# บทที่ 4
# ผลการศึกษา

การศึกษาแบบจำลอง ARIMA GRACH-M E-GRACH และ GJR มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในการพยากรณ์ราคาทองคำ แล้วทำการเปรียบเทียบแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลอง ARIMA GRACH-M E-GRACH และ GJR ว่าแบบจำลองใดเป็นแบบจำลองที่ให้ความแม่นยำในการพยากรณ์ที่สุด เพื่อจะได้นำแบบจำลองนั้นเป็นแบบแผนสำหรับนักลงทุนในตลาดทองคำต่อไป

ในการศึกษานี้แบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาเพื่อหารูปแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดของ แบบจำลอง ARIMA GRACH-M E-GRACH และ GJR ส่วนที่สองเป็นการนำเอาแบบจำลองที่ดีที่สุดแต่ละแบบจำลอง ทำการพยากรณ์ไปข้างหน้าทีละวันเป็นจำนวน 50 วัน แล้วทำการเปรียบเทียบความแม่นยำ

## 4.1 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองอารีมา

### 4.1.1 ผลการทดสอบ Unit Root Test

ในการทดสอบ Unit Root Test ของข้อมูลอนุกรมเวลาก็เพื่อต้องการดูว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีความนิ่ง Stationary (I(0) ; Integration of Order 0) หรือความไม่นิ่ง Non-stationary (I(d); d>0; Integration of Order 0) เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความผันผวน (Variances) ที่ไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยทำการทดสอบด้วยวิธี Augmented Dickey – Fuller Test (ADF) โดยการเริ่มทำการทดสอบข้อมูลที่ระดับ Level หรือ Order of Integration เท่ากับ 0 หรือ I(0) แล้วทำการเปรียบเทียบค่าสถิติ ADF กับ MacKinnon Critical ที่ระดับ 1% 5% และ 10% ถ้าค่าสถิติ ADF มากกว่าค่า MacKinnon Critical แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นมีลักษณะไม่นิ่ง (Non-stationary) ซึ่งแก้ไขโดยวิธีการหาค่าผลต่าง (Differencing) ลำดับที่ 1 ($1^{st}$ Difference)หรือลำดับต่อไปเรื่อยๆจนกว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นจะมีลักษณะนิ่ง (Stationary)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบ Unit Root

| At Level | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | None | | Intercept | | Trend and Intercept | |
| Gold Price | lag | ADF test Statistic | % critical value | ADF test Statistic | % critical value | ADF test Statistic | % critical value |
| Gold | 0 | 0.689004 | 1% -2.568697 | -1.381402 | 1% -3.440668 | -3.229004 | 1% -3.972925 |
| | | | 5% -1.941335 | | 5% -2.865984 | | 5% -3.417083 |
| | | | 10% -1.616356 | | 10% -2.569195 | | 10% -3.130918 |
| At 1st Difference | | | | | | | |
| D(Gold) | 0 | -26.15024 | 1% -2.568703 | -26.16562 | 1% -3.440685 | -26.14587 | 1% -3.972949 |
| | | | 5% -1.941335 | | 5% -2.865991 | | 5% -3.417095 |
| | | | 10% -1.616355 | | 10% -2.569199 | | 10% -3.130925 |
| At 2nd Difference | | | | | | | |
| D(Gold,2) | 0 | -14.98703 | 1% -2.568758 | -14.97459 | 1% -3.440841 | -14.9628 | 1% -3.97317 |
| | | | 5% -1.941343 | | 5% -2.86606 | | 5% -3.417203 |
| | | | 10% -1.61635 | | 10% -2.569236 | | 10% -3.130989 |

ที่มา : จากการคำนวนโดยใช้โปรแกรม Eviews 6.0

ผลการทดสอบราคาทองคำที่ระดับ Level จากการพิจารณาเปรียบเทียบค่าสถิติ ADF กับค่า MacKinnon Critical ที่ระดับ 1%, 5% และ 10% ของข้อมูลอนุกรมเวลา ปรากฏว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นไม่มีความนิ่ง เนื่องจากค่าสถิติ ADF มีค่ามากกว่า MacKinnon Critical แสดงว่าข้อมูลไม่นิ่ง (Non-stationary) ที่ระดับ Level ข้อมูลอะไรก็ตามที่ไม่นิ่ง (Non-stationary) จะทำการพยากรณ์ไม่ได้ จึงต้องทำการหาผลต่างลำดับที่ 1 (1st Difference) แล้วทำการเปรียบเทียบค่าสถิติ ADF กับค่า MacKinnon Critical ที่ระดับ 1%, 5% และ 10% ของข้อมูลอนุกรมเวลา พบว่าค่าสถิติ ADF มีค่าน้อยกว่าค่า MacKinnon Critical แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นมีลักษณะนิ่ง (Stationary) รวมไปถึงการหาผลต่างลำดับที่ 2 (2nd Difference) ได้แสดงถึงข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) เนื่องจากค่า ADF มีค่าน้อยกว่าค่า MacKinnon Critical ที่ระดับ 1%, 5% และ 10% เช่นกัน

### 4.1.2 การกำหนดรูปแบบ (Identification)

สำหรับการกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง ARIMA นั้นจะต้องพิจารณาจาก Correlogram ของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ ผลต่างลำดับที่ 1 (1st Difference) ข้อมูลมีลักษณะนิ่งแบบ white noise กล่าวคือ ราคาทองคำ ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งทำให้ไม่สามารถกำหนดรูปแบบของแบบจำลองได้ จึงได้ทำการพิจารณา Correlogram ของผลต่างลำดับที่ 2 (2nd Difference) ของราคาทองคำ พบว่ามีลักษณะนิ่งและสามารถหารูปแบบของแบบจำลองได้ โดยการกำหนดแบบจำลองเพื่อหา Autoregressive AR(p) และ Moving Average MA(q) ซึ่งจะพิจารณาจากค่า Autocorrelation Function (ACF) และค่า Partial Autocorrelation (PAC)

ในการสร้างแบบจำลอง ARIMA(p,d,q) จะพิจารณาว่า ACF และ PAC ที่เกินออกมานอกช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% โดยได้ทำการคัดเลือกแบบจำลองที่คิดว่าเหมาะสมมา 4 แบบจำลอง ดังนี้

1) D(GOLD,2) MA(1)
2) D(GOLD,2) AR(1) MA(2)
3) D(GOLD,2) AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) AR(7) AR(8) AR(9)
4) D(GOLD,2) MA(1) MA(2)

หมายเหตุ : ในการพิจารณาว่าแบบจำลองใดเหมาะสมหรือไม่นั้นดูได้จากค่า Adjust R-squared Residual sum of square, Akaike Information Criterion และ Schwarz Information Criterion

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 4.2 แสดง Correlogram ณ ระดับ Level**

Series: GOLD Workfile: GOLDPRICE96.5_LAST_ชุด1::Untitle...

View | Proc | Object | Properties | Print | Name | Freeze | Sample | Genr | Sheet | Graph | Stats | Ident

**Correlogram of GOLD**

Date: 08/29/09 Time: 14:26
Sample: 1 621
Included observations: 621

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 0.989 | 0.989 | 610.80 | 0.000 |
| | | 2 | 0.980 | 0.032 | 1210.5 | 0.000 |
| | | 3 | 0.971 | 0.066 | 1800.9 | 0.000 |
| | | 4 | 0.963 | 0.027 | 2382.8 | 0.000 |
| | | 5 | 0.956 | 0.005 | 2956.2 | 0.000 |
| | | 6 | 0.947 | -0.024 | 3520.7 | 0.000 |
| | | 7 | 0.940 | 0.064 | 4077.9 | 0.000 |
| | | 8 | 0.934 | 0.016 | 4628.3 | 0.000 |
| | | 9 | 0.926 | -0.039 | 5170.8 | 0.000 |
| | | 10 | 0.919 | 0.007 | 5705.7 | 0.000 |
| | | 11 | 0.912 | -0.018 | 6232.7 | 0.000 |
| | | 12 | 0.905 | 0.059 | 6753.6 | 0.000 |
| | | 13 | 0.900 | 0.034 | 7268.9 | 0.000 |
| | | 14 | 0.894 | 0.002 | 7778.6 | 0.000 |
| | | 15 | 0.887 | -0.065 | 8281.2 | 0.000 |
| | | 16 | 0.880 | -0.029 | 8776.1 | 0.000 |
| | | 17 | 0.872 | -0.022 | 9263.2 | 0.000 |
| | | 18 | 0.864 | -0.026 | 9742.2 | 0.000 |
| | | 19 | 0.856 | -0.024 | 10213. | 0.000 |
| | | 20 | 0.848 | 0.032 | 10676. | 0.000 |
| | | 21 | 0.841 | -0.005 | 11131. | 0.000 |
| | | 22 | 0.833 | 0.008 | 11580. | 0.000 |
| | | 23 | 0.827 | 0.037 | 12022. | 0.000 |
| | | 24 | 0.821 | 0.013 | 12459. | 0.000 |
| | | 25 | 0.815 | 0.029 | 12890. | 0.000 |
| | | 26 | 0.809 | 0.015 | 13316. | 0.000 |
| | | 27 | 0.804 | 0.003 | 13737. | 0.000 |
| | | 28 | 0.798 | -0.023 | 14152. | 0.000 |
| | | 29 | 0.793 | 0.018 | 14563. | 0.000 |
| | | 30 | 0.787 | -0.035 | 14968. | 0.000 |
| | | 31 | 0.781 | 0.038 | 15369. | 0.000 |
| | | 32 | 0.776 | 0.002 | 15764. | 0.000 |
| | | 33 | 0.771 | 0.029 | 16155. | 0.000 |
| | | 34 | 0.766 | 0.020 | 16543. | 0.000 |
| | | 35 | 0.761 | -0.055 | 16925. | 0.000 |
| | | 36 | 0.755 | -0.003 | 17301. | 0.000 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 4.3 แสดง Correlogram ณ ผลต่างลำดับที่ 1 (1st Difference)**

Series: GOLD Workfile: GOLDPRICE96.5_LAST_ชุด1::Untitle...

View | Proc | Object | Properties | Print | Name | Freeze | Sample | Genr | Sheet | Graph | Stats | Ident

**Correlogram of D(GOLD)**

Date: 08/29/09 Time: 14:23
Sample: 1 621
Included observations: 620

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | -0.052 | -0.052 | 1.6825 | 0.195 |
| | | 2 | -0.066 | -0.069 | 4.4102 | 0.110 |
| | | 3 | -0.024 | -0.031 | 4.7568 | 0.191 |
| | | 4 | 0.003 | -0.005 | 4.7625 | 0.313 |
| | | 5 | 0.029 | 0.026 | 5.3053 | 0.380 |
| | | 6 | -0.087 | -0.085 | 10.060 | 0.122 |
| | | 7 | -0.026 | -0.033 | 10.494 | 0.162 |
| | | 8 | 0.070 | 0.058 | 13.623 | 0.092 |
| | | 9 | -0.021 | -0.023 | 13.913 | 0.125 |
| | | 10 | 0.014 | 0.018 | 14.043 | 0.171 |
| | | 11 | -0.093 | -0.088 | 19.492 | 0.053 |
| | | 12 | -0.040 | -0.055 | 20.482 | 0.058 |
| | | 13 | 0.039 | 0.016 | 21.467 | 0.064 |
| | | 14 | 0.051 | 0.056 | 23.115 | 0.058 |
| | | 15 | 0.039 | 0.046 | 24.068 | 0.064 |
| | | 16 | 0.016 | 0.030 | 24.226 | 0.085 |
| | | 17 | 0.020 | 0.021 | 24.476 | 0.107 |
| | | 18 | 0.046 | 0.039 | 25.858 | 0.103 |
| | | 19 | -0.073 | -0.053 | 29.244 | 0.062 |
| | | 20 | -0.034 | -0.026 | 29.986 | 0.070 |
| | | 21 | -0.010 | -0.015 | 30.057 | 0.091 |
| | | 22 | -0.033 | -0.050 | 30.744 | 0.101 |
| | | 23 | -0.003 | -0.020 | 30.750 | 0.129 |
| | | 24 | -0.034 | -0.032 | 31.515 | 0.139 |
| | | 25 | -0.000 | -0.005 | 31.515 | 0.173 |
| | | 26 | -0.017 | -0.024 | 31.713 | 0.203 |
| | | 27 | -0.000 | 0.008 | 31.713 | 0.243 |
| | | 28 | -0.015 | -0.025 | 31.855 | 0.280 |
| | | 29 | 0.024 | 0.024 | 32.236 | 0.310 |
| | | 30 | -0.022 | -0.037 | 32.558 | 0.342 |
| | | 31 | 0.017 | -0.003 | 32.752 | 0.381 |
| | | 32 | -0.050 | -0.063 | 34.378 | 0.355 |
| | | 33 | -0.003 | -0.016 | 34.384 | 0.401 |
| | | 34 | 0.103 | 0.101 | 41.392 | 0.179 |
| | | 35 | -0.040 | -0.029 | 42.458 | 0.181 |
| | | 36 | -0.040 | -0.028 | 43.537 | 0.181 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 4.4 แสดง Correlogram ณ ผลต่างลำดับที่ 2 (2nd Difference)**

Series: GOLD Workfile: GOLDPRICE96.5_LAST_ชุด1::Untitle...

View | Proc | Object | Properties | Print | Name | Freeze | Sample | Genr | Sheet | Graph | Stats | Ident

**Correlogram of D(GOLD,2)**

Date: 08/29/09 Time: 14:24
Sample: 1 621
Included observations: 619

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | -0.493 | -0.493 | 151.37 | 0.000 |
| | | 2 | -0.027 | -0.357 | 151.82 | 0.000 |
| | | 3 | 0.008 | -0.283 | 151.86 | 0.000 |
| | | 4 | 0.000 | -0.244 | 151.86 | 0.000 |
| | | 5 | 0.068 | -0.105 | 154.74 | 0.000 |
| | | 6 | -0.084 | -0.145 | 159.18 | 0.000 |
| | | 7 | -0.017 | -0.204 | 159.37 | 0.000 |
| | | 8 | 0.090 | -0.101 | 164.42 | 0.000 |
| | | 9 | -0.061 | -0.129 | 166.73 | 0.000 |
| | | 10 | 0.068 | -0.019 | 169.64 | 0.000 |
| | | 11 | -0.076 | -0.055 | 173.30 | 0.000 |
| | | 12 | -0.012 | -0.119 | 173.40 | 0.000 |
| | | 13 | 0.032 | -0.143 | 174.05 | 0.000 |
| | | 14 | 0.011 | -0.119 | 174.13 | 0.000 |
| | | 15 | 0.005 | -0.094 | 174.15 | 0.000 |
| | | 16 | -0.013 | -0.078 | 174.25 | 0.000 |
| | | 17 | -0.011 | -0.090 | 174.33 | 0.000 |
| | | 18 | 0.069 | 0.005 | 177.40 | 0.000 |
| | | 19 | -0.075 | -0.024 | 181.01 | 0.000 |
| | | 20 | 0.007 | -0.034 | 181.04 | 0.000 |
| | | 21 | 0.022 | -0.000 | 181.35 | 0.000 |
| | | 22 | -0.025 | -0.031 | 181.74 | 0.000 |
| | | 23 | 0.029 | -0.020 | 182.28 | 0.000 |
| | | 24 | -0.031 | -0.046 | 182.92 | 0.000 |
| | | 25 | 0.025 | -0.026 | 183.31 | 0.000 |
| | | 26 | -0.016 | -0.056 | 183.49 | 0.000 |
| | | 27 | 0.015 | -0.021 | 183.63 | 0.000 |
| | | 28 | -0.025 | -0.068 | 184.05 | 0.000 |
| | | 29 | 0.040 | -0.006 | 185.11 | 0.000 |
| | | 30 | -0.041 | -0.040 | 186.19 | 0.000 |
| | | 31 | 0.051 | 0.019 | 187.86 | 0.000 |
| | | 32 | -0.054 | -0.030 | 189.78 | 0.000 |
| | | 33 | -0.028 | -0.141 | 190.30 | 0.000 |
| | | 34 | 0.119 | -0.007 | 199.56 | 0.000 |
| | | 35 | -0.068 | -0.008 | 202.62 | 0.000 |
| | | 36 | 0.001 | 0.003 | 202.62 | 0.000 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.1.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation)

**ตารางที่ 4.5** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 0.02096 - 1.012555\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

| Variable | Coefficient | t-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.02096 | 2.690476 | 0.0073 |
| MA(1) | -1.012555 | -80.39104 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.531533 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.107146 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.7395 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.75381 | |
| **Residual sum of square** | | 33373278 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) มีค่าเท่ากับ -1.012555 ซึ่งมีค่า t-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.7395 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.75381 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.107146 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 33373278 และค่า R-squared เท่ากับ 0.531533 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 53.1533%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.6** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(1,2,2) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 0.015342 - 0.99702D(GOLD,2)_{t-1} - 0.991616\varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t$$

| Variable | Coefficient | t-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.015342 | 0.224232 | 0.8227 |
| AR(1) | -0.99702 | -229.19 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.991616 | -272.0325 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.522904 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.100701 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.76222 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.7837 | |
| **Residual sum of square** | | 33974430 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.99702 -0.991616ตามลำดับ ซึ่งมีค่า t-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.76222 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.7837 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.100701 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 33974430 และค่า R-squared เท่ากับ 0.522904 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 52.2904%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.7** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(9,2,0) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 0.086775 - 0.941695D(GOLD,2)_{t-1} - 0.894223D(GOLD,2)_{t-2}$$
$$-0.802398D(GOLD,2)_{t-3} - 0.679052D(GOLD,2)_{t-4} - 0.540031D(GOLD,2)_{t-5}$$
$$-0.505519D(GOLD,2)_{t-6} - 0.405813D(GOLD,2)_{t-7} - 0.22093D(GOLD,2)_{t-8}$$
$$-0.12908D(GOLD,2)_{t-9} + \varepsilon_t$$

| Variable | Coefficient | t-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.086775 | 0.053184 | 0.9576 |
| AR(1) | -0.941695 | -23.2683 | 0.0000 |
| AR(2) | -0.894223 | -16.23173 | 0.0000 |
| AR(3) | -0.802398 | -12.53579 | 0.0000 |
| AR(4) | -0.679052 | -9.853916 | 0.0000 |
| AR(5) | -0.540031 | -7.616952 | 0.0000 |
| AR(6) | -0.505519 | -7.339175 | 0.0000 |
| AR(7) | -0.405813 | -6.337258 | 0.0000 |
| AR(8) | -0.22093 | -4.007392 | 0.0001 |
| AR(9) | -0.12908 | -3.189053 | 0.0015 |
| **R-squared** | | 0.483494 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.00372 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.86938 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.94173 | |
| **Residual sum of square** | | 36476187 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) AR(7) AR(8) AR(9) มีค่าเท่ากับ -0.941695 -0.894223 -0.802398 -0.679052 -0.540031 -0.505519 -0.405813 -0.22093 และ -0.12908 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า t-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.86938 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.94173 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.00372 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Residual sum of square เท่ากับ 36476187 และค่า R-squared เท่ากับ 0.483494 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 48.3494%



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.8** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,2) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 0.023215 - 0.685605\varepsilon_{t-1} - 0.336895\varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t$$

| Variable | Coefficient | t-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.023215 | 0.634885 | 0.5257 |
| MA(1) | -0.685605 | -18.73386 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.336895 | -9.201938 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.464664 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.721847 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.87616 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.89762 | |
| **Residual sum of square** | | 38136999 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.685605 -0.336895 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า t-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.87616 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.89762 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.721847 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 39137295 และค่า R-squared เท่ากับ 0.464664 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 46.4664%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.1.4 การตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostics Checking)

ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องนั้น จะพิจารณาจากค่า Q-statistic เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็น White noise ของความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการ พบว่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(9,2,0) และ แบบจำลอง ARIMA(0,2,2) ปฏิเสธสมมติฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการมีลักษณะ white noise ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของอนุกรมเวลา เพื่อทำการพยากรณ์ได้ แต่ค่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) และแบบจำลอง ARIMA(1,2,2) มีค่า Probability ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการของแบบจำลองมีลักษณะเป็น White noise หรือ $e_t$ มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2 I$ (คงที่) ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

**ตารางที่ 4.9** การตรวจสอบแบบจำลอง ARIMA

| **แบบจำลอง ARIMA** | **ค่าสถิติ** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Q-statistic (Lag 36)** | **Probability (Lag 36)** | **Q-statistic (Lag 72)** | **Probability (Lag 72)** |
| **ARIMA(0,2,1)** | **44.23** | **0.136** | **91.238** | **0.053** |
| **ARIMA(1,2,2)** | **43.108** | **0.136** | **90.119** | **0.053** |
| ARIMA(9,2,0) | 58.265 | 0.000 | 122.4 | 0.000 |
| ARIMA(0,2,2) | 126.99 | 0.000 | 163.64 | 0.000 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.1.5 การพยากรณ์ (Forecasting)

เมื่อได้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุดแล้ว จึงนำแบบจำลองดังกล่าวมาพยากรณ์ราคาทองคำ ไปข้างหน้าที่ละหนึ่งวันเป็นจำนวน 50 วัน โดยทำการพยากรณ์ใหม่ทุกครั้งที่นำข้อมูลจริงเข้า และทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละครั้ง นำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริง คำนวณหาค่า MAPE และ RMSE ได้ดังตารางการคำนวณหาค่า MAPE และ RMSE (ในภาคผนวก ค)

**ตารางที่ 4.10** แสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำ ของแบบจำลอง ARIMA ทั้ง 2

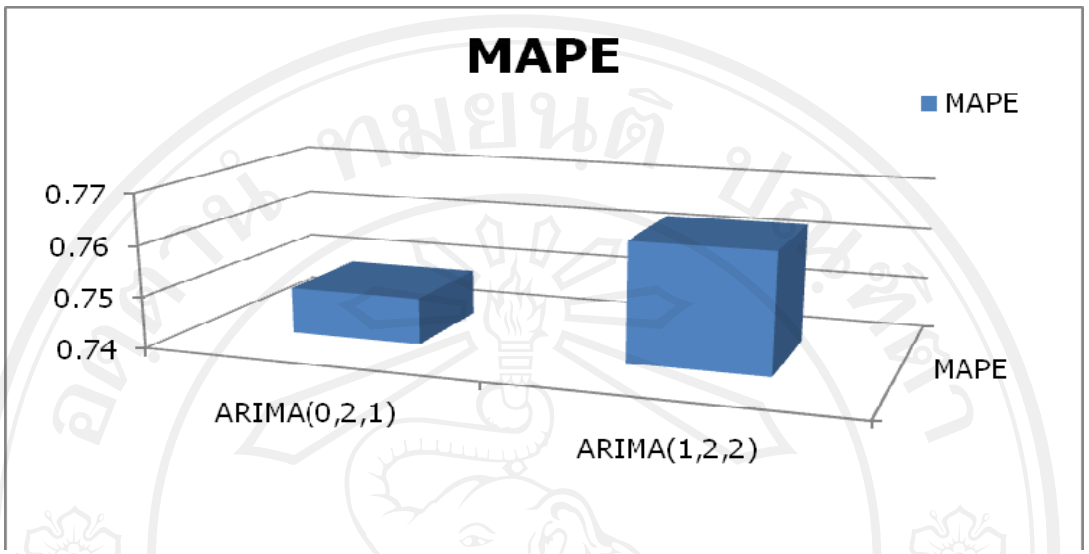
| แบบจำลอง | Min APE | Max APE | SD. APE | MAPE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(0,2,1) | 0.005629035 | 2.20613724 | 0.63967671 | **0.749053237** |
| ARIMA(1,2,2) | 0.002206345 | 2.31493002 | 0.646276141 | 0.763136645 |

| แบบจำลอง | Min SE | Max SE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(0,2,1) | 0.683843 | 116162.01 | 22513.921 | **150.0464** |
| ARIMA(1,2,2) | 0.110246557 | 127901.2513 | 23175.94681 | 152.2364832 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

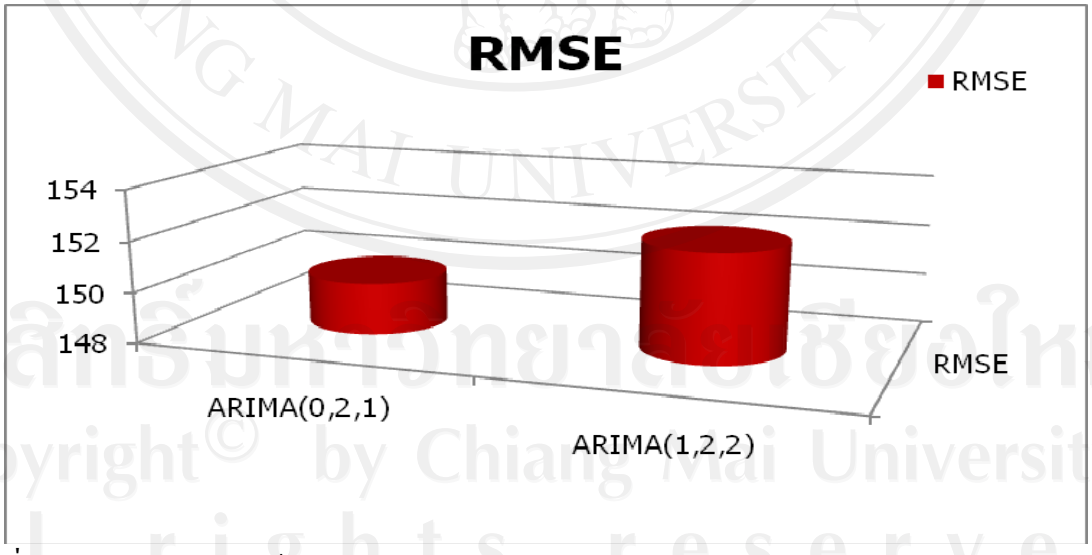
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**รูปที่ 4.1** กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง ARIMA




ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

**รูปที่ 4.2** กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง ARIMA




ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการพิจารณาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของทั้ง 2 แบบจำลอง ค่า MAPE และ RMSE ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) (**ตารางที่ 4.10**) มีค่าน้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่าแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) เป็นแบบจำลอง ARIMA ที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปใช้พยากรณ์ราคาทองคำ

## 4.2 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลอง ARIMA with GARCH-M

### 4.2.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation)

จากการพิจารณาแบบจำลอง ARIMA พบว่ารูปแบบ ARIMA อาจยังไม่ใช่รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด จึงได้ทำการเพิ่ม GARCH-M เข้าในแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมมากขึ้น โดยสามารถคัดเลือกแบบจำลองที่น่าจะมีความเหมาะสมได้ 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 4.11 - 4.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.11** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,1) with GARCH-M(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 2.062785 - 1.015491\varepsilon_{t-1} - 0.006532\sigma_t^{1/2} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = 74816.4 + 0.054356\varepsilon_{t-1}^2 - 0.400609\sigma_{t-1}^2$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| @SQRT(GARCH) | -0.006532 | -1.170919 | 0.2416 |
| C | 2.062785 | 1.182239 | 0.2371 |
| MA(1) | -1.015491 | -76.58574 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 74816.4 | 7.507656 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2 | 0.054356 | 3.160509 | 0.0016 |
| GARCH(-1) | -0.400609 | -2.794281 | 0.0052 |
| **R-squared** | | 0.532147 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.103755 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.7226 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.76553 | |
| **Residual sum of squared** | | 33329569 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) มีค่าเท่ากับ -1.015491 ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.054356 และ -0.400609 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.7226 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.76553 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.103755 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 33329569 และค่า R-squared เท่ากับ 0.532147 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 53.2147%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.12** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(1,2,2) with GARCH-M(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 1.599151 - 0.9942D(GOLD,2)_{t-1} - 0.990495\varepsilon_{t-2} - 0.004659\sigma_t^{1/2} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = 1054.1 + 0.048465\varepsilon_{t-1}^2 + 0.93411\sigma_{t-1}^2$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| @SQRT(GARCH) | -0.004659 | -0.852202 | 0.3941 |
| C | 1.599151 | 0.890035 | 0.3734 |
| AR(1) | -0.9942 | -196.1883 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.990495 | -267.7715 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 1054.1 | 3.108465 | 0.0019 |
| RESID(-1)^2 | 0.048465 | 5.330416 | 0.0000 |
| GARCH(-1) | 0.93411 | 73.15001 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.522052 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.103884 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.67759 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.72773 | |
| **Residual sum of squared** | | 34035037 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.9942 และ -0.990495ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.048465 และ 0.93411 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.67759 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.72773 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.103884 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 34035037 และค่า R-squared เท่ากับ 0.522052 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 52.2052%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.13** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = -1.204424 - 0.982215D(GOLD,2)_{t-1} - 0.942632D(GOLD,2)_{t-2} - 0.838416D(GOLD,2)_{t-3} - 0.729011D(GOLD,2)_{t-4} - 0.58282D(GOLD,2)_{t-5} - 0.556574D(GOLD,2)_{t-6} - 0.474015D(GOLD,2)_{t-7} - 0.297215D(GOLD,2)_{t-8} - 0.142702D(GOLD,2)_{t-9} + 0.005966\sigma_t^{1/2} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = 1118.082 + 0.058788\varepsilon_{t-1}^2 + 0.924216\sigma_{t-1}^2$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| @SQRT(GARCH) | 0.005966 | 0.136793 | 0.8912 |
| C | -1.204424 | -0.091582 | 0.9270 |
| AR(1) | -0.982215 | -20.6495 | 0.0000 |
| AR(2) | -0.942632 | -14.46386 | 0.0000 |
| AR(3) | -0.838416 | -11.32884 | 0.0000 |
| AR(4) | -0.729011 | -9.480069 | 0.0000 |
| AR(5) | -0.58282 | -7.296765 | 0.0000 |
| AR(6) | -0.556574 | -7.264932 | 0.0000 |
| AR(7) | -0.474015 | -6.757962 | 0.0000 |
| AR(8) | -0.297215 | -4.906482 | 0.0000 |
| AR(9) | -0.142702 | -2.943362 | 0.0032 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 1118.082 | 2.973412 | 0.0029 |
| RESID(-1)^2 | 0.058788 | 4.183899 | 0.0000 |
| GARCH(-1) | 0.924216 | 55.27803 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.480258 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 1.921915 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.76737 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.86866 | |
| **Residual sum of squared** | | 36704697 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) AR(7) AR(8) AR(9) มีค่าเท่ากับ -0.982215 -0.942632 -0.838416 -0.729011 -0.58282 -0.556574 -0.474015 -0.297215 และ -0.142702 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.058788 และ 0.924216 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.76737 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.86866 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 1.921915 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 36704697 และค่า R-squared เท่ากับ 0.480258 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 48.0258%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.14** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,2) with GARCH-M(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$D(GOLD,2) = 9.913784 - 0.772551\varepsilon_{t-1} - 0.223716\varepsilon_{t-2} - 0.029647\sigma_t^{1/2} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = 74815.88 + 0.130935\varepsilon_{t-1}^2 - 0.270997\sigma_{t-1}^2$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| @SQRT(GARCH) | -0.029647 | -3.479705 | 0.0005 |
| C | 9.913784 | 3.422338 | 0.0006 |
| MA(1) | -0.772551 | -16.41403 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.223716 | -4.828806 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 74815.88 | 10.86455 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2 | 0.130935 | 4.152361 | 0.0000 |
| GARCH(-1) | -0.270997 | -3.695302 | 0.0002 |
| **R-squared** | | 0.477337 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.460604 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.79989 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.84996 | |
| **Residual sum of squared** | | 37234206 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.14 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.772551 และ -0.223716 ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.130935 และ -0.270997 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.79989 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.84996 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.460604 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 37234206 และค่า R-squared เท่ากับ 0.477337 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 47.7337%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic Checking)

ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องนั้น จะพิจารณาจากค่า Q-statistic เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็น White noise ของความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการ พบว่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) with GARCH-M(1,1) ARIMA(1,2,2) with GARCH-M(1,1) และ ARIMA(0,2,2) with GARCH-M(1,1) ปฏิเสธสมมติฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการมีลักษณะ White noise ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของอนุกรมเวลา เพื่อทำการพยากรณ์ได้ แต่ค่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) มีค่า Probability ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการของแบบจำลองมีลักษณะเป็น White noise หรือ $e_t$ มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2 I$ (คงที่) ซึ่งหมายความว่ามีเพียงแบบจำลอง ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) เท่านั้นที่ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

**ตารางที่ 4.15** การตรวจสอบแบบจำลอง ARIMA with GARCH-M

| แบบจำลอง ARIMA with GARCH-M | ค่าสถิติ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Q-statistic (lag 36) | Probability (lag 72) | Q-statistic (lag 36) | Probability (lag 72) |
| ARIMA(0,2,1) with GARCH-M(1,1) | 15894 | 0.0000 | 24634 | 0.0000 |
| ARIMA(1,2,2) with GARCH-M(1,1) | 1463.90 | 0.0000 | 2381.30 | 0.0000 |
| **ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1)** | **41.981** | **0.0330** | **81.661** | **0.0570** |
| ARIMA(0,2,2) with GARCH-M(1,1) | 14267 | 0.0000 | 24938 | 0.0000 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

#### 4.2.3 การพยากรณ์ (Forecasting)

เมื่อได้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุดแล้ว จึงนำแบบจำลองดังกล่าวมาพยากรณ์ราคาทองคำ ไปข้างหน้าที่ละหนึ่งวันเป็นจำนวน 50 วันโดยทำการพยากรณ์ใหม่ทุกครั้งที่นำข้อมูลจริงเข้า และทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละครั้ง นำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริง คำนวณหาค่า MAPE และ RMSE ได้ดังตารางการคำนวณหาค่า MAPE และ RMSE (ในภาคผนวก ค)

**ตารางที่ 4.16** แสดงผลความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำ ของแบบจำลอง ARIMA with GARCH-M

| แบบจำลอง | Min APE | Max APE | SD. APE | MAPE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) | 0.004988954 | 2.819524778 | 0.663661402 | **0.83223852** |

| แบบจำลอง | Min SE | Max SE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) | 0.567373028 | 190334.0987 | 26188.97813 | **161.8300903** |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ผลการพิจารณาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) พบว่าค่า MAPE และค่า RMSE ของแบบจำลอง ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) (**ตารางที่ 4.16**) มีค่าเท่ากับ 0.83223852 และ 161.8300903 ตามลำดับ ซึ่งมีแบบจำลองที่เหมาะสมแก่การพยากรณ์เพียงแบบจำลองเดียว จึงสรุปได้ว่าแบบจำลอง ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) เป็นแบบจำลอง GARCH-M ที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปใช้พยากรณ์ราคาทองคำ

### 4.3 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลอง ARIMA with E-GARCH

#### 4.3.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation)

จากการพิจารณาแบบจำลอง ARIMA พบว่ารูปแบบ ARIMA อาจยังไม่ใช่รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด จึงได้ทำการเพิ่ม E-GARCH เข้าในแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมมากขึ้น โดยสามารถคัดเลือกแบบจำลองที่น่าจะมีความเหมาะสมได้ 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 4.17 - 4.20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.17** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,1) with E-GARCH (1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$\log\left(\sigma_t^2\right) = 0.084555 + 0.142719\left|\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - 0.018315\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0.982546\log\left(\sigma_{t-1}^2\right)$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.024748 | 1.274992 | 0.2023 |
| MA(1) | -1.017617 | -126.1702 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C(3) | 0.084555 | 1.200253 | 0.2300 |
| C(4) | 0.142719 | 6.218619 | 0.0000 |
| C(5) | -0.018315 | -1.094653 | 0.2737 |
| C(6) | 0.982546 | 144.7791 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.534457 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.109678 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.63729 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.68021 | |
| **Residual sum of squared** | | 33164983 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.17 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) มีค่าเท่ากับ -1.017617 ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ C(3) C(4) C(5) C(6) มีค่าเท่ากับ 0.084555 0.142719 -0.018315 และ 0.982546 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.63729 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.68021 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.109678 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 33164983 และค่า R-squared เท่ากับ 0.534457 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 53.4457%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.18** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(1,2,2) with E-GARCH(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$\log\left(\sigma_t^2\right) = 0.090046 + 0.136368\left|\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - 0.003084\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0.982489\log\left(\sigma_{t-1}^2\right)$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.063014 | 0.918822 | 0.3582 |
| AR(1) | -0.993557 | -191.8655 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.989498 | -228.2833 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C(4) | 0.090046 | 1.313019 | 0.1892 |
| C(5) | 0.136368 | 6.033544 | 0.0000 |
| C(6) | -0.003084 | -0.174481 | 0.8615 |
| C(7) | 0.982489 | 147.3258 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.522158 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.10535 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.668 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.71814 | |
| **Residual sum of squared** | | 34027506 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.18 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.993557 และ -0.989498 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ C(4) C(5) C(6) C(7) มีค่าเท่ากับ 0.090046 0.136368 -0.003084 และ 0.982489 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.668 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.71814 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.10535 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 34027506 และค่า R-squared เท่ากับ 0.522158 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 52.2158%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.19** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(9,2,0) with E-GARCH(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$\log\left(\sigma_t^2\right) = 13.7636 + 0.247238\left|\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - 0.044213\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} - 0.270341\log\left(\sigma_{t-1}^2\right)$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.712746 | 0.413874 | 0.6790 |
| AR(1) | -0.914852 | -18.15009 | 0.0000 |
| AR(2) | -0.867101 | -15.19083 | 0.0000 |
| AR(3) | -0.768081 | -13.04919 | 0.0000 |
| AR(4) | -0.665241 | -11.79113 | 0.0000 |
| AR(5) | -0.52665 | -8.628116 | 0.0000 |
| AR(6) | -0.491542 | -7.642183 | 0.0000 |
| AR(7) | -0.39444 | -6.483089 | 0.0000 |
| AR(8) | -0.223718 | -4.312095 | 0.0000 |
| AR(9) | -0.147709 | -3.48659 | 0.0005 |
| **Variance Equation** | | | |
| C(11) | 13.7636 | 4.76186 | 0.0000 |
| C(12) | 0.247238 | 3.75827 | 0.0002 |
| C(13) | -0.044213 | -0.923261 | 0.3559 |
| C(14) | -0.270341 | -1.030135 | 0.3029 |
| **R-squared** | | 0.482371 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.057695 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.85979 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.96108 | |
| **Residual sum of squared** | | 36555508 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.19 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) AR(7) AR(8) AR(9) มีค่าเท่ากับ -0.914852 -0.867101 -0.768081 -0.665241 -0.52665 -0.491542 -0.39444 -0.223718 และ -0.147709 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ C(11) C(12) C(13) C(14) มีค่าเท่ากับ 13.7636 0.247238 -0.044213 -0.270341 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.85979 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.96108 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.057695 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 36555508 และค่า R-squared เท่ากับ 0.482371 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 48.2371%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.20** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,2) with E-GARCH(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$\log\left(\sigma_t^2\right) = 0.170192 + 0.193913\left|\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - 0.014909\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0.971134\log\left(\sigma_{t-1}^2\right)$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.026732 | 15.81207 | 0.0000 |
| MA(1) | -0.853051 | -2786.599 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.16834 | -337.8666 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C(4) | 0.170192 | 1.591685 | 0.1115 |
| C(5) | 0.193913 | 7.673488 | 0.0000 |
| C(6) | -0.014909 | -0.725898 | 0.4679 |
| C(7) | 0.971134 | 97.37205 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.514793 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.415585 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.68687 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.73695 | |
| **Residual sum of squared** | | 34565856 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.20 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.853051 และ -0.16834 ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ C(4) C(5) C(6) C(7) มีค่าเท่ากับ 0.170192 0.193913 -0.014909 และ 0.971134 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.68687 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.73695 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.415585 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 34565856 และค่า R-squared เท่ากับ 0.514793 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 51.4793%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.3.2 การตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic Checking)

ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องนั้น จะพิจารณาจากค่า Q-statistic เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็น White noise ของความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการ พบว่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,2) with E-GARCH(1,1) และ ARIMA(9,2,0) with E-GARCH(1,1) ปฏิเสธสมมติฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการมีลักษณะ White noise ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของอนุกรมเวลา เพื่อทำการพยากรณ์ได้ แต่ค่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1) และ ARIMA(1,2,2) with E-GARCH(1,1) มีค่า Probability ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการของแบบจำลองมีลักษณะเป็น White noise หรือ $e_t$ มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2 I$ (คงที่) ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

**ตารางที่ 4.21** การตรวจสอบแบบจำลอง ARIMA with E-GARCH

| แบบจำลอง ARIMA with E-GARCH | ค่าสถิติ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Q-statistic (lag 36) | Probability (lag 72) | Q-statistic (lag 36) | Probability (lag 72) |
| **ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1)** | **40.586** | **0.238** | **77.916** | **0.268** |
| **ARIMA(1,2,2) with E-GARCH(1,1)** | **37.761** | **0.301** | **74.087** | **0.346** |
| ARIMA(9,2,0) with E-GARCH(1,1) | 50.444 | 0.004 | 109.51 | 0.000 |
| ARIMA(0,2,2) with E-GARCH(1,1) | 64.14 | 0.001 | 102.21 | 0.007 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.3.2 การพยากรณ์ (Forecasting)

เมื่อได้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุดแล้ว จึงนำแบบจำลองดังกล่าวมาพยากรณ์ราคาทองคำ ไปข้างหน้าที่ละหนึ่งวันเป็นจำนวน 50 วันโดยทำการพยากรณ์ใหม่ทุกครั้งที่นำข้อมูลจริงเข้า และทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละครั้ง นำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริง คำนวณหาค่า MAPE และ RMSE ได้ดังตารางการคำนวณหาค่า MAPE และ RMSE (ในภาคผนวก ค)

**ตารางที่ 4.22** แสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำของแบบจำลอง ARIMA with E-GARCH ทั้ง 2

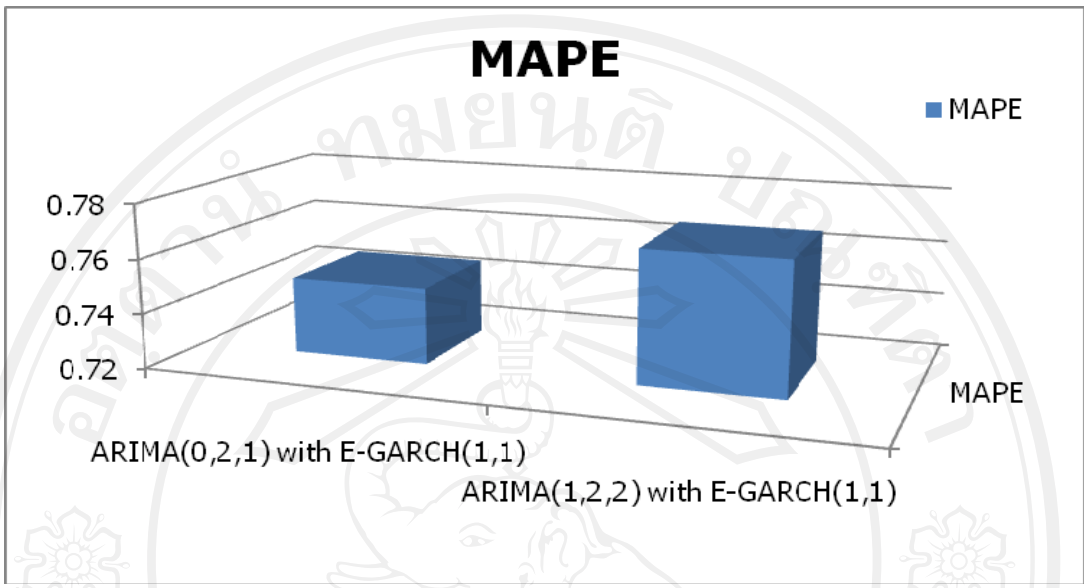
| แบบจำลอง | Min APE | Max APE | SD. APE | MAPE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1) | 0.018138675 | 2.182728056 | 0.638001519 | **0.74814106** |
| ARIMA(1,2,2) with E-GARCH(1,1) | 0.02173566 | 2.484117839 | 0.64281063 | 0.768482396 |

| แบบจำลอง | Min SE | Max SE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1) | 7.100674995 | 113709.9114 | 22441.53947 | **149.8050048** |
| ARIMA(1,2,2) with E-GARCH(1,1) | 11.04988432 | 147279.8885 | 23325.99741 | 152.7285088 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

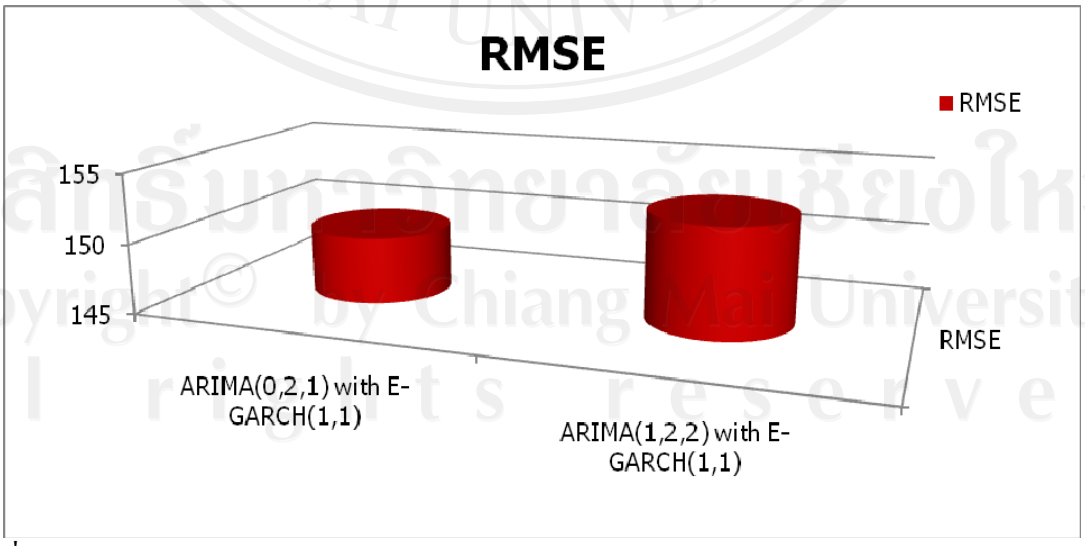
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง E-GARCH




ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง E-GARCH




ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการพิจารณาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของทั้ง 2 แบบจำลอง พบว่าค่า MAPE และค่า RMSE ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1) (**ตารางที่ 4.22**) มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.74814106 และ 149.8050048 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1) เป็นแบบจำลอง E-GARCH ที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปใช้พยากรณ์ราคาทองคำ

## 4.4 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลอง ARIMA with GJR

### 4.4.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation)

จากการพิจารณาแบบจำลอง ARIMA พบว่ารูปแบบ ARIMA อาจยังไม่ใช่รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด จึงได้ทำการเพิ่ม GJR เข้าในแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมมากขึ้น โดยสามารถคัดเลือกแบบจำลองที่น่าจะมีความเหมาะสมได้ 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 4.23 - 4.26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.23** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$h_t = 74802.28 + 0.046025\varepsilon_{t-1}^2 + 0.046885I(\varepsilon_{t-1})\varepsilon_{t-1}^2 - 0.420621h_{t-1}$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.03514 | 0.565513 | 0.5717 |
| MA(1) | -1.020564 | -76.66143 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 74802.28 | 7.87924 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2 | 0.046025 | 3.362222 | 0.0008 |
| RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) | 0.046885 | 1.414539 | 0.1572 |
| GARCH(-1) | -0.420621 | -2.992423 | 0.0028 |
| **R-squared** | | 0.536234 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.111536 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.71509 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.75801 | |
| **Residual sum of squared** | | 33038376 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.23 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) มีค่าเท่ากับ -1.020564 ค่าสัมประสิทธิ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.046025 0.046885 และ -0.420621 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.71509 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.75801 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.111536 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 33038376 และค่า R-squared เท่ากับ 0.536234 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 53.6234%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.24** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(1,2,2) with GJR(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$h_t = 1096.306 + 0.047419\varepsilon_{t-1}^2 + 0.000974I(\varepsilon_{t-1})\varepsilon_{t-1}^2 + 0.933818h_{t-1}$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.054779 | 0.780054 | 0.4354 |
| AR(1) | -0.994109 | -192.7638 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.990356 | -261.8586 | 0.0000 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 1096.306 | 3.203022 | 0.0014 |
| RESID(-1)^2 | 0.047419 | 4.606061 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) | 0.000974 | 0.052227 | 0.9583 |
| GARCH(-1) | 0.933818 | 65.80463 | 0.0000 |
| **R-squared** | | 0.522353 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.105274 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.6786 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.72874 | |
| **Residual sum of squared** | | 34013662 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.24 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.994109 และ -0.990356 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.047419 0.000974 และ 0.933818 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.6786 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.72874 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.105274 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 34013662 และค่า R-squared เท่ากับ 0.522353 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 52.2353%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.25** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(9,2,0) with GJR(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$h_t = 69545.79 + 0.0787\varepsilon_{t-1}^2 + 0.089565I(\varepsilon_{t-1})\varepsilon_{t-1}^2 - 0.2134071h_{t-1}$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 1.757554 | 0.95928 | 0.3374 |
| AR(1) | -0.891024 | -16.12211 | 0.0000 |
| AR(2) | -0.850498 | -14.68086 | 0.0000 |
| AR(3) | -0.747946 | -11.01101 | 0.0000 |
| AR(4) | -0.639698 | -9.760691 | 0.0000 |
| AR(5) | -0.523148 | -7.695521 | 0.0000 |
| AR(6) | -0.4941 | -7.239535 | 0.0000 |
| AR(7) | -0.400613 | -6.428397 | 0.0000 |
| AR(8) | -0.213921 | -3.952819 | 0.0001 |
| AR(9) | -0.155708 | -3.55682 | 0.0004 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 69545.79 | 6.502719 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2 | 0.0787 | 2.70029 | 0.0069 |
| RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) | 0.089565 | 1.046832 | 0.2952 |
| GARCH(-1) | -0.213407 | -1.436177 | 0.1510 |
| **R-squared** | | 0.48016 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.103893 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.85469 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.95599 | |
| **Residual sum of squared** | | 36711603 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.25 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) AR(7) AR(8) AR(9) มีค่าเท่ากับ -0.891024 -0.850498 -0.747946 -0.639698 -0.523148 -0.4941 -0.400613 -0.213921 และ -0.155708 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.0787 0.089565 และ -0.213407 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.85469 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.95599 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.103893 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 36711603 และค่า R-squared เท่ากับ 0.48016 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 48.016%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 4.26** ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA(0,2,2) with GJR(1,1) ที่ศึกษา

รูปแบบจำลองที่ศึกษา

$$h_t = 74804.39 + 0.075115\varepsilon_{t-1}^2 + 0.02555I(\varepsilon_{t-1})\varepsilon_{t-1}^2 - 0.346891h_{t-1}$$

| Variable | Coefficient | Z-statistic | Prob. |
|---|---|---|---|
| C | 0.021323 | 1.272427 | 0.2032 |
| MA(1) | -0.82671 | -16.87101 | 0.0000 |
| MA(2) | -0.191807 | -3.715024 | 0.0002 |
| **Variance Equation** | | | |
| C | 74804.39 | 9.239791 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2 | 0.075115 | 3.417647 | 0.0006 |
| RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) | 0.02555 | 1.167976 | 0.2428 |
| GARCH(-1) | -0.346891 | -3.490088 | 0.0005 |
| **R-squared** | | 0.508232 | |
| **Durbin-Watson stat** | | 2.457869 | |
| **Akaike information criterion** | | 13.75713 | |
| **Schwarz information criterion** | | 13.80721 | |
| **Residual sum of squared** | | 35033251 | |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

จากตารางที่ 4.26 ค่าสัมประสิทธิ์ของ MA(1) MA(2) มีค่าเท่ากับ -0.82671 และ -0.191807 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธ์ของ Variance Equation ได้แก่ RESID(-1)^2 RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) GARCH(-1) มีค่าเท่ากับ 0.075115 0.02555 และ -0.346891 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Z-statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1% โดยมีค่า Akaike Information Criterion(AIC) เท่ากับ 13.75713 ค่า Schwarz Information Criterion(SIC) เท่ากับ 13.80721 ค่า Durbin-Watson statistic เท่ากับ 2.457869 ค่า Residual sum of square เท่ากับ 35033251 และค่า R-squared เท่ากับ 0.508232 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 50.8232%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 4.4.2 การตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic Checking)

ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องนั้น จะพิจารณาจากค่า Q-statistic เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็น White noise ของความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการ พบว่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(9,2,0) with GJR(1,1) และ ARIMA(0,2,2) with GJR(1,1) ปฏิเสธสมมติฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการมีลักษณะ White noise ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของอนุกรมเวลาเพื่อทำการพยากรณ์ได้ แต่ค่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 และช่วงเวลาที่ 72 ของแบบจำลอง ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) และ ARIMA(1,2,1) with GJR(1,1) มีค่า Probability ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการของแบบจำลองมีลักษณะเป็น White noise หรือ $e_t$ มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2 I$ (คงที่) ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

**ตารางที่ 4.27** การตรวจสอบแบบจำลอง ARIMA with GJR(1,1)

| แบบจำลอง ARIMA with GJR | ค่าสถิติ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Q-statistic (lag 36) | Probability (lag 72) | Q-statistic (lag 36) | Probability (lag 72) |
| **ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1)** | **42.856** | **0.170** | **89.970** | **0.064** |
| **ARIMA(1,2,1) with GJR(1,1)** | **37.550** | **0.310** | **72.545** | **0.394** |
| ARIMA(9,2,0) with GJR(1,1) | 50.260 | 0.004 | 106.980 | 0.000 |
| ARIMA(0,2,2) with GJR(1,1) | 59.765 | 0.004 | 101.740 | 0.008 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.4.3 การพยากรณ์ (Forecasting)**

เมื่อได้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุดแล้ว จึงนำแบบจำลองดังกล่าวมาพยากรณ์ราคาทองคำ ไปข้างหน้าที่ละหนึ่งวันเป็นจำนวน 50 วันโดยทำการพยากรณ์ใหม่ทุกครั้งที่นำข้อมูลจริงเข้า และทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละครั้ง นำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริง คำนวณหาค่า MAPE และ RMSE ได้ดังตารางการคำนวณหาค่า MAPE และ RMSE (ในภาคผนวก ค)

**ตารางที่ 4.28** แสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำ ของแบบจำลอง ARIMA with GJR ทั้ง 2

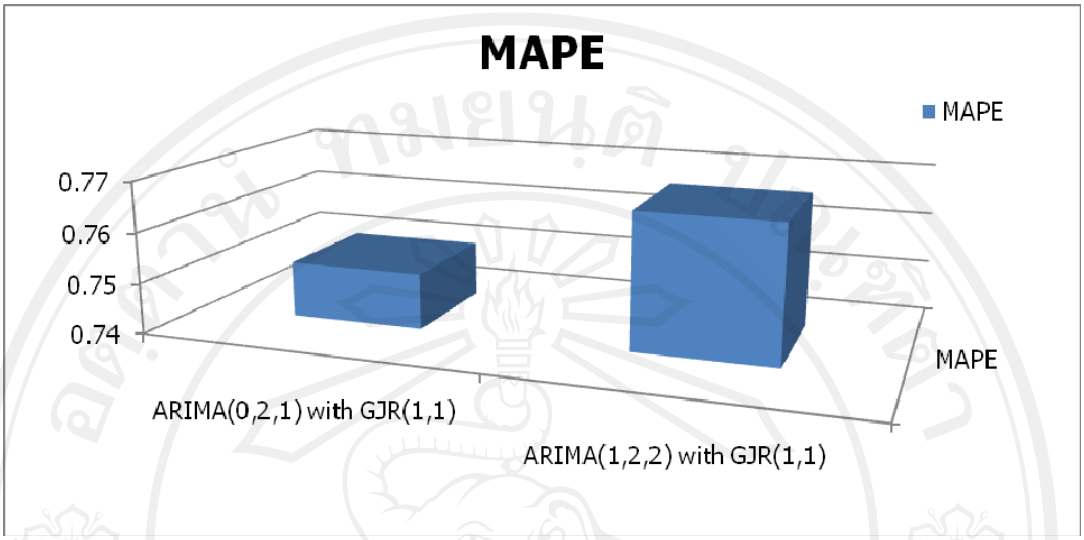
| แบบจำลอง | Min APE | Max APE | SD. APE | MAPE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) | 0.008408858 | 2.175457068 | 0.636966859 | **0.751063622** |
| ARIMA(1,2,2) with GJR (1,1) | 0.020195991 | 2.379189697 | 0.649733811 | 0.766796191 |

| แบบจำลอง | Min SE | Max SE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) | 1.643054431 | 112953.6043 | 22522.92292 | **150.0763903** |
| ARIMA(1,2,2) with GJR(1,1) | 9.281063806 | 135100.576 | 23394.46065 | 152.9524784 |

ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

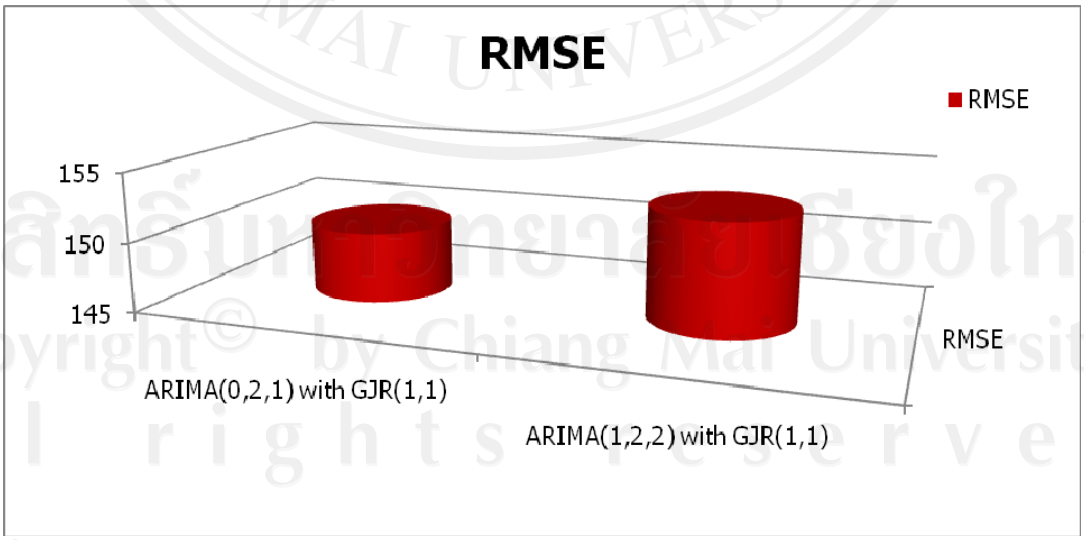
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง GJR




ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

**รูปที่ 4.6** กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง GJR




ที่มา : การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการพิจารณาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของทั้ง 2 แบบจำลอง พบว่าค่า MAPE และค่า RMSE ของทั้ง 2 แบบจำลอง (**ตารางที่ 4.28**) มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.751063622 และ 150.0763903 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า แบบจำลอง ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) เป็นแบบจำลอง GJR ที่เหมาะสมที่สุด ในการนำไปใช้พยากรณ์ราคาทองคำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4.5 สรุปผลการศึกษา**

จากการศึกษาการพยากรณ์ราคาทองคำ โดยเลือกใช้เทคนิคในการศึกษา 4 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง ARIMA แบบจำลอง GARCH-M แบบจำลอง E-GARCH แบบจำลอง และแบบจำลอง GJR ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4.29 -4.30 และรูปที่ 4.7 – 4.8

**ตารางที่ 4.29** แสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ วัดโดยใช้ MAPE

| **แบบจำลอง** | **MAPE** |
|---|---|
| ARIMA(0,2,1) | 0.749053237 |
| ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) | 0.83223852 |
| **ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1)** | **0.74814106** |
| ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) | 0.751063622 |

ที่มา : การคำนวณ

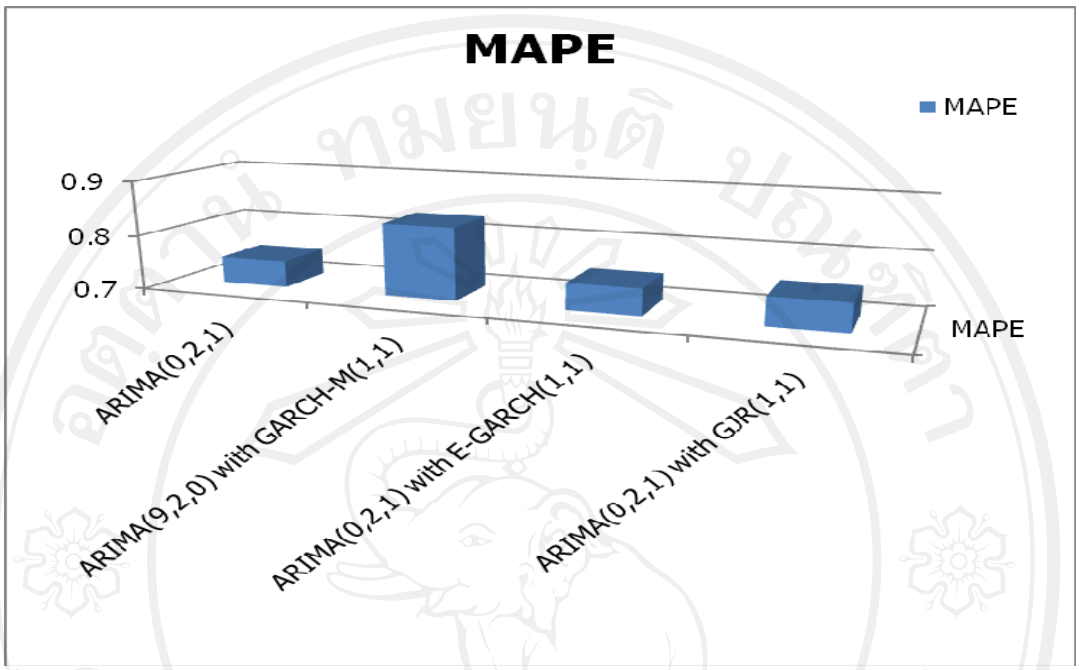
**ตารางที่ 4.30** แสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ วัดโดยใช้ RMSE

| **แบบจำลอง** | **RMSE** |
|---|---|
| ARIMA(0,2,1) | 150.0463967 |
| ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) | 161.8300903 |
| **ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1)** | **149.8050048** |
| ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) | 150.0763903 |

ที่มา : การคำนวณ

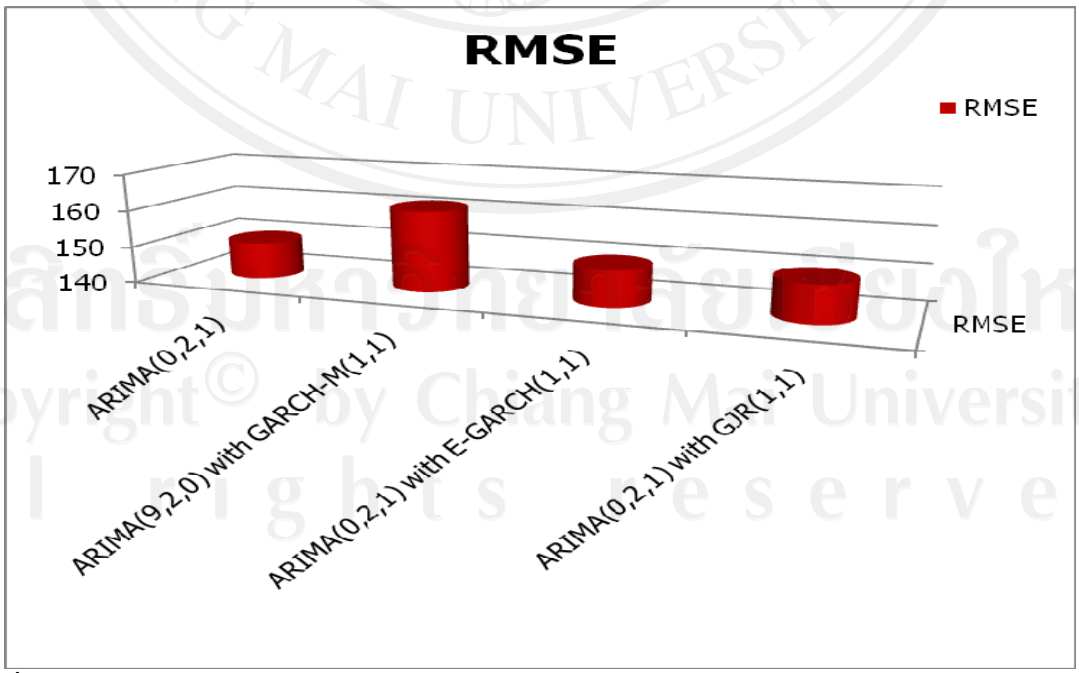
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**รูปที่ 4.7** กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบ MAPE




ที่มา : การคำนวณ

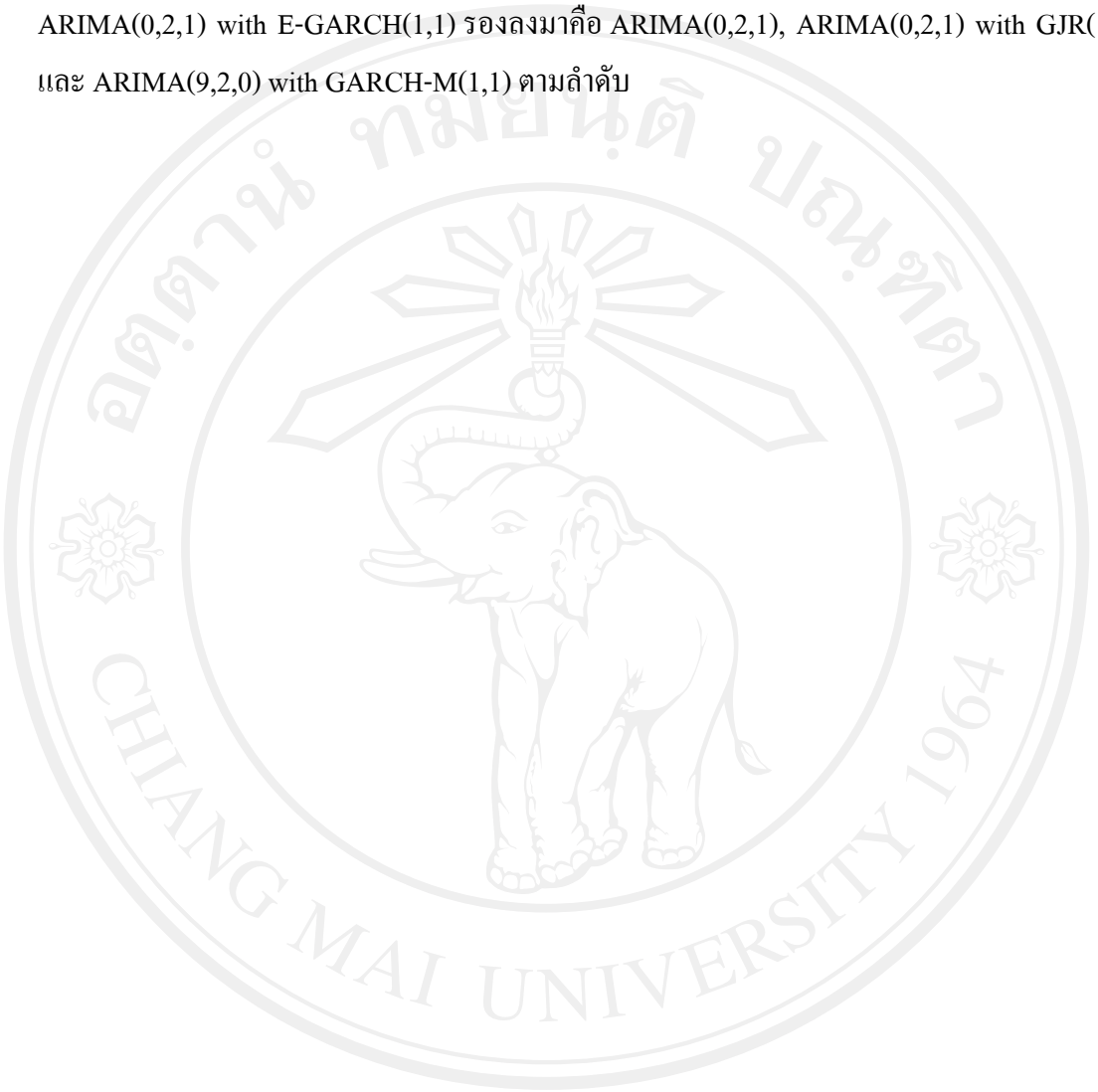
**รูปที่ 4.8** กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบ RMSE




ที่มา : การคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.29 และ 4.30 รูปที่ 4.7 และ 4.8 พิจารณาค่า MAPE และค่า RMSE ที่ดีที่สุดของแต่ละแบบจำลองมาสรุป ผลปรากฏว่าแบบจำลองที่สามารถพยากรณ์ราคาทองคำ ที่ดีที่สุดคือ ARIMA(0,2,1) with E-GARCH(1,1) รองลงมาคือ ARIMA(0,2,1), ARIMA(0,2,1) with GJR(1,1) และ ARIMA(9,2,0) with GARCH-M(1,1) ตามลำดับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved