

การพยากรณ์ราคาขายทองคำแท่ง Forecasting the Sale Prices of Gold Bar

วารางคณา เรียนสุทธิ์*

Warangkha Riansut*

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

วันที่ส่ง : 6 กรกฎาคม 2559 วันที่แก้ไข : 5 ตุลาคม 2559 วันที่ตอบรับ : 22 ธันวาคม 2559

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของราคาขายทองคำแท่งด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก โดยใช้อนุกรมเวลาราคาขายทองคำแท่งเฉลี่ยต่อเดือนจากเว็บไซต์ของสมาคมค้าทองคำ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 114 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2558 จำนวน 108 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 6 ค่า สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด

คำสำคัญ : ทองคำแท่ง บ็อกซ์-เจนกินส์ การทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

Abstract

The objective of this research is to construct the appropriate forecasting model of the gold bar prices by the methods of Box-Jenkins, Holt's exponential smoothing, Brown's exponential smoothing, and damped trend exponential smoothing. Time series data consist of the average selling prices per month of gold bar obtained from the website of Gold Trades Association during January 2007 to June 2016 with total 114 values. The data are divided into two series; the first is from January 2007 through December 2015 with 108 values used to construct the models, the second is from January through June 2016 with 6 values used to examine the accuracy of forecasting models, using mean absolute

*ที่อยู่ติดต่อ. โทรศัพท์: 074-609-600 ต่อ 2573 โทรสาร: 074-693-995 E-mail: warang27@gmail.com

percentage error (MAPE) and root mean squared error (RMSE) as the criteria of comparison. The results show that for all forecasting methods that have been studied, Holt's exponential smoothing method is the most suitable for this time series.

Keywords: gold bar, Box-Jenkins, exponential smoothing, mean absolute percentage error (MAPE), root mean squared error (RMSE).

1. บทนำ

ทองคำเป็นที่รู้จักกันในสังคมมนุษย์มาเป็นเวลานาน ในยุคโบราณทองคำถูกนำมาใช้เป็นเครื่องตกแต่งในพิธีกรรมทางศาสนา หรือเพื่อเป็นสัญลักษณ์ของความมั่งคั่ง ความรุ่งเรือง [1] ปัจจุบันทองคำยังคงเป็นสินทรัพย์ที่นักลงทุนเชื่อมั่นว่าจะไม่ด้อยค่าในระยะยาว และเป็นเครื่องประกันความเสี่ยงด้านเงินเฟ้อ ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเมื่อราคาสินค้าอุปโภค บริโภคปรับตัวสูงขึ้น มูลค่าของทองคำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการถือทองคำจึงเป็นเครื่องมือขดเคยการเพิ่มขึ้นของราคาสินค้าได้อย่างดี นอกจากนี้ทองคำยังเป็นสินทรัพย์ที่สำคัญในทุนสำรองระหว่างประเทศ หรือเป็นกองทุนสะสมของรายได้ประชาชาติอีกด้วย [2]

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ราคาทองคำ ดังนี้ วราฤทธิ์ [3] ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาทองคำรูปพรรณรายวันระหว่างวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวม โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ที่มีตัวแบบ ARIMA (0, 2, 1) มีความเหมาะสมมากที่สุด อัญญา [4] ได้ศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในตลาดออสเตรเลียโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม คือ AR(1) AR(3) AR(5) MA(1) MA(3) MA(5) นิภาพร [5] ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบข้อมูลการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาทองคำแท่งในประเทศไทย และเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในประเทศไทย ราคาทองคำแท่งในตลาดโลก และอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ระหว่างข้อมูลรายวันและข้อมูลรายเดือน ผลการศึกษาพบว่า ราคาทองคำแท่งในตลาดโลก ปริมาณการนำเข้าทองคำของไทย และปริมาณการผลิตทองคำของโลกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับราคาทองคำแท่งในประเทศไทย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ขณะที่ผลการศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในประเทศไทย ราคาทองคำแท่งในตลาดโลก และอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ พบว่า ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างจากข้อมูลรายวันมีความแม่นยำมากกว่าที่สร้างจากข้อมูลรายเดือน เอกชัย [2] ได้ศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ราคาทองคำด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง เพื่อสร้างเครื่องมือในการคาดการณ์ทิศทางราคาทองคำ ผลการศึกษาพบว่า การใช้ข้อมูลรายวันมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ขนาดของราคาทองคำมากที่สุด ในขณะที่การใช้ข้อมูลรายเดือนและรายไตรมาสจะให้ความแม่นยำในด้านการพยากรณ์ทิศทางการเคลื่อนไหวของราคาทองคำได้ต่ำกว่า นอกจากนี้ผลของการพยากรณ์อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามชุดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ตลอดจนช่วงเวลาที่น่ามาพยากรณ์ รวมถึงปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจหรือ

สถานการณ์แวดล้อมเชิงมหภาคอื่นๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อตัวแบบพยากรณ์ จนทำให้ผลการพยากรณ์ไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้

จากวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า การพยากรณ์ราคาทองคำโดยใช้ข้อมูลรายวันมีความแม่นยำในการพยากรณ์ “ขนาด” ในขณะที่ข้อมูลรายเดือนและรายไตรมาสมีความแม่นยำในการพยากรณ์ “ทิศทาง” ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่เป็นที่นิยม ได้แก่ วิธีบอช-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลราคาขายทองคำแท่งรายเดือน และใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีบอช-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม เพื่อประโยชน์ในการพยากรณ์ทิศทางของราคาขายทองคำแท่ง และเป็นแนวทางในการรักษาเสถียรภาพของราคา รวมถึงการวางแผน การกำหนดนโยบายการนำเข้าทองคำแท่งของประเทศต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากเว็บไซต์ของสมาคมค้าทองคำ [6] เป็นอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่งเฉลี่ยต่อเดือน (บาท) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 114 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2558 จำนวน 108 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 4 วิธี ที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ได้แก่ วิธีบอช-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของ บราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก เนื่องจากได้พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ของข้อมูลชุดที่ 1 แล้วพบว่า วิธีเหล่านี้เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 6 ค่า นำมาใช้ในการตรวจสอบความแม่นยำ (Accuracy) ของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ MAPE และเกณฑ์ RMSE ที่ต่ำที่สุด

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย แสดงดังนี้

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

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

e_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงตัวทุกช่วงเวลา

β_0 และ β_1 แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบแสดงระยะตัดแกน และความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

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

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

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_1 โดยที่ n_1 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

รายละเอียดของแต่ละวิธีการพยากรณ์ แสดงดังนี้

2.1 การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

การกำหนดตัวแบบของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ทำได้โดยการตรวจสอบคุณสมบัติฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ของอนุกรมเวลาที่คงที่ (Stationary Time Series) กรณีที่อนุกรมเวลาไม่คงที่ ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้คงที่ก่อนที่จะกำหนดตัวแบบ [7] ตัวแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s แสดงดังสมการที่ (1) [8] และขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์แสดงรายละเอียดในตารางคณา [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 $\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_P(B^s)$ แทนค่าคงตัว โดยที่ μ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่

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

$\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps}$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองอันดับที่ P กรณีมีฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Operator of Order P : SAR(P))

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

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

d และ D แทนลำดับที่ของผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

s แทนจำนวนฤดูกาล

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

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ คือ ความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk's Test) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยพิจารณาจากการทดสอบรันส์ (Runs Test) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที (t-Test) และมีความแปรปรวนคงตัวทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบของเลวีเน่ ภายใต้การใช้ค่ามัธยฐาน (Levene's Test based on Median)

2.2 การพยากรณ์โดยวิธีทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง

การพยากรณ์โดยวิธีทำให้เรียบ (Smoothing Method) คือ การพยากรณ์โดยใช้ค่าสังเกตจากอดีตส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์ ซึ่งน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะแตกต่างกัน เหตุผลสำคัญที่มีการใช้วิธีทำให้เรียบ เนื่องจากอนุกรมเวลาอาจเกิดความผันแปรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ทำให้ไม่เห็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาอื่นๆ ซึ่งวิธีทำให้เรียบจะช่วยลดอิทธิพลของความผันแปรดังกล่าวได้ ดังนั้นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาแต่ละส่วนจึงปรากฏชัดเจนขึ้น ทำให้สามารถพยากรณ์ค่าของอนุกรมเวลาในอนาคตได้ สำหรับวิธีทำให้เรียบนั้นมีวิธีการหลายวิธี และการใช้งาน

จะขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา ซึ่งวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีเฉพาะส่วนประกอบของแนวโน้ม มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

การทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล มีค่าคงตัวการทำให้เรียบ 2 ตัว คือ ค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าระดับ (Level: α) และค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าความชัน (Trend: γ) ตัวแบบเขียนได้ดังสมการที่ (2) และตัวแบบพยากรณ์เขียนได้ดังสมการที่ (3) [10]

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

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

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

2.2.2 วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์

การทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาลเช่นเดียวกับการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ แต่มีการกำหนดให้ค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าระดับและค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าความชันเท่ากัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์เป็นกรณีพิเศษของการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ ตัวแบบเขียนได้ดังสมการที่ (2) และตัวแบบพยากรณ์เขียนได้ดังสมการที่ (4) [11]

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \left[(m-1) + \frac{1}{\alpha} \right] \quad (4)$$

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

2.2.3 วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก

การทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่ไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มที่เป็นเส้นตรง โดยที่ยอมรับว่าความชันมีค่าลดลงตามเวลา มีค่าคงตัวการทำให้เรียบ 3 ตัว คือ ค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าระดับ (α) ค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าความชัน (γ) และค่าคงตัวการทำให้เรียบของค่าความชันแบบแฉก (Damped Trend) (ϕ) [11] ตัวแบบเขียนได้ดังสมการที่ (2) และตัวแบบพยากรณ์เขียนได้ดังสมการที่ (5) [12]

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \sum_{i=1}^m \phi^i \quad (5)$$

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

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เช่นเดียวกับวิธีบอกซ์-เจนกินส์

2.3 การตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้ตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์จากวิธีการทั้งหมด 4 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตร โดยทำการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งของข้อมูลชุดที่ 2 คือ อนุกรมเวลาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 6 ค่า ได้ค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ (Error: e_t) เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) มีสูตรแสดงดังสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ [10] วิธีการพยากรณ์ได้มีค่า MAPE และค่า RMSE ต่ำที่สุด คือ วิธีที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด

$$MAPE = \frac{100}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} e_t^2} \quad (7)$$

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

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_2 โดยที่ n_2 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

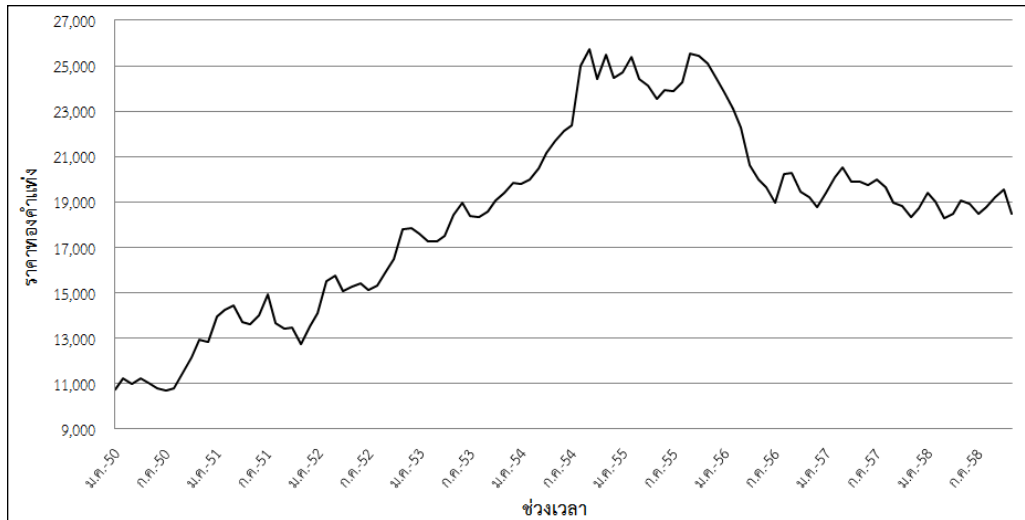
2.4 การพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง

จากการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตร เมื่อทราบว่าตัวแบบพยากรณ์ได้มีค่า MAPE และค่า RMSE ต่ำที่สุด จะใช้ตัวแบบพยากรณ์นั้นสำหรับการพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2559 ต่อไป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 คือ ราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2558 จำนวน 108 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้มทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง โดยราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนกันยายน 2555 แนวโน้มมีลักษณะเพิ่มขึ้น และตั้งแต่เดือนตุลาคม 2555 เป็นต้นมา แนวโน้มราคาทองคำแท่งมีลักษณะลดลง อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนไหวของราคาทองคำแท่งไม่ปรากฏส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล



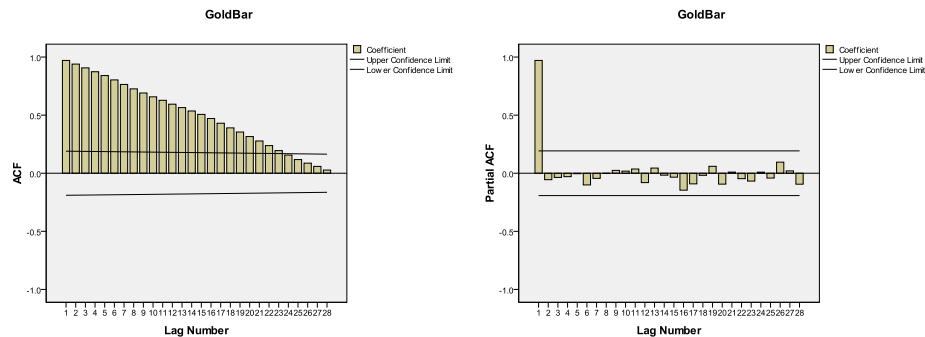
รูปที่ 1. ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่ง
ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2558

จากกราฟ ACF และ PACF ดังรูปที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่คงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ ARIMA (0, 1, 0) พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ซึ่งคือ ค่าคงตัว (δ) มีค่าเท่ากับ 70.52336 มีค่า BIC เท่ากับ 13.020 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 13.403, p-value = 0.767) เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.981, p-value = 0.132) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: $Z = -2.428$, p-value = 0.015) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t \approx 0$, p-value ≈ 1) และมีความแปรปรวนคงตัวทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.674, p-value = 0.759) ดังนั้นตัวแบบ ARIMA (0, 1, 0) มีความเหมาะสม ซึ่งจากสมการที่ (1) สามารถเขียนตัวแบบได้ดังนี้

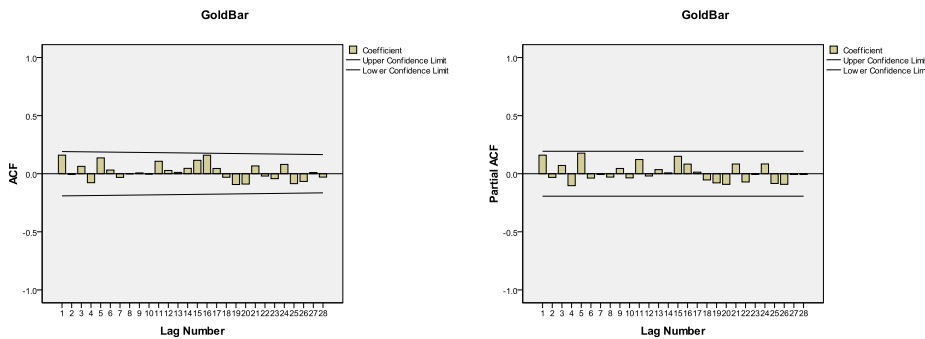
$$\hat{Y}_t = 70.52336 + Y_{t-1} \quad (8)$$

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

Y_{t-1} แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา $t - 1$



รูปที่ 2. กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่ง



รูปที่ 3. กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่ง เมื่อแปลงข้อมูลด้วยผลต่างลำดับที่ 1

3.2 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง

3.2.1 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 13.064 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 13.473, p-value = 0.638) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.981, p-value = 0.138) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = -2.320, p-value = 0.020) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = -0.276, p-value = 0.783) และมีความแปรปรวนคงตัวทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.676, p-value = 0.758) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 18,282.00984 + 83.566(m) \quad (9)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m = 1 ถึง 6 (เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559)

α และ γ มีค่าเท่ากับ 0.99997 และ 0.00092 ตามลำดับ

3.2.2 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 13.177 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 23.252, p-value = 0.141) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.984, p-value = 0.218) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = -1.547, p-value = 0.122) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = -0.148, p-value = 0.882) และมีความแปรปรวนคงตัวทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.785, p-value = 0.655) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 18,518.84508 - 260.11526 \left[(m-1) + \frac{1}{0.57886} \right] \quad (10)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m = 1 ถึง 6 (เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559)
 α มีค่าเท่ากับ 0.57886

3.2.3 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 13.098 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 10.650, p-value = 0.777) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk = 0.975, p-value = 0.043) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = -1.547, p-value = 0.122) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = 0.933, p-value = 0.353) และมีความแปรปรวนคงตัวทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.859, p-value = 0.582) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 18,282.00916 - 208.58687 \sum_{i=1}^m (0.1889)^i \quad (11)$$

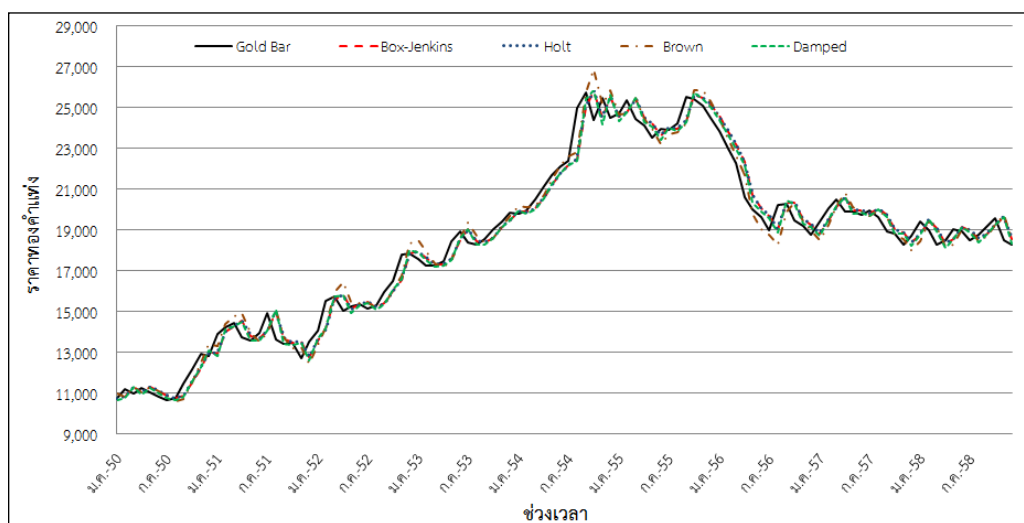
เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m = 1 ถึง 6 (เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559)
 α , γ และ ϕ มีค่าเท่ากับ 0.99973, 0.88961 และ 0.1889 ตามลำดับ

3.3 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

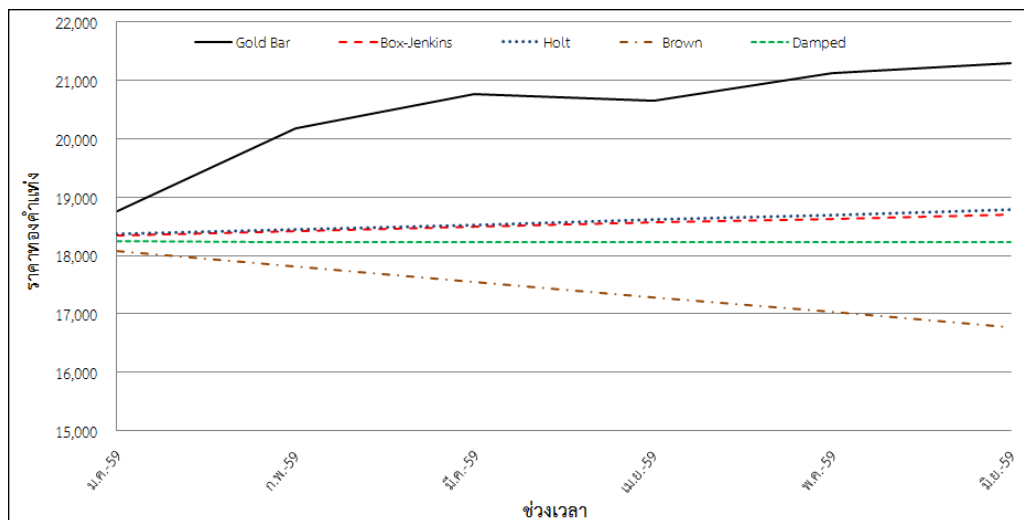
จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบอซ-เจนกินส์ ในสมการที่ (8) โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ ในสมการที่ (9) โดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ ในสมการที่ (10) และโดยวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ในสมการที่ (11) สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 6 ค่า ได้ค่าพยากรณ์ ค่า MAPE และค่า RMSE แสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 4 ถึง 5 ผลการตรวจสอบพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่า MAPE และค่า RMSE ต่ำที่สุด จึงมีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์

ตารางที่ 1. ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของราคาทองคำแท่ง (บาท) ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 ค่า MAPE และค่า RMSE

ช่วงเวลา	ราคาทองคำแท่ง	ราคาทองคำแท่ง จากการพยากรณ์โดยวิธี			
		บอกซ์-เจนกินส์	โฮลต์	บราวน์	แดม
มกราคม 2559	18,768.00	18,352.52	18,365.58	18,069.49	18,242.61
กุมภาพันธ์ 2559	20,177.08	18,423.05	18,449.14	17,809.37	18,235.16
มีนาคม 2559	20,764.81	18,493.57	18,532.71	17,549.26	18,233.76
เมษายน 2559	20,663.64	18,564.09	18,616.27	17,289.14	18,233.49
พฤษภาคม 2559	21,126.00	18,634.62	18,699.84	17,029.03	18,233.44
มิถุนายน 2559	21,305.77	18,705.14	18,783.41	16,768.91	18,233.43
MAPE		9.3341	9.1148	14.6600	10.7476
RMSE		2,073.0869	2,023.6216	3,296.1907	2,386.2491



รูปที่ 4. การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่งชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2558 และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติ



รูปที่ 5. การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่งชุดที่ 2
ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติ

3.4 ผลการพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง

จากการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ซึ่งพบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการนี้ในการพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2559 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ค่าพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง (บาท) ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2559

ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์
กรกฎาคม 2559	18,866.97	ตุลาคม 2559	19,117.67
สิงหาคม 2559	18,950.54	พฤศจิกายน 2559	19,201.24
กันยายน 2559	19,034.10	ธันวาคม 2559	19,284.80

4. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่ง โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนจากเว็บไซต์ของสมาคมค้าทองคำ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 114 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนธันวาคม 2558 จำนวน 108 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 4 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 จำนวน 6 ค่า สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ MAPE และเกณฑ์ RMSE ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์

มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่า MAPE และค่า RMSE ต่ำที่สุด จึงมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในอนาคตต่อไป โดยตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 18,282.00984 + 83.566(m)$$

เมื่อ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า โดยมีค่าเริ่มต้น คือ เดือนมกราคม 2559 ($m = 1$)
เมื่อใช้วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ ในการพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2559 ได้ค่าพยากรณ์เป็น 18,866.97, 18,950.54, 19,034.10, 19,117.67, 19,201.24 และ 19,284.80 บาท ตามลำดับ ซึ่งผลการพยากรณ์ครั้งนี้ พบว่า ราคาขายทองคำแท่งเป็นไปในทิศทางเพิ่มขึ้น โดยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของเอกชัย [2] ที่สรุปว่า ทองคำเป็นสินทรัพย์ที่สามารถเชื่อมั่นว่าจะไม่ด้อยค่าในระยะยาว และเป็นเครื่องประกันความเสี่ยงด้านเงินเฟ้อ ดังนั้นการถือทองคำจึงเป็นเครื่องมือชดเชยการเพิ่มขึ้นของราคาสินค้า และเป็นที่น่าสนใจสำหรับนักลงทุนที่ต้องการเก็งกำไรต่อไป อย่างไรก็ตาม จากผลการใช้ตัวแบบการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ราคาทองคำแท่ง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2559 พบว่า ค่าพยากรณ์ของทุกเดือนจะมีค่าต่ำกว่าค่าจริง ดังนั้นผู้นำตัวแบบการพยากรณ์ไปใช้ประโยชน์ควรระมัดระวังประเด็นนี้ด้วย อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของราคาทองคำแท่ง อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ราคาทองคำในตลาดโลก ดัชนีราคาผู้บริโภค อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ ปริมาณการนำเข้าทองคำของไทย ปริมาณการผลิตทองคำของโลก ราคาน้ำมัน คุณภาพสินค้า ภาวะเศรษฐกิจ การกีดกันทางการค้า และความต้องการของตลาด [2, 4] ดังนั้นไม่ควรจะพยากรณ์ราคาทองคำแท่งออกไปไกลมากนัก และเมื่อมีราคาที่เป็นปัจจุบันมาเพิ่มเติม ควรนำมาปรับปรุงตัวแบบพยากรณ์ด้วย

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] สมาคมค้าทองคำ. 2559. ประวัติศาสตร์ทองคำ, แหล่งข้อมูล : <http://www.goldtraders.or.th/PageView.aspx?page=6>. ค้นเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2559. [Gold Traders Association. 2016. Gold History. Data source : <http://www.goldtraders.or.th/PageView.aspx?page=6>. Access on : July1, 2016. (in Thai)]
- [2] เอกชัย นิตยาเกษตรวัฒน์. 2553. การพยากรณ์ราคาทองคำด้วยวิธี ARIMA. *วารสารบริหารธุรกิจนิด้า*, 7(2), 28-51. [Aekkachai Nittayagasetwat. 2010. Application of ARIMA Models to Forecast the Gold Prices. *NIDA Business Journal*, 7(2), 28-51. (in Thai)]
- [3] วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2549. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาทองคำรูปพรรณรายวันระหว่างวิธีการพยากรณ์ของโฮลต์ วิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวม. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 14(2), 9-16. [Wararit Panichkitkosolkul. 2006. A Comparison of Forecasting Method of Daily Jewellery Gold Prices: Holt's Forecast Method, Box-Jenkins Method and Combined Forecast Method. *Naresuan University Journal*, 14(2), 9-16. (in Thai)]

- [4] อัญชา ไชยพัฒน์. 2550. การพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในตลาดออสเตรเลียโดยวิธีอาร์มา. การค้นคว้าแบบอิสระ, เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [Anchana Chaiphut. 2007. Gold Bullion Price Forecasting in Australian Market by ARIMA Method. Independent Study, Master of Economics, Chiang Mai University. (in Thai)]
- [5] นิภาพร ลิ้มกุลสวัสดิ์. 2552. การเปรียบเทียบข้อมูลการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งโดยวิธีอาร์มา. สารนิพนธ์, เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. [Nipaporn Limkulsawat. 2009. Comparison of Information for Gold Price Forecasting by ARIMA Method. Thesis, Master of Economics, Srinakharinwirot University. (in Thai)]
- [6] สมาคมค้าทองคำ. 2559. ราคาทองคำแท่งถั่วเฉลี่ย, แหล่งข้อมูล: <http://www.goldtraders.or.th/AvgPriceList.aspx>. ค้นเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2559. [Gold Traders Association. 2016. Average Gold Bare Price. Data source : <http://www.goldtraders.or.th/PageView.aspx?page=6>. Access on : July1, 2016. (in Thai)]
- [7] Bowerman, B.L. and O'Connell, R.T. 1993. Forecasting and Time Series: An Applied Approach. 3rd ed, Duxbury Press, California.
- [8] Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. 1994. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 3rd ed, Prentice Hall, New Jersey.
- [9] วรางคณา กิรติวิบูลย์. 2559. ตัวแบบพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคปอดอักเสบในประเทศไทย. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา*, 11(1), 24-38. [Warangkhan Keerativibool. 2016. Forecasting Model for the Number of Patients with Pneumonia in Thailand. *The Public Health Journal of Burapha University*, 11(1), 24-38. (in Thai)]
- [10] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. 2548. เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา. [Somkiat Ket-iam. 2005. Forecasting Technique. 2nd ed, Thaksin University, Songkhla. (in Thai)]
- [11] มุกดา แมนมินทร์. 2549. อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. โพรฟรินติ้ง, กรุงเทพฯ. [Mookda Manmin. 2006. Time Series and Forecasting. Foreprinting, Bangkok. (in Thai)]
- [12] IBM Corporation. 2016. IBM SPSS Statistics Information Center, Source: <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spssstat/v20r0m0/index.jsp?>. Retrieved July 1, 2016.