

## การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ของปริมาณการผลิตกระดาษkraft

### A Comparison of Forecasting Models for Kraft Paper Production Volume

ภูติห คุ่มวงษ์ สิโรรัตน์ จันทงาม\* และรัตตชล อ่างมณี

Poodit Kumwong, Sirorath Channgam\*, and Rattachon Angmanee

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

\*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: siroruth.c@gmail.com

Received: March 14,2022

Revised: May 25,2022

Accepted: June 1,2022

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมของปริมาณการผลิตกระดาษkraft โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึง เดือนตุลาคม 2564 แบบรายเดือน จำนวน 70 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 60 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2559 ถึง เดือนธันวาคม 2563 และชุดสอง จำนวน 10 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2564 ถึง เดือนตุลาคม 2564 ข้อมูลชุดแรกใช้สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธีคือ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์ วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิลของบราวน์และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ข้อมูลชุดสองใช้สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ซึ่งมีตัวแบบการพยากรณ์เป็น ARIMA(1,1,0) ไม่มีพจน์ค่าคงที่

**คำสำคัญ:** กระดาษkraft, ปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์, ปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิลของบราวน์, บอกซ์-เจนกินส์, ตัวแบบพยากรณ์

#### Abstract

The purpose of this research is to create a suitable forecasting model of kraft paper production volume. The data is gathered from the website of the Office of

Industrial Economics during January 2016 to October 2021 amount 70 values and was divided into two sets of categories. The first category has 60 values which are Quantity of Kraft Paper production volume data during January 2016 to December 2021. The second category has 10 values which are quantity of kraft paper production volume data during January 2021 to October 2021. The first category use to construct the forecasting model with Holt's exponential smoothing, Brown's exponential smoothing, and the Box-Jenkins method. The second category for checking the accuracy of the forecasting models via the criterion of the lowest mean absolute percentage error. The results showed that the Box-Jenkins forecasting model is most suitable for this time series and the forecast model was ARIMA(1,1,0) with no constant term.

**Keywords:** Kraft paper, Holt's exponential smoothing, Brown's exponential smoothing, Box-Jenkins, Forecasting Model

## บทนำ

ในอุตสาหกรรมกระดาษของประเทศไทยมีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์กระดาษหลายประเภท เช่น กระดาษกราฟ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษแข็ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์กระดาษที่เราพบเจอในชีวิตประจำวันอยู่เสมอทั้งอาหารและสินค้าที่จำหน่ายในร้านค้าจะถูกบรรจุลงในที่บรรจุสินค้า เช่น ถุงกระดาษ กล่องกระดาษ เพื่อให้ความคุ้มครอง ป้องกันอาหารและสิ่งของที่อยู่ด้านในให้ปลอดภัย อีกทั้งสามารถเพิ่มมูลค่าให้สินค้า ไม่ว่าจะเป็น รูป ลักษณะที่สวยงาม และสะดวกต่อการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค โดยส่วนใหญ่ที่บรรจุสินค้าจะทำจากกระดาษ คือ กระดาษกราฟซึ่งเป็นกระดาษมีความแข็งแรงทนทานและยังต้องมีราคาที่ถูกเพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยสามารถนำไปตัดแปลงในรูปร่างที่แตกต่างทำให้ตัวของกระดาษนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น กล่องใส่อาหาร กระดาษห่อของขวัญ ที่คั่นหนังสือ ปกสมุด ป้ายแท็กสินค้า ถุงกระดาษกราฟ ที่ครอบแก้วกาแฟ ไปจนกระทั่งงานฝีมือต่างๆ อีกมากมาย (หงส์ไทย-โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์จากกระดาษ, 2563) จากภาพรวมของการผลิตปี 2559-2560 การผลิตกระดาษกราฟที่ขยายตัวร้อยละ 3.58 เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในการผลิตที่บรรจุสินค้าภายในประเทศ (อุตสาหกรรมกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ, 2560) และมีการผลิตอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปี 2563 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงกรกฎาคม สถิติปริมาณการผลิตกระดาษกราฟเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.04 ในขณะที่กระดาษประเภทอื่นมีปริมาณการผลิตลดลง (อุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งพิมพ์, 2563) จะเห็นได้ว่ากระดาษกราฟที่มี

ความสามารถที่เหมาะสมจะเป็นบรรทัดฐานอย่างมาก กระดาษกราฟก็ยังมีส่วนช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย ทำให้เป็นที่ต้องการทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ และเป็นที่ยอมรับตลอดมา จะเป็นผลดีอย่างมากถ้าสามารถทราบแนวโน้มปริมาณการผลิตกระดาษกราฟ

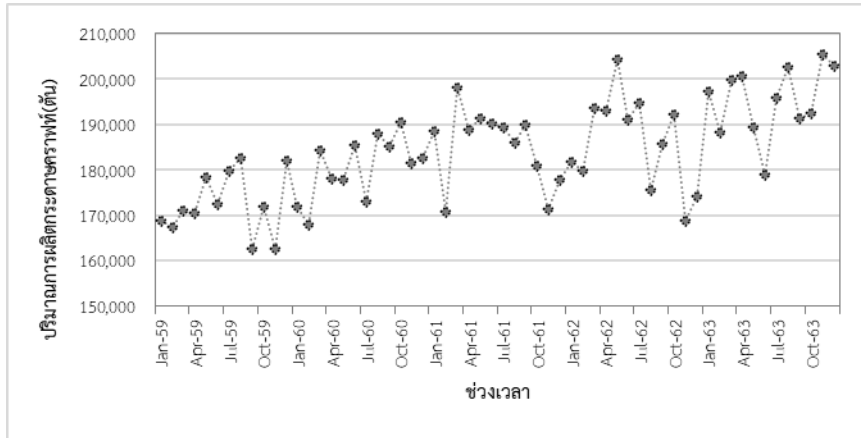
สร้างตัวแบบพยากรณ์ของปริมาณการผลิตกระดาษกราฟ โดยใช้วิธีทางสถิติจำนวน 3 วิธี คือ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์ วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิลของบราวน์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องสามารถตัดสินใจและกำหนดนโยบายการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการในอนาคตได้

### วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการผลิตกระดาษกราฟ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์ วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิลของบราวน์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์

### วิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการผลิตกระดาษกราฟ โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2564) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึงเดือนตุลาคม 2564 จำนวน 70 ค่า โดยแบ่งข้อมูลเป็นสองชุด ชุดแรก คือ เดือนมกราคม 2559 ถึงเดือนธันวาคม 2563 จำนวน 60 ค่า และชุดสอง คือ เดือนมกราคม 2564 ถึงเดือนตุลาคม 2564 จำนวน 10 ค่า โดยที่ข้อมูลชุดแรกสำหรับการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ และชุดสองสำหรับการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำและเหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าที่ต่ำที่สุดด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error : MAPE) จากการศึกษาข้อมูลชุดแรก (มกราคม 2559 ถึงเดือนธันวาคม 2563) จำนวน 60 ค่า พบว่าข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเวลาปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึงเดือนธันวาคม 2563

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างตัวแบบการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์ วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิลของบราวน์และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์

วิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์ (วราภคณา เรียนสุทธิ, 2563; ทิพรดา วาลมุลตรี, 2563; อิศริยพร หลวงหาญ, 2562) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้นตรงและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล มีค่าคงที่ 2 ตัว คือ ค่าคงที่สำหรับให้เรียบของค่าระดับ ( $\alpha$ ) และค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าความชัน ( $\gamma$ ) และตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (1)

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \tag{1}$$

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

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

เมื่อ

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

$m$  แทนช่วงจำนวนเวลาที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้า

$a_t$  แทนค่าประมาณ ณ เวลา  $t$  แสดงระยะตัดแกน  $Y$

$b_t$  แทนค่าประมาณ ณ เวลา  $t$  แสดงความชันของแนวโน้ม

$\alpha, \gamma_t$  แทนค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่  $0 < \alpha < 1$ ,  $0 < \gamma < 1$

สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ ผู้วิจัยได้พิจารณาจากเกณฑ์สารสนเทศของเบส์ (Bayesian information criterion : BIC) ที่มีค่าต่ำที่สุด แสดงถึงความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์มีค่าต่ำ สำหรับการตรวจสอบตัวแบบพยากรณ์ ได้พิจารณาจากค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ไม่มีนัยสำคัญ และความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ต้องมีลักษณะตามข้อสมมติ คือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปรกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา

2. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลระดับเบิ้ลของบราวน์

วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลระดับเบิ้ลของบราวน์ (วรางคณา เรียนสุทธิ์, 2556; จารุเดช โตจำศิลป์, และสิทธิพร พิมพ์สกุล, 2561) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้นตรงและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล มีค่าคงที่ของการปรับเรียบของค่าระดับและค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันเท่ากัน ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังสมการ (2)

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{t+m} &= a_t + b_t[(m - 1) + \frac{1}{\alpha}] \\ a_t &= \alpha Y_t + (1 - \alpha)a_{t-1} \\ b_t &= \alpha(a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha)b_{t-1} \end{aligned} \tag{2}$$

เมื่อ

- $\hat{Y}_{t+m}$  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t + m$
- $m$  แทนช่วงจำนวนเวลาที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้า
- $a_t$  แทนค่าประมาณ ณ เวลา  $t$  แสดงระยะตัดแกน  $Y$
- $b_t$  แทนค่าประมาณ ณ เวลา  $t$  แสดงความชันของแนวโน้ม
- $\alpha$  แทนค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่  $0 < \alpha < 1$

สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์จะพิจารณาเหมือนกับวิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์

3. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method)

วิธีการบอกซ์-เจนกินส์ (มุกดา แม่นมินทร์, 2549) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากใช้ผลการพยากรณ์ในระยะสั้นที่มีความแม่นยำ ในการกำหนดตัวแบบการพยากรณ์จากการตรวจสอบฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตนเอง (autocorrelation function : ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (partial autocorrelation function : PACF) ของอนุกรมเวลาแบบคงที่ (stationary time series) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ตลอดเวลา หากพบว่าอนุกรมเวลาที่มีความเคลื่อนไหวแบบไม่คงที่ (non-stationary time series) จะต้องแปลงอนุกรมเวลานั้นให้เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ก่อนการกำหนดตัวแบบ หากอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ควรแปลงอนุกรมเวลาโดยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (difference or seasonal difference) หากอนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนไม่คงที่

ควรแปลงอนุกรมเวลาโดยใช้ลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm) หรือ รากที่สอง (square root) เป็นต้น การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตัวแบบการพยากรณ์ โดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีการปรับให้เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ จากตัวแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)<sub>L</sub> แสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^L)\varepsilon_t \quad (3)$$

เมื่อ

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$  แทนกระบวนการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ p แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t + m$

$\Phi_P(B^L) = 1 - \Phi_1 B^L - \Phi_2 B^{2L} - \dots - \Phi_P B^{PL}$  แทนกระบวนการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P

$(1-B)^d$  แทนผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล อันดับ d

$(1-B^L)^D$  แทนผลต่างแบบมีฤดูกาล อันดับ D

$\delta = \phi_p(B)\Phi_P(B^L)\mu$  แทนค่าคงที่

$\mu$  แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$  แทนกระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล อันดับ q

$\Theta_Q(B^L) = 1 - \Theta_1 B^L - \Theta_2 B^{2L} - \dots - \Theta_Q B^{QL}$  แทนกระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล อันดับ Q

$B$  แทนตัวดำเนินการถอยหลัง โดยที่

$\varepsilon_t$  แทน Gaussian white noise ณ เวลา t โดยที่เป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนคงที่ในทุกเวลา t

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ จากการพิจารณากราฟของ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่คงที่และประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ โดยทำการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนต้องมีความเป็นอิสระต่อกันด้วยสถิติทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov's test) สำหรับการตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันจะพิจารณาแผนภาพการกระจายระหว่งค่าความคลาดเคลื่อนกับเวลา สำหรับการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ด้วยการทดสอบที (t-test) และความแปรปรวนคงที่ด้วยการทดสอบของเลวีเนียนภายใต้การใช้มัธยฐาน (Levene's test based on median) ถ้าไม่ผ่านการตรวจสอบ จะต้องกลับไปดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง

เพื่อให้ได้ตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม ในกรณีที่ไม่มีตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากกว่าหนึ่งตัวแบบการพยากรณ์ สามารถพิจารณาจาก (Bayesian Information Criterion : BIC) ที่มีค่าต่ำที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 พยากรณ์อนุกรมเวลาล่วงหน้า ด้วยตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

การเปรียบเทียบความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์

ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์จะใช้ข้อมูลชุดสอง คือ ปริมาณการผลิตกระดาษคราฟท์ตั้งแต่เดือนมกราคม 2564 ถึงเดือนตุลาคม 2564 จำนวน 10 ค่า กับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบการพยากรณ์จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยพิจารณาจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ที่มีค่าต่ำที่สุด โดยเกณฑ์ทั้งสองคำนวณได้ดังสมการ (4)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \times 100 \quad (4)$$

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

### ผลและอภิปรายผลการวิจัย

ในการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ใช้ข้อมูลชุดแรก คือ ปริมาณการผลิตกระดาษคราฟท์ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึงเดือนธันวาคม 2563 จำนวน 60 ค่า มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีของโฮลด์พบว่า BIC = 18.220 และค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 22.352, p-value=0.133) หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.08, p-value=0.2) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z-test = -0.260, p-value = 0.795) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t-test = 0.148, p-value = 0.883) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.652, p-value = 0.652) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (5)

$$\hat{Y}_{t+m} = 190893.7 + 0.057(m) \tag{5}$$

$\alpha$  และ  $\gamma$  มีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.0000003 ตามลำดับ

2. ผลการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิ้ลของ บราวน์

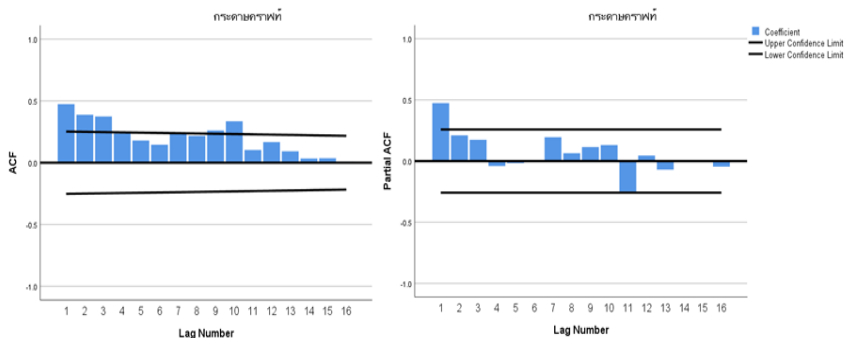
จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีของบราวน์ พบว่า BIC = 18.262 และค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 23.528, p-value=0.200) หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปรกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.074, p-value=0.2) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z-test = -1.823, p-value = 0.068) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t-test = 0.062, p-value = 0.951) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.496, p-value = 0.896) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (6)

$$\hat{Y}_{t+m} = 192710.753 + 732.077[(m - 1) + \frac{1}{0.10216}] \tag{6}$$

$\alpha$  มีค่าเท่ากับ 0.10216

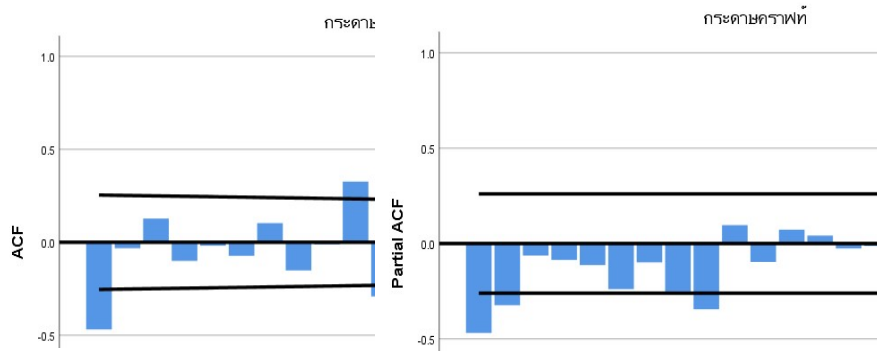
3. ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เมื่อพิจารณากราฟของ ACF และ PACF พบว่าอนุกรมเวลาจำนวนการผลิตกระดาษคราฟท์ไม่คงที่ ยังมีส่วนประกอบของแนวโน้ม แต่ไม่มีส่วนประกอบของฤดูกาล ทำให้ค่าเฉลี่ยไม่คงที่ ดังภาพที่ 2 ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลหาผลต่าง (d=1) เมื่ออนุกรมเวลาจำนวนการผลิตกระดาษคราฟท์มีลักษณะที่คงที่แล้ว แสดงดังภาพที่ 3 ดังนั้นสามารถกำหนดตัวแบบการพยากรณ์ที่เป็นไปได้



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของปริมาณการผลิตกระดาษคราฟท์





ภาพที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของปริมาณการผลิตกระดาษกราฟท์ เมื่อแปลงข้อมูลด้วยผลต่างลำดับที่ 1

เมื่ออนุกรมเวลาจำนวนการผลิตกระดาษกราฟท์มีลักษณะที่คงที่แล้ว จะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์

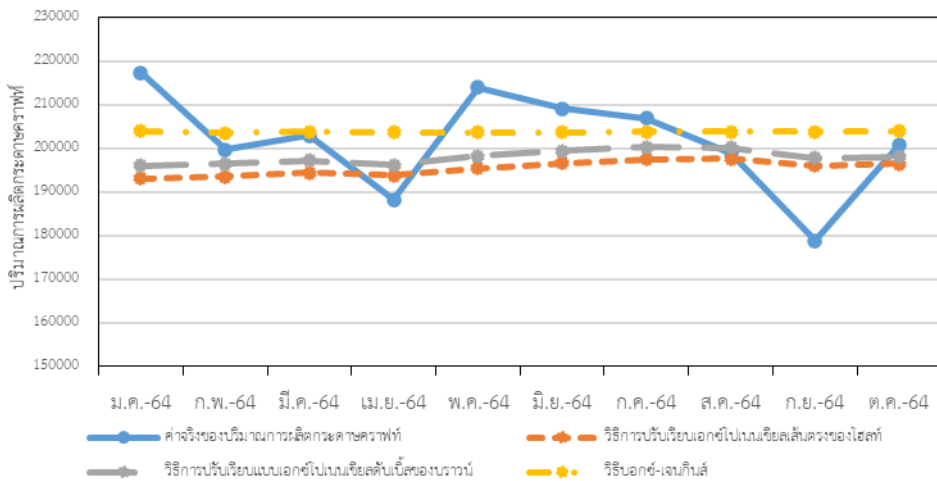
ค่าพารามิเตอร์	ตัวแบบ ARIMA(p,d,q)					
	(1,1,0)	(1,1,0) ไม่มีพจน์ ค่าคงที่	(0,1,1)	(0,1,1) ไม่มีพจน์ ค่าคงที่	(1,1,1)	(1,1,1) ไม่มีพจน์ ค่าคงที่
BIC	18.532	18.489	18.221	18.257	18.308	18.321
Ljung-Box Q (ณ lag 18)	26.052	24.381	15.076	23.109	14.841	18.546
p-value	0.074	0.109	0.509	0.146	0.536	0.293
ค่าคงที่	3203.039	-	3340.724	-	3291.545	-
p-value	0.115	-	0.008	-	0.015	-
$\phi_1$	-0.485	-0.457	-	-	0.072	0.193
p-value	0.000	0.000	-	-	0.628	0.190
$\theta_1$	-	-	0.998	0.999	1.00	0.996
p-value	-	-	0.383	0.816	0.982	0.218

จากตารางที่ 1 จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญ 0.05 มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือตัวแบบ ARIMA(1,1,0) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการที่ (7)

$$Z_t = -0.457Z_{t-1} \tag{7}$$

เมื่อ  $Z_t = Y_t - Y_{t-1}$  และ  $\theta_1$  มีค่าเท่ากับ -0.457

จากการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์จากทั้ง 3 วิธีพบว่าค่าพยากรณ์จากวิธีโดยบอกซ์-เจนกินส์ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด แสดงดังภาพที่ 4 และเมื่อพิจารณาค่า MAPE พบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์มีค่าต่ำที่สุด (MAPE = 4.350) แสดงว่าวิธีบอกซ์-เจนกินส์มีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการผลิตกระดาษคราฟท์ และวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำรองลงมา คือ วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลดับเบิลของบราวน์ (MAPE = 4.605) และวิธีการปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของโฮลท์ (MAPE = 5.296)



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการผลิตกระดาษคราฟท์และค่าพยากรณ์จากทั้ง 3 วิธี

## เอกสารอ้างอิง

- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2563). *อุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งพิมพ์*. สืบค้นจาก <https://api.dtn.go.th/files/v3/5f7310c1ef414044663ede07/download>
- จารุเดช โดจำศิลป์ และสิทธิพร พิมพ์สกุล. (2561). ตัวแบบการพยากรณ์เพื่อการวางแผนการสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล. *วิศวกรรมลาดกระบัง*. 35(2): 22-32.
- ทิพรดา วาลมุลตรี. (2563). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในปราสาทเมืองต่ำอำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี*. 8(1): 119-132.
- มุกดา แม่นมินทร์. (2549). *อนุกรมเวลาและการพยากรณ์*, โพรพรินตัง, กรุงเทพฯ.
- วรางคณา เรียนสุทธิ. (2556). ตัวแบบพยากรณ์ราคาขายปลีกน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*. 18(3): 1-10.
- วรางคณา เรียนสุทธิ. (2563). ตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ายางธรรมชาติ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*. 48(1): 165-156.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2564). *ปริมาณการผลิตกระดาษkraft*. สืบค้นจาก <https://indexes.oie.go.th/industrialStatistics1.aspx>
- หงส์ไทย-โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์จากกระดาษ. (2563). *กระดาษkraft (Kraft Paper) คือ??*. สืบค้นจาก <https://hongthaipackaging.com/blog/kraft-paper-is/#Kraft Paper>
- ศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน. (2560). *อุตสาหกรรมกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ*. สืบค้นจาก [https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2017/10/IN\\_paper\\_3\\_60\\_detail.pdf](https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2017/10/IN_paper_3_60_detail.pdf)
- อิสริยพร หลวงหาญ. (2562). ตัวแบบสำหรับการพยากรณ์การจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่เหมาะสมด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล. ใน *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. 583-587.