journal of Science and Technology 7(5 ฉบับเสริม): 460-470.
- วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2562). การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. ัญบุรี 9(1): 115-127.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). เทคนิคการพยากรณ์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562ก). สถิติการส่งออกยางธรรมชาติ (รวม) ตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2562, แหล่งข้อมูล: http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2554&E_YEAR=2562&PRODUCT_GROUP=5265&PRODUCT_ID=&wf_search=&WF_SEARCH=Y. ค้นเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2562.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562ข). สถิติการนำเข้ายางธรรมชาติ (รวม) ตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2562, แหล่งข้อมูล: http://impexp.oae.go.th/service/import.php?S_YEAR=2554&E_YEAR=2562&PRODUCT_GROUP=5265&wf_search=&WF_SEARCH=Y#export. ค้นเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2562.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. (1994). Time Series Analysis: Forecasting and Control. (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- IBM Corporation. (2013). IBM SPSS Statistics Information Center, Available from https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_22.0.0/com.ibm.spss.statistics.algorithms/alg_tsmodel_models_exsmooth_browns.html. Retrieved 25 September 2019.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. and Vining, G.G. (2006). Introduction to Linear Regression Analysis. (4th ed.). New York: Wiley.

