

ชื่อเรื่อง การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายวันระหว่าง
วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์
ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี และวิธีการพยากรณ์รวม

Title **A Comparision of Forecasting Methods for Daily Gold Prices:
Box– Jenkins Method, Holt’s Forecast Method, Gardner-
Mckenzie’s Forecast Method and Combined Forecast Method**

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา
E-mail: yupin_kan@utcc.ac.th
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญหญิง สมร่วง
E-mail: boonying_som@utcc.ac.th
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา เศรษฐะนันท์
E-mail: luckhana_sao@utcc.ac.th
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนี ทวีสกุลวัชร
E-mail: sunee_tha@utcc.ac.th
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายวันในประเทศไทย และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี และวิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และการ์ดเนอร์-แมคเคนซี โดยพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) ผลการวิจัยพบว่า การพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายวันโดยวิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MSE และ MAPE ต่ำที่สุด โดยมีตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA(0,2,1) และตัวแบบพยากรณ์คือ $\hat{Y}_n(l) = 2\hat{Y}_n(l-1) - \hat{Y}_n(l-2) - 0.99996982 e_{n+l-2}(1)$ โดยที่ $\hat{Y}_n(l-j) = y_{n+l-j}$ สำหรับ $l-j \leq 0$; $l = 1, 2, \dots$; $j = 1, 2$ และ $e_{n+l-2}(1) = 0$ เมื่อ $l \geq 2$

คำสำคัญ : ราคาทองคำแท่ง การพยากรณ์ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา

Abstract

This research aims to study the suitable forecasting models for the daily gold prices and to compare four methods of forecasting. The methods are Box–Jenkins method, Holt’s forecast method, Gardner-Mckenzie’s forecast method and Combined forecast based on Holt and Gardner-Mckenzie’s forecast method. Results show that Box–Jenkins method gives the lowest Mean Square Error (MSE) and the lowest Mean Absolute Percent Error (MAPE). The suitable forecasting model is ARIMA(0,2,1) and the forecasting equation is $\hat{Y}_n(l) = 2\hat{Y}_n(l-1) - \hat{Y}_n(l-2) - 0.99996982 e_{n+l-2}(1)$ where $\hat{Y}_n(l-j) = y_{n+l-j}$ for $l-j \leq 0$; $l = 1, 2, \dots$; $j = 1, 2$ and $e_{n+l-2}(1) = 0$ for $l \geq 2$

Keywords : gold prices, Forecasting, Time series analysis

บทนำ

ทองคำเป็นโลหะมีค่าชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มโลหะประเภทเดียวกับเงินและแพลตินัม โดยเป็นแร่ธาตุตามธรรมชาติซึ่งค่อนข้างหายาก และมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่มีความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาสูง และไม่เกิดออกซิไดซ์กับอากาศ จึงทำให้ทนต่อการผุกร่อน และสามารถเก็บรักษาโดยคงรูปลักษณะดั้งเดิมไว้ได้นาน ประกอบกับทองคำมีความสวยงามเป็นเอกลักษณ์ที่ไม่สามารถปลอมแปลงได้ง่ายๆ จึงนิยมนำมาใช้ทำเป็นเครื่องประดับ อีกทั้งยังเป็นทรัพย์สินที่ใช้เป็นทุนสำรองระหว่างประเทศ โดยหน่วยของน้ำหนักทองคำที่ใช้ทั่วไปคือกรัม และออนซ์ ส่วนในประเทศไทยนิยมใช้น้ำหนักเป็นบาท โดยหนึ่งบาทมีค่าเท่ากับ 15.2 กรัม หรือประมาณ 0.5 ออนซ์ (คู่มือเรื่องทอง, 2548)

ทองคำมีสถานะทางเศรษฐกิจ 2 ประการ คือ ทองคำที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของเงินสำรองระหว่างประเทศ รับผิดชอบหรือถือครองโดยธนาคารกลางของแต่ละประเทศ และทองคำที่เป็นสินค้าที่มีการซื้อขายโดยทั่วไปสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น อุตสาหกรรมเครื่องประดับ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือการสื่อสารโทรคมนาคม ฯลฯ รวมทั้งสามารถใช้เป็นการสะสมความมั่งคั่งที่เรียกว่าสิ่งมีค่าเช่นเดียวกับอัญมณี และงานศิลปะที่มีค่าอื่นๆ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบเศรษฐกิจ (รู้จักบัญชีไทย, 2551)

ปัจจุบันการซื้อขายทองคำแห่งประเทศไทยได้รับการยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่ม จึงเป็นสิ่งดึงดูดให้ประชาชนซื้อทองคำแท่งไว้เพื่อเป็นแหล่งออมทรัพย์ อีกทั้งทองคำแท่งยังไม่ต้องเสียค่ากำเหน็จเช่นเดียวกับทองคำรูปพรรณ และทองคำแท่งยังมีส่วนต่างของราคารับซื้อและราคาขายประมาณ 100 บาท ซึ่งน้อยกว่าทองคำรูปพรรณ จึงทำให้การซื้อทองคำเพื่อการลงทุนหรือเก็งกำไรมักจะทำในรูปทองคำแท่งมากกว่าทองคำรูปพรรณ การเก็งกำไรในราคาทองคำมีหลายช่องทางเช่น ซื้อขายทองคำแท่งจริงๆ ผ่านร้านค้าทอง ซื้อขายหน่วยลงทุนของกองทุนที่เกี่ยวกับทองคำ ซื้อขายสัญญาล่วงหน้าทองคำหรือโกลด์ฟิวเจอร์ส และซื้อขายทองคำออนไลน์

สำหรับการซื้อขายทองคำแท่งจริงๆ ผ่านร้านค้าทองนั้นโดยทั่วไปร้านค้าทองมี 2 ลักษณะ กล่าวคือ ลักษณะร้านค้าทองขนาดใหญ่มักจะผลิตทองคำแท่งและทองรูปพรรณภายใต้ชื่อและยี่ห้อของร้าน เพื่อเป็นการรับประกันการขายและแลกเปลี่ยนในราคาที่ไม่ลดลงมากนัก ร้านค้าเหล่านี้จะตั้งอยู่ในแหล่งค้าทองดั้งเดิมของไทยในแถบเยาวราชและขยายสาขาออกไปทั่วไป รวมทั้งในห้างสรรพสินค้า ลักษณะที่สองเป็นร้านค้าทอง

ขนาดกลางและขนาดเล็กจะตั้งอยู่ในย่านชุมชน ตลาดสด และห้างสรรพสินค้า มักมีช่างทองประจำร้านเพียงหนึ่งหรือสองคนเพื่อผลิตทองคำรูปพรรณบางส่วนและมีการสั่งซื้อแบบสำเร็จรูปจากร้านค้าขนาดใหญ่ เพื่อมาจำหน่ายอีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นร้านค้าลักษณะใดก็ตาม จะจำหน่ายทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในราคาตามที่สมาคมผู้ค้าทองคำกำหนดในแต่ละวัน ดังนั้นการมีตัวแบบและวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะสามารถลดความเสี่ยงของความผิดพลาดจากการตัดสินใจซื้อขายทองคำของนักลงทุน ผู้ประกอบการและผู้ที่สนใจ อีกทั้งยังช่วยให้การบริหารจัดการ การวางแผน การดำเนินการมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการพยากรณ์ราคาทองคำพบว่าวราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล(2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาทองคำรูปพรรณรายวันระหว่างวิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์บอซซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวมโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2546 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2548 ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมคือ ARIMA(0,2,1) และวิธีการพยากรณ์ของบอซซ์-เจนกินส์มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่นๆ และนิภาพร ลิ้มกุลสวัสดิ์ (2552) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาทองคำแท่งในประเทศไทย และเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในประเทศไทยและในตลาดโลก ระหว่างข้อมูลรายวันและข้อมูลรายเดือน โดยใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม 2549 ถึงวันที่ 29 ธันวาคม 2550 และข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2550 ผลการศึกษาพบว่า ราคาทองคำแท่งในตลาดโลก ปริมาณการนำเข้าทองคำของไทยและปริมาณการผลิตทองคำโลก มีความสัมพันธ์ทางบวกกับราคาทองคำแท่งในประเทศไทย และพบว่าโดยวิธีการพยากรณ์ของบอซซ์-เจนกินส์ แบบจำลองการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งในประเทศไทยที่สร้างจากข้อมูลรายวันมีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลองพยากรณ์ที่สร้างจากข้อมูลรายเดือน

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาถึงลักษณะการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงของราคาทองคำแท่ง โดยหาตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายวัน และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี และวิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และการ์ดเนอร์-แมคเคนซี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อให้ทราบถึงตัวแบบที่เหมาะสมที่ใช้ในการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายวันในประเทศไทย
2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี และวิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และการ์ดเนอร์-แมคเคนซี

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. การจัดเตรียมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์เป็นราคาทองคำแท่งรายวันจันทร์ถึงเสาร์ ตั้งแต่ วันที่ 2 มกราคม 2551 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553 จำนวน 808 วัน ที่มาของแหล่งข้อมูล คือ เว็บไซต์ <http://www.ranthon.com/webboard/gp.php> ซึ่งแสดงข้อมูลราคาซื้อขายทองคำในแต่ละวัน และใช้ข้อมูลราคาทองคำแท่งรายวันตั้งแต่วันที่ 2 สิงหาคม 2553 ถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2553 เป็นข้อมูลทดสอบผลของการใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ช่วยในการวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) ของวิธีพยากรณ์ 4 วิธีคือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี และวิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และ การ์ดเนอร์-แมคเคนซี

2.1 วิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box, et al., 1994) เป็นวิธีที่ใช้สำหรับเลือกรูปแบบที่เหมาะสมให้กับ อนุกรมเวลา โดยพิจารณาจากสหสัมพันธ์ระหว่าง Y ที่คาบเวลา t (Y_t) และที่คาบเวลาที่ผ่านมา (Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots) เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจะใช้ตัวแบบนี้ในการพยากรณ์ Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots ในอนาคต อนุกรมเวลาที่จะกำหนด รูปแบบโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสถานะนิ่ง (Stationary data series) เท่านั้น ซึ่ง หมายถึง คงที่ในค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วม ไม่แปรผันตามเวลา

ดังนั้นขั้นตอนของวิธีบอกซ์-เจนกินส์ที่สำคัญประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

(1) ตรวจสอบสถานะนิ่งโดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลา และจากกราฟฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ ตัวอย่าง (Sample Autocorrelation Function: SACF) แทนด้วย r_k

(2) ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าอนุกรมเวลาไม่อยู่ในสถานะคงที่ในค่าเฉลี่ย จะทำการแปลงเป็นอนุกรมเวลา ชุดใหม่ $\{W_t\}$ ที่มีลักษณะคงที่ในค่าเฉลี่ย โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา และถ้าไม่คงที่ในความแปรปรวน จะแปลงอนุกรมเวลาด้วยการใส่ \ln หรือรากที่สอง เป็นต้น

(3) กำหนดตัวแบบที่คาดว่าจะเหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาโดยพิจารณาจากกราฟ SACF และ SPACF (Sample Partial Autocorrelation Function: SPACF) แทนด้วย r_{kk}

(4) ประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการที่เลือกไว้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ จากกราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง (residuals: $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$) ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ จะได้ตัวแบบอนุกรมเวลาที่เรียกว่า ตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) และตัวแบบที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นตัวแบบ ARIMA(p,d,q) มีรูปแบบดังนี้

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_q(B)a_t$$

$$\text{โดยที่} \quad \phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

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

ϕ_1, \dots, ϕ_p คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Autoregressive Coefficients)

$\theta_1, \dots, \theta_q$ คือ สัมประสิทธิ์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Coefficients)

B คือ ตัวดำเนินการถอยหลังเวลา (Backward Shift Operator) นั่นคือ $B^m Y_t = Y_{t-m}$

d คือ จำนวนครั้งของการทำผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสถานะคงที่ ในค่าเฉลี่ย

p คือ อันดับของตัวแบบการถดถอย

q คือ อันดับของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

a_t คือ ตัวแปรสุ่มอิสระและมีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนคงที่

ให้เท่ากับ σ_a^2 เรียก a_t ว่า กระตุกสุ่ม (Random Shocks)

2.2 วิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ (มานพ, 2552) เป็นวิธีการหนึ่งในกลุ่มวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล เหมาะกับอนุกรมเวลาที่อัตราการเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มความชันเป็นเส้นตรง

ตัวแบบพยากรณ์ค่าจริง Y_{t+l} แบบจุดที่เวลา $t+l$ จากเวลาปัจจุบัน t ($t = 1, 2, \dots, l$) เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_t(l) = \hat{\mu}_t + l\hat{\beta}_t, \quad l = 1, 2, \dots$$

โดย $\hat{\mu}_t$ เป็นค่าประมาณระดับ $\hat{\mu}_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(\hat{\mu}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1})$

$\hat{\beta}_t$ เป็นค่าประมาณแนวโน้ม $\hat{\beta}_t = \gamma(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + (1-\gamma)\hat{\beta}_{t-1}$

2.3 วิธีการพยากรณ์ของการ์ตเนอร์-แมคเคนซี (มานพ, 2552) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่อัตราการเพิ่มขึ้นในขนาดถูกหน่วง ไม่ได้เพิ่มเป็นแนวชันเส้นตรงตลอด ดังนั้นวิธีการของการ์ตเนอร์-แมคเคนซีจะเพิ่ม "ตัวประกอบหน่วง ϕ ($0 < \phi < 1$)"

ตัวแบบพยากรณ์ค่าจริง Y_{t+l} แบบจุดที่เวลา $t+l$ จากเวลาปัจจุบัน t ($t = 1, 2, \dots, l$) เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_t(l) = \hat{\mu}_t + \left(\frac{1-\phi^l}{1-\phi} \right) \phi \hat{\beta}_t, \quad l = 1, 2, \dots$$

โดย $\hat{\mu}_t$ เป็นค่าประมาณระดับ $\hat{\mu}_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(\hat{\mu}_{t-1} + \phi \hat{\beta}_{t-1})$

$\hat{\beta}_t$ เป็นค่าประมาณแนวโน้ม $\hat{\beta}_t = \gamma(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + (1-\gamma)\phi \hat{\beta}_{t-1}$

2.4 วิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และการ์ตเนอร์-แมคเคนซี วิธีการของโฮลท์เหมาะกับอนุกรมเวลาที่อัตราการเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเป็นแนวชันเส้นตรง ส่วนวิธีการของการ์ตเนอร์-แมคเคนซีเหมาะกับอนุกรมเวลาที่อัตราการเพิ่มขึ้นในขนาดถูกหน่วง ไม่ได้เพิ่มเป็นแนวชันเส้นตรงตลอด ดังนั้นวิธีการพยากรณ์รวมจึงเป็นวิธีการที่จะช่วยลดความเสี่ยงจากการพยากรณ์ด้วย 2 วิธีดังกล่าว โดยวิธีการพยากรณ์รวมนั้นจะเป็นการเฉลี่ยค่าพยากรณ์จาก 2 วิธีโดยถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ที่ได้จากการพยากรณ์ของทั้ง 2 วิธี

โดยที่

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$$

3. การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธีจะพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE)

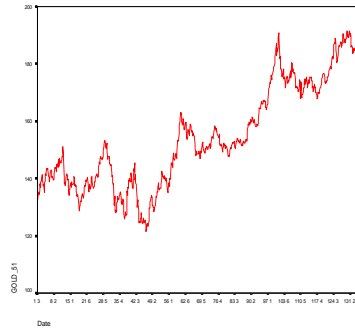
โดยที่

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|$$

ผลการวิจัย

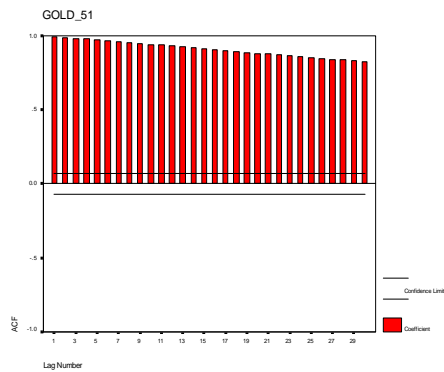
1. วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

(1) ตรวจสอบสมภาวะนิ่ง จากกราฟ (t, Y_t) ซึ่งแสดงอนุกรมเวลาราคาทองคำแห่งรายวันตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2551 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553 พบว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคาทองคำแห่งมีแนวโน้ม แสดงถึงความไม่คงที่ในค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา ดังรูปที่ 1



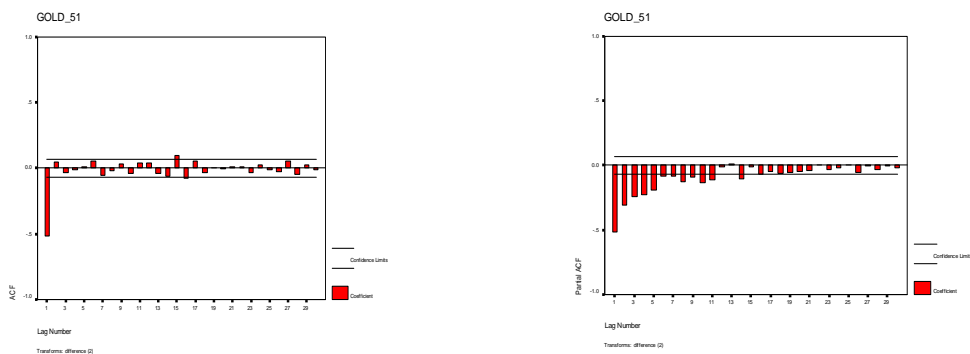
รูปที่ 1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาราคาทองคำแห่ง

(2) เมื่อพิจารณาจากกราฟ SACF พบว่าการเคลื่อนไหวของ r_k มีลักษณะลดลงช้า แสดงว่าอนุกรมเวลาอยู่ในสถานะไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย



รูปที่ 2 กราฟ SACF ของอนุกรมเวลาราคาทองคำแห่ง

(3) จากกราฟอนุกรมเวลาและกราฟ SACF แสดงว่าอนุกรมเวลาอยู่ในสถานะไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย จึงต้องแปลงข้อมูลโดยการหาผลต่าง และในกรณีนี้หาผลต่าง 2 ครั้งได้กราฟ SACF และ SPACF ของอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นดังนี้



รูปที่ 3 กราฟ SACF และ SPACF ของอนุกรมเวลาราคาทองคำแห่งที่ทำการหาผลต่าง 2 ครั้ง

(3) กำหนดตัวแบบที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากกราฟ SACF และ SPACF ของอนุกรม เวลาชุดใหม่พบว่า r_k มีค่าเป็น 0 เมื่อ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{kk} มีค่าลดลงเร็วใกล้ศูนย์เมื่อ k มีค่ามากขึ้น ดังนั้นตัวแบบที่เหมาะสมคือ $ARIMA(p,d,q) = ARIMA(0,2,1)$ มีรูปแบบดังนี้

$$(1-B)^2 Y_t = (1-\theta B)a_t$$

$$Y_t - 2BY_t + B^2 Y_t = a_t - \theta B a_t$$

$$Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} = a_t - \theta a_{t-1}$$

$$Y_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} - \theta a_{t-1} + a_t$$

(4) จากตัวแบบที่กำหนด $ARIMA(0,2,1)$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ค่าพารามิเตอร์ดังผลลัพธ์ข้างล่างนี้

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
MA1	.99996982	.22119846	4.5206906	.00000709

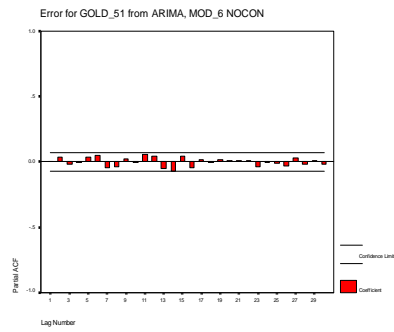
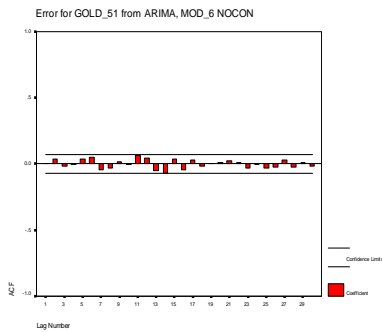
ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์สำหรับ $t = n+1$ จะได้ว่า

$$\hat{Y}_n(l) = 2\hat{Y}_n(l-1) - \hat{Y}_n(l-2) - 0.99996982 e_{n+l-2} \quad (1)$$

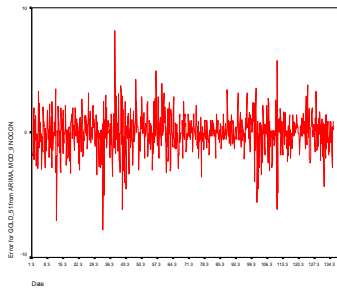
โดยที่ $\hat{Y}_n(l-j) = y_{n+l-j}$ สำหรับ $l-j \leq 0; l = 1, 2, \dots; j = 1, 2$

และ $e_{n+l-2}(1) = 0$ เมื่อ $l \geq 2$

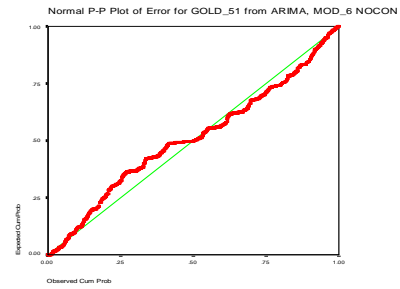
(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยตรวจสอบจากกราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง พบว่า r_k และ r_{kk} ตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกค่า lag ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง



รูปที่ 5 กราฟของส่วนตกค้าง



รูปที่ 6 กราฟ P-P Plot ของส่วนตกค้าง

เมื่อพิจารณากราฟของส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยคงที่รอบค่าศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ และเมื่อตรวจสอบการแจกแจงของส่วนตกค้างจากกราฟ P-P Plot ดังรูปที่ 6 พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ แสดงว่าตัวแบบที่กำหนดมีความเหมาะสมแล้ว

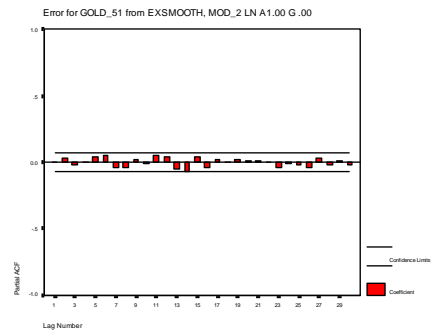
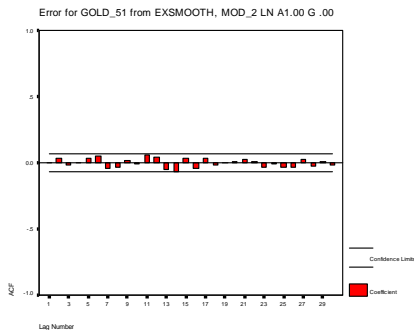
2. วิธีพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์จะเลือกค่า α และ γ อยู่ระหว่าง 0 – 1 โดยทดลองให้เพิ่มค่าขึ้นครั้งละ 0.01 และเลือกค่า α และ γ ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุด ผลการวิเคราะห์ได้ค่า $\alpha = 1$ และ $\gamma = 0$ ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ค่าจริง Y_{t+1} แบบจุดที่เวลา $t+1$ จากเวลาปัจจุบัน t ($t = 1, 2, \dots, 1$) เป็นดังนี้

$$\hat{Y}_t(l) = \hat{\mu}_t + l\hat{\beta}_t \quad \text{เมื่อ } l = 1, 2, \dots \quad \text{ซึ่ง } \hat{\mu}_t = Y_t \quad \text{และ} \quad \hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{t-1}$$

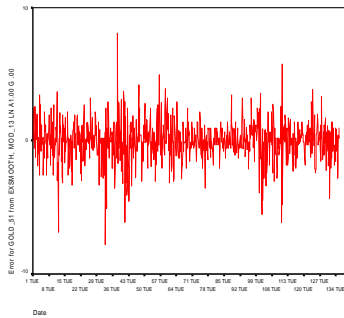
$$\text{กำหนด } \hat{\mu}_0 = 131.97026 \quad \text{และ} \quad \hat{\beta}_0 = 0.05948$$

ผลการพยากรณ์เมื่อตรวจสอบจากกราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง พบว่า r_k และ r_{kk} ตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกค่า lag ดังรูปที่ 7

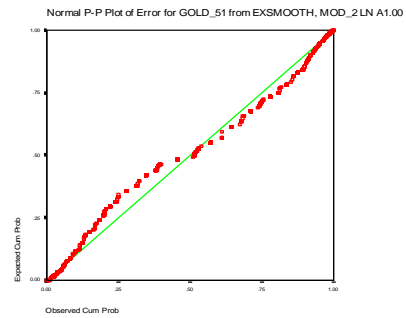
เมื่อพิจารณากราฟของส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยคงที่รอบค่าศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ และเมื่อตรวจสอบการแจกแจงของส่วนตกค้างจากกราฟ P-P Plot ดังรูปที่ 9 พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ แสดงว่าตัวแบบที่กำหนดมีความเหมาะสมแล้ว



รูปที่ 7 กราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง



รูปที่ 8 กราฟของส่วนตกค้าง



รูปที่ 9 กราฟ P-P Plot ของส่วนตกค้าง

3. วิธีพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี

วิธีการพยากรณ์จะเลือกค่า α และ γ อยู่ระหว่าง 0 - 1 และเลือกค่า ϕ อยู่ระหว่าง 0.1 - 0.9 โดยทดลองให้เพิ่มค่าขึ้นครั้งละ 0.01 ซึ่งค่า α γ และ ϕ ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุดคือ $\alpha = 0.85$ $\gamma = 1.0$ และ $\phi = 0.18$

ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ค่าจริง Y_{t+l} แบบจุดที่เวลา $t+l$ จากเวลาปัจจุบัน t ($t = 1, 2, \dots, l$) เป็นดังนี้

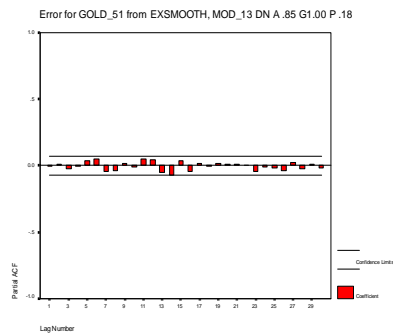
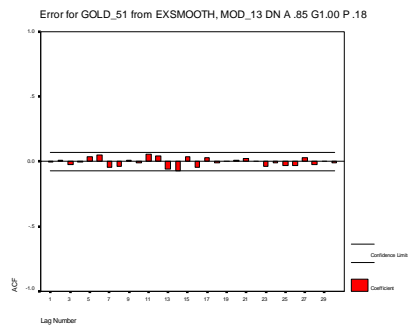
$$\hat{Y}_t(l) = \hat{\mu}_t + 0.2195(1 - 0.18^l)\hat{\beta}_t, \quad l = 1, 2, \dots$$

โดย $\hat{\mu}_t = 0.85Y_t + 0.15(\hat{\mu}_{t-1} + 0.18\hat{\beta}_{t-1})$

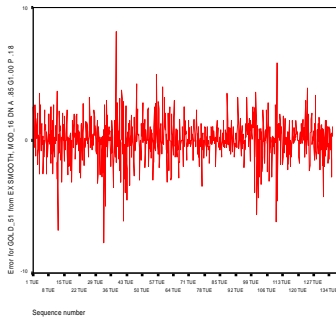
และ $\hat{\beta}_t = \hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}$

กำหนด $\hat{\mu}_0 = 131.83478$ และ $\hat{\beta}_0 = 0.33044$

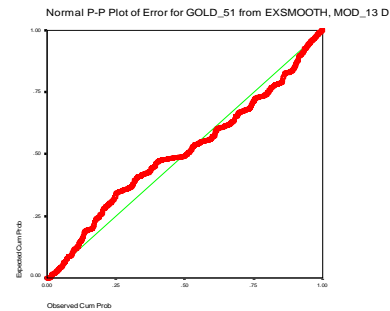
ผลการพยากรณ์เมื่อตรวจสอบจากกราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง พบว่า r_k และ r_{kk} ตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกค่า ดังรูปที่ 10 เมื่อพิจารณากราฟของส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 11 พบว่าค่าเฉลี่ยคงที่รอบค่าศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ และเมื่อตรวจสอบการแจกแจงของส่วนตกค้างจากกราฟ P-P Plot ดังรูปที่ 12 พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติแสดงว่าตัวแบบที่กำหนดมีความเหมาะสมแล้ว



รูปที่ 10 กราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้าง



รูปที่ 11 กราฟของส่วนตกค้าง



รูปที่ 12 กราฟ P-P Plot ของส่วนตกค้าง

4. วิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และการ์ดเนอร์-แมคเคนซี วิธีการพยากรณ์รวมจะเป็นการเฉลี่ยค่าพยากรณ์จาก 2 วิธีโดยถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของค่า MSE ที่ได้จากการพยากรณ์ของทั้ง 2 วิธี ในการทดลองหาน้ำหนักถ่วงจากส่วนตกค้างล่าสุดจำนวน 80 100 และ 120 ค่า พบว่าค่าน้ำหนักถ่วงเริ่มนิ่ง ดังนั้นจึงคำนวณน้ำหนักถ่วงจากส่วนตกค้างล่าสุดจำนวน 120 ค่า โดยที่ค่า MSE จากวิธีพยากรณ์ของโฮลท์เท่ากับ 1.513493 ค่า MSE จากวิธีพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี เท่ากับ 1.518605

ดังนั้นน้ำหนักถ่วงของค่าพยากรณ์จากวิธีของโฮลท์คือ

$$\frac{1}{\frac{1}{1.513493} + \frac{1}{1.518605}} = 0.5008$$

น้ำหนักถ่วงของค่าพยากรณ์จากวิธีของการ์ดเนอร์-แมคเคนซีคือ

$$\frac{1}{\frac{1}{1.518605} + \frac{1}{1.513493}} = 0.4992$$

และตัวแบบพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{\text{Combined}} = 0.5008 \hat{Y}_{\text{Holt}} + 0.4992 \hat{Y}_{\text{Gardner-Mckenzie}}$

ผลการพยากรณ์แสดงดังตารางที่ 2

5. การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ ค่า MSE และค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลราคาทองคำแท่งรายวันตั้งแต่วันที่ 2 สิงหาคม 2553 ถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2553 เป็นค่าทดสอบ ผลการพยากรณ์ ค่า MSE และค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ราคาทองคำแท่ง ค่าพยากรณ์ ค่า MSE และค่า MAPE(%) ที่ได้จากวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

วันที่ทำการ พยากรณ์	อนุกรมเวลา ราคาทองคำ แท่ง(ร้อยบาท)	ค่าพยากรณ์ราคาทองคำแท่ง(ร้อยบาท)			
		วิธีบอซซ์-เจนกินส์	วิธีโฮลท์	วิธีการ์ดเนอร์- แมคเคนซี	วิธีพยากรณ์ รวม
2-ส.ค.-53	180.25	180.05948	180.05948	180.0122	180.03585
3-ส.ค.-53	180.50	180.11896	180.11896	180.0413	180.08019
4-ส.ค.-53	181.75	180.17844	180.17844	180.0466	180.11260
5-ส.ค.-53	181.83	180.23792	180.23792	180.0475	180.14286
6-ส.ค.-53	181.50	180.29740	180.29740	180.0477	180.17273
7-ส.ค.-53	182.00	180.35688	180.35688	180.0477	180.20254
9-ส.ค.-53	182.25	180.41636	180.41636	180.0477	180.23232
10-ส.ค.-53	181.75	180.47584	180.47584	180.0477	180.26211
11-ส.ค.-53	181.75	180.53532	180.53532	180.0477	180.29190
12-ส.ค.-53	181.75	180.59480	180.59480	180.0477	180.32169
13-ส.ค.-53	183.00	180.65428	180.65428	180.0477	180.35148
14-ส.ค.-53	183.00	180.71376	180.71375	180.0477	180.38126
16-ส.ค.-53	183.50	180.77324	180.77323	180.0477	180.41105
17-ส.ค.-53	183.50	180.83272	180.83271	180.0477	180.44083
MSE		3.029047	3.029057	4.791381	3.854695
MAPE(%)		0.864587	0.864588	1.084575	0.974406

จากตารางที่ 2 พบว่าค่า MSE จากวิธีบอซซ์-เจนกินส์มีค่าต่ำสุดคือ 3.029047 รองลงมาคือค่า MSE จากวิธีพยากรณ์ของโฮลท์เท่ากับ 3.029057 ตามด้วยค่า MSE จากวิธีการพยากรณ์รวม และวิธีพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี ซึ่งเท่ากับ 3.854695 และ 4.791381 ตามลำดับ

สำหรับค่า MAPE ที่ได้จากวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธีจะสอดคล้องกับค่า MSE ที่ได้ นั่นคือค่า MAPE จากวิธีบอซซ์-เจนกินส์ มีค่าต่ำสุด คือร้อยละ 0.864587 โดยค่าจะใกล้เคียงกับวิธีพยากรณ์ของโฮลท์ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับร้อยละ 0.864588 ตามด้วยวิธีการพยากรณ์รวมให้ค่า MAPE เท่ากับร้อยละ 0.974406 และวิธีพยากรณ์ของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี ให้ค่า MAPE สูงสุด คือร้อยละ 1.084575

เมื่อทดลองเปรียบเทียบค่า MSE และค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 คาบเวลา 6 คาบเวลา 9 คาบเวลา 12 คาบเวลา และ 14 คาบเวลา ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่า MSE และ ค่า MAPE จะเพิ่มขึ้นตาม จำนวนคาบเวลาที่พยากรณ์ล่วงหน้า แสดงว่าการพยากรณ์ล่วงหน้าในช่วงสั้นๆจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่า เนื่องจากการพยากรณ์ในช่วงยิ่งสั้นค่าคลาดเคลื่อนก็ยิ่งน้อยลง

ตารางที่ 3 ค่า MSE และค่า MAPE(%) จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 คาบเวลา 6 คาบเวลา 9 คาบเวลา 12 คาบเวลา และ 14 คาบเวลา

การพยากรณ์ล่วงหน้า	วิธีบอกซ์-เจนกินส์		วิธีโฮลท์		วิธีการ์ดเนอร์-แมคเคนซี		วิธีพยากรณ์รวม	
	MSE	MAPE(%)	MSE	MAPE(%)	MSE	MAPE(%)	MSE	MAPE(%)
3 คาบเวลา	0.883763	0.393827	0.883763	0.393827	1.056240	0.441111	0.967725	0.417431
6 คาบเวลา	1.555350	0.603745	1.555350	0.603745	2.044471	0.696088	1.790357	0.649843
9 คาบเวลา	1.754807	0.666440	1.754807	0.666440	2.545845	0.806462	2.128113	0.736339
12 คาบเวลา	2.321421	0.763724	2.321425	0.763724	3.603548	0.951777	2.922133	0.857600
14 คาบเวลา	3.029047	0.864587	3.029057	0.864588	4.791381	1.084575	3.854695	0.974406

การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งโดยใช้ข้อมูลราคาทองคำแท่งรายวันตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2551 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553 พบว่าวิธีบอกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมากที่สุด รองลงมาคือวิธีการพยากรณ์ของโฮลท์ วิธีการพยากรณ์รวมของโฮลท์และการ์ดเนอร์-แมคเคนซี และวิธีการของการ์ดเนอร์-แมคเคนซี ตามลำดับ ดังนั้นตัวแบบที่เหมาะสมคือ ตัวแบบ ARIMA(0,2,1) แต่เนื่องจากวิธีพยากรณ์ของโฮลท์ ให้ค่า MSE และ ค่า MAPE ที่ใกล้เคียงกับวิธีบอกซ์-เจนกินส์มาก ดังนั้นในการพยากรณ์อาจจะเลือกใช้วิธีใดก็ได้ระหว่างวิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีพยากรณ์ของโฮลท์ และพบว่าการพยากรณ์ในช่วงสั้นสั้นจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่า

และเมื่อทดลองนำข้อมูลที่สำรองไว้ 14 ค่า ไปรวมกับอนุกรมเวลาชุดเดิมแล้วหาตัวแบบที่เหมาะสมใหม่ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมยังคงเป็นตัวแบบเดิมคือ ARIMA(0,2,1) โดยที่ค่าพารามิเตอร์ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อยคือ

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
MA1	.99996076	.19698709	5.0762757	.00000048

สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาเพื่อพยากรณ์ราคาทองคำครั้งต่อไป อาจจะใช้วิธีการพยากรณ์แบบอื่น เช่น การใช้ตัวแบบจำลอง GARCH(P,Q) (Bollerslev, 1986) ในการศึกษาเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

นิภาพร ลิ้มกุลสวัสดิ์. (2552). การเปรียบเทียบข้อมูลการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งโดยวิธีอาร์มา. สารนิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์การจัดการ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- มานพ วราภักดิ์. (2552). การวิจัยดำเนินการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัฐักบัณฐีไทย. (2551). ทองคำกับเศรษฐกิจไทย. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2553, จากเว็บไซต์ <http://www.v-servelogs.com/media/AC-261251.pdf>
- วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. (2006). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาทองคำรูปพรรณรายวันระหว่างวิธีการพยากรณ์ของโพลท์ วิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์รวม, **Naresuan University Journal**; 14(2): 9–16.
- วีระ ธีรภัทร. (2548). คุยเฟื่องเรืองทอง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โรนิน.
- ร้านทอง. (2553). ราคาปิดและเปิดของราคาทองคำในแต่ละวัน, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2553, จากเว็บไซต์ <http://www.ranthong.com/webboard/gp.php>
- Bollerslev, T. (1986) Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics* 31, 307-327.
- Box, G. E. P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G. C. (1994). **Time series analysis: Forecasting and control (3rd ed)**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall.