บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำด้วยแบบจำลองนิวรอลเน็ตเวิร์ค แบบจำลองอารีมา และแบบจำลองการ์ชเอ็ม มีผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการศึกษาแบบจำลองนิวรอลเน็ตเวิร์ค

4.1.1 ผลการทดสอบเบื้องต้นด้วย Hidden layer จำนวน 1 ชั้น

ผลการทดลองพบว่า MAPE ที่ได้จากแบบจำลองที่ดีที่สุด (100 นิวรอล, 100 Epochs) มีค่าประมาณ 52.43 ซึ่งมากเกินไป จึงยังไม่เหมาะสมที่จะใช้ ดังนั้นจึงทดลองปรับจำนวน Hidden Layer ให้เป็น 2 ชั้น เพื่อพยายามลดค่า MAPE ให้น้อยลง

4.1.2 ผลการทดสอบการปรับจำนวน Hidden Layer ให้เป็น 2 ชั้น

ผลการทดลองพบว่า MAPE ที่ได้จากแบบจำลองที่ดีที่สุดหลังการปรับจำนวน Hidden Layer ให้เป็น 2 ชั้นมีค่าน้อยกว่า MAPE ที่ได้จากจำนวน Hidden Layer จำนวน 1 ชั้นและมีค่าประมาณ 3.32 ซึ่งถือว่าพอจะยอมรับได้ ดังนั้นจึงจะใช้โครงสร้างการมี Hidden layer 2 ชั้น ไปใช้ทดลองเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

4.1.3 ผลการทดสอบการปรับเปลี่ยนจำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ด้วยวิธี Quadratic Interpolation

1) การหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง โดยกำหนดให้จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่งเท่ากับ 10 โดยมีขั้นตอนดังตารางที่ 4.1 – 4.6

ตารางที่ 4.1 ขั้นที่ 1 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง

ขั้นที่	จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง	MSE	Interpolation	MSE
1	20	310,060		
	30	270,680	29	1,105,400
	50	460,770		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 20, 30 และ 50 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 29 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 1,105,400

ตารางที่ 4.2 ขั้นที่ 2 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง

ขั้นที่	จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง	MSE	Interpolation	MSE
2	29	1,105,400		
	30	270,680	40	722,630
	50	460,770		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 29, 30, 50 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 40 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 722,630

ตารางที่ 4.3 ขั้นที่ 3 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง

ขั้นที่	จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง	MSE	Interpolation	MSE
3	29	1,105,400		
	30	270,680	35	312,670
	40	722,630		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 29, 30, 40 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 35 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 312,670

ตารางที่ 4.4 ขั้นที่ 4 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง

ขั้นที่	จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง	MSE	Interpolation	MSE
4	29	1,105,400		
	30	270,680	32	461,110
	35	312,670		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 29, 30, 35 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 32 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 461,110

ตารางที่ 4.5 ขั้นที่ 5 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง

ขั้นที่	จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง	MSE	Interpolation	MSE
5	29	1,105,400		
	30	270,680	31	722,630
	32	461,110		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 29, 30, 32 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 31 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 722,630

ตารางที่ 4.6 ขั้นที่6 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง

ขั้นที่	จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง	MSE	Interpolation	MSE
6	29	1,105,400		
	30	**270,680**		
	31	722,630		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง และกำหนดให้จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่งเท่ากับ 10 โดยวิธี Quadratic Interpolation พบว่าจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สองที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 30 ซึ่งให้ค่า MSE เท่ากับ 270,680

2) การหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง โดยกำหนดให้จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สองเท่ากับ 30

ตารางที่ 4.7 ขั้นที่ 1 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง

ขั้นที่	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
1	10	270,680		
	30	4,078,100	35	755,570
	50	2,922,600		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 10, 30, 50 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 35 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 755,570

ตารางที่ 4.8 ขั้นที่ 2 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง

ขั้นที่	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
2	30	4,078,100		
	35	755,570	41	3,453,700
	50	2,922,600		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 30, 35, 50 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 35 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 3,453,700

ตารางที่ 4.9 ขั้นที่ 3 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง

ขั้นที่	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
3	30	4,078,100		
	35	755,570	36	2,159,100
	41	3,453,700		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 30, 35, 41 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 36 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 2,159,100

ตารางที่ 4.10 ขั้นที่ 4 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง

ขั้นที่	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
4	30	4,078,100		
	35	755,570	33	924,170
	36	2,159,100		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 30, 35, 36 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 33 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 924,170

ตารางที่ 4.11 ขั้นที่ 5 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง

ขั้นที่	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
5	33	924,170		
	35	755,570	34	827,360
	36	2,159,100		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 33, 35, 36 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 34 ซึ่งได้ค่า MSE เท่ากับ 827,360

ตารางที่ 4.12 ขั้นที่6 ของการหาจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง

ขั้นที่	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
6	34	827,360		
	35	**755,570**		
	36	2,159,100		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 34, 35, 36 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 35 ได้ค่า MSE เท่ากับ 755,570

เมื่อกำหนดจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สองเท่ากับ 30 นิวรอลเพื่อทำการหาจำนวนนิวอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่งที่เหมาะสม พบว่าจำนวนนิวรอลที่หาได้โดยใช้วิธี Quadratic Interpolation มีค่าเท่ากับ 35 นิวรอล แต่เมื่อพิจารณาค่า MSE ที่ได้พบว่าค่า MSE มีค่าเท่ากับ 755,570 ซึ่งมีค่ามากกว่าMSE ที่ได้จากการกำหนดให้จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่งเท่ากับ 10 นิวรอล

จากผลการทดลองหาจำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ทั้งสองชั้นแล้วพบว่าจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่เหมาะสมที่สุดจากวิธี Quadratic Interpolation ก็คือจำนวนนิวรอลในชั้นที่หนึ่งเท่ากับ 10 และจำนวนนิวรอลในชั้นที่สองเท่า 30 ต่อจากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการหาจำนวนข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสม โดยวิธี Quadratic Interpolation

3) การหาจำนวนข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมโดยวิธี Quadratic Interpolation โดยกำหนดให้จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ชั้นที่หนึ่งเท่ากับ 10 และชั้นที่สองเท่ากับ 30

ตารางที่ 4.13 ขั้นที่1 ของการหาจำนวนข้อมูลนำเข้า

ขั้นที่	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
1	10	270,680		
	30	1,238,500	44	293,470
	50	1,400,500		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 10, 30, 50 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 44 ได้ค่า MSE เท่ากับ 293,470

ตารางที่ 4.14 ขั้นที่2 ของการหาจำนวนข้อมูลนำเข้า

ขั้นที่	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
2	30	1,238,500		
	44	293,470	40	215,690
	50	1,400,500		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 30, 44, 50 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 40 ได้ค่า MSE เท่ากับ 215,690

ตารางที่ 4.15 ขั้นที่3 ของการหาจำนวนข้อมูลนำเข้า

ขั้นที่	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
3	30	1,238,500		
	40	215,690	41	437,670
	44	293,470		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 30, 40, 44 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 41 ได้ค่า MSE เท่ากับ437,670

ตารางที่ 4.16 ขั้นที่4 ของการหาจำนวนข้อมูลนำเข้า

ขั้นที่	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
4	30	1,238,500		
	40	215,690	38	154,680
	41	437,670		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากข้อมูลสามจุดคือ 30, 40, 41 เมื่อนำไปคำนวณ Quadratic Interpolation จะได้คำตอบเท่ากับ 38 ได้ค่า MSE เท่ากับ 154,680

ตารางที่ 4.17 ขั้นที่5 ของการหาจำนวนข้อมูลนำเข้า

ขั้นที่	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**MSE**	**Interpolation**	**MSE**
5	30	1,238,500		
	38	154,680	**38**	**154,680**
	40	215,690		

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

จากการทดลองพบว่าจำนวนข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 38 เนื่องมาจากให้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 154,680 และเมื่อนำค่าที่ได้จากวิธีการ Quadratic Interpolation ไปพยากรณ์ราคาทองคำแล้วให้ผลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการพยากรณ์ด้วยชุดข้อมูล Testing ด้วย Hidden Layer จำนวน 2 ชั้นโดยที่จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่งเท่ากับ 10, จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สองเท่ากับ 30 และจำนวนข้อมูลนำเข้าเท่ากับ 38

วัน	ผลการพยากรณ์	วัน	ผลการพยากรณ์
1	11,093.00	26	10,302.00
2	10,865.00	27	10,151.00
3	10,222.00	28	10,759.00
4	10,434.00	29	10,332.00
5	10,426.00	30	10,036.00
6	9,865.90	31	9,897.10
7	9,719.60	32	10,358.00
8	9,768.00	33	10,174.00
9	10,511.00	34	9,997.80
10	10,394.00	35	10,397.00
11	10,202.00	36	10,160.00
12	10,405.00	37	10,461.00
13	10,560.00	38	10,339.00
14	10,662.00	39	10,437.00
15	10,576.00	40	9,940.50
16	10,517.00	41	10,503.00
17	10,290.00	42	10,365.00
18	10,364.00	43	10,569.00
19	10,045.00	44	10,370.00
20	10,170.00	45	9,978.20
21	10,539.00	46	10,075.00
22	9,844.50	47	9,946.10
23	10,185.00	48	10,266.00
24	10,411.00	49	10,061.00
25	10,356.00	50	10,276.00

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

ตารางที่ 4.19 ผลการพยากรณ์โดยการปรับเปลี่ยนจำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ด้วยวิธี Quadratic Interpolation

จำนวนข้อมูลนำเข้า	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง**	**จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง**	**Epochs**	**MAPE**
38	10	30	100	2.05

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab 6.5

การพยากรณ์ราคาทองคำโดยการปรับเปลี่ยนจำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ด้วยวิธี Quadratic Interpolation โดยมีจำนวนข้อมูลนำเข้า 38 ตัว จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ชั้นที่ 1 เท่ากับ 10 จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ชั้นที่ 2 เท่ากับ 30 และจำนวนรอบการเรียนรู้เท่ากับ 100 รอบ ให้ค่า MAPE ออกมาเท่ากับ 2.05

จากการทดสอบเบื้องต้นด้วย Hidden layer จำนวน 1 ชั้น, การทดสอบการปรับจำนวน Hidden Layer ให้เป็น 2 ชั้น และการทดสอบการปรับเปลี่ยนจำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ด้วยวิธี Quadratic Interpolation ผลการพยากรณ์ราคาทองคำที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดได้มาจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนจำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ด้วยวิธี Quadratic Interpolation เพราะฉะนั้นจึงเลือกผลการทดสอบนี้เป็นตัวแทนของค่า MAPE จากแบบจำลองนิวรอลเน็ตเวิร์คเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำกับแบบจำลองอื่นๆ

4.2 ผลการศึกษาแบบจำลอง ARIMA

4.2.1 ผลทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Unit Root Test

ในการทดสอบ unit root ของราคาทองคำรายวัน เพื่อดูความนิ่ง (Stationary) [I(0) ; integrated of order 0] หรือความไม่นิ่ง (nonstationary) [I(d) ; d > 0 ; integrated of order 0] เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลที่มีค่า mean และ variance ไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยใช้การทดสอบ Augmented Dickey-Fuller และในการเลือก lag length นั้นได้มีการเลือกโดยอัตโนมัติจากโปรแกรม Eviews 5.1 ซึ่งพิจารณาเลือก leg length ที่ทำให้แบบจำลองที่ได้ไม่เกิดปัญหา Autocorrelation และได้ค่า Schwarz Criterion ที่มีค่าต่ำสุด โดยผลการทดสอบ Augmented Dickey-Fuller ในระดับ level นั้น ค่า ADF test statistic ของข้อมูลราคาทองคำ ทั้งกรณีไม่มีค่าคงที่และแนวโน้มเวลา กรณีที่มีค่าคงที่ และกรณีมีทั้งค่าคงที่และแนวโน้มเวลามีค่าต่ำกว่าค่า MacKinnon Critical Value ทั้งในระดับ 10% 5% และ 1% ดังข้อมูลในตารางที่ 4.20 แต่เมื่อแปลงข้อมูลราคาทองคำ โดยการหา 1st differences แล้ว ค่า ADF test statistic ของข้อมูลทั้งกรณีไม่มี

ค่าคงที่และแนวโน้มเวลา กรณีมีค่าคงที่ และกรณีมีค่าคงที่และแนวโน้มเวลามีค่าสูงกว่าค่า MacKinnon Critical Value ทั้งในระดับ 10% 5% และ 1% สรุปได้ว่าข้อมูลราคาทองคำ ในระดับ level มีลักษณะไม่นิ่งจึงไม่เหมาะสำหรับการนำไปสร้างแบบจำลอง ARIMA แต่เมื่อแปลงข้อมูลโดยการหา 1st differences แล้วข้อมูลจะมีลักษณะนิ่ง ดังตารางที่ 4.21

เมื่อได้พิจารณา correlogram ของราคาทองคำ ที่ 1st differences เพื่อจะนำไปสร้างแบบจำลองแล้วพบว่า กราฟของ correlogram ที่ได้นั้นยากต่อการนำไปสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องแปลงข้อมูลราคาทองคำจาก1st differences ไปเป็น ข้อมูลราคาทองคำที่ 2nd differences เพื่อนำ correlogram ที่ 2nd differences ไปสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 4.20 ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ Unit Root ที่ระดับ level

	At level					
	None		**Intercept**		**Trend and Intercept**	
	ADF test Statistic	**% critical value**	**ADF test Statistic**	**% critical value**	**ADF test Statistic**	**% critical value**
Gold	2.081730	1% : -2.569604	1.519431	1% : -3.443228	-0.720405	1% : -3.976554
		5% : -1.941459		5% : -2.867112		5% : -3.418852
		10% : -1.616273		10%: -2.569800		10% : -3.131965

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่าค่า ADF test Statistic ในทุกกรณี ณ ระดับ Level มีค่ามากกว่าค่า % critical value ซึ่งแสดงความไม่นิ่งของข้อมูล ดังนั้นจึงไม่สามารถนำข้อมูลไปทำการพยากรณ์ต่อไปได้

ตารางที่ 4.21 ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ Unit Root ที่ระดับ 1st differences

	1st differences					
	None		Intercept		Trend and Intercept	
	ADF test Statistic	% critical value	ADF test Statistic	% critical value	ADF test Statistic	% critical value
Gold	-22.64101	1% : -2.569614	-22.79197	1% : -3.443254	-23.02113	1% : -3.976591
		5% : -1.941460		5% : -2.867124		5% : -3.418870
		10% : -1.616272		10% : -2.569806		10% : -3.131976

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.21 แสดงให้เห็นว่าค่า ADF test Statistic ในทุกกรณี ณ ระดับ 1st differences มีค่าน้อยกว่าค่า % critical value ซึ่งแสดงความนิ่งของข้อมูล ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูล ณ ระดับ 1st differences ไปทำการพยากรณ์ได้

ตารางที่ 4.22 ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ Unit Root ที่ระดับ 2^{nd} differences

	2^{nd} differences					
	None		**Intercept**		**Trend and Intercept**	
	ADF test Statistic	**% critical value**	**ADF test Statistic**	**% critical value**	**ADF test Statistic**	**% critical value**
Gold	-15.26716	1% : -2.569671	-15.25187	1% : -3.443415	-15.23743	1% : -3.976819
		5% : -1.941468		5% : -2.867195		5% : -3.418981
		10% : -1.616267		10% : -2.569844		10% : -3.132041

ที่มา: จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าค่า ADF test Statistic ในทุกกรณี ณ ระดับ 2^{nd} differences มีค่าน้อยกว่าค่า % critical value ซึ่งแสดงความนิ่งของข้อมูล ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูล ณ ระดับ 2^{nd} differences ไปทำการพยากรณ์ได้

4.4.2 กำหนดรูปแบบของแบบจำลองARIMA(p,d,q)โดยการพิจารณาจากCorrelogram

ตารางที่ 4.23 ตารางแสดง correlogram ของราคาทองคำที่ 1st differences

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.028	-0.028	0.4000	0.527
		2	-0.047	-0.048	1.5193	0.468
		3	0.136	0.134	10.871	0.012
		4	0.008	0.013	10.901	0.028
		5	-0.027	-0.015	11.272	0.046
		6	-0.014	-0.034	11.378	0.077
		7	0.031	0.026	11.859	0.105
		8	-0.017	-0.012	12.001	0.151
		9	-0.042	-0.035	12.919	0.166
		10	-0.004	-0.015	12.927	0.228
		11	0.020	0.020	13.137	0.284
		12	-0.053	-0.042	14.565	0.266
		13	0.046	0.051	15.658	0.268
		14	0.103	0.095	21.074	0.100
		15	-0.070	-0.052	23.630	0.072
		16	0.053	0.049	25.072	0.069
		17	-0.080	-0.116	28.373	0.041
		18	-0.011	0.002	28.431	0.056
		19	-0.048	-0.065	29.624	0.057
		20	0.027	0.053	29.996	0.070
		21	-0.043	-0.056	30.966	0.074
		22	-0.066	-0.043	33.255	0.058
		23	0.025	0.011	33.580	0.071
		24	-0.020	-0.013	33.796	0.088
		25	-0.010	0.008	33.844	0.111
		26	0.025	0.026	34.183	0.130
		27	0.021	0.001	34.416	0.154
		28	0.031	0.035	34.922	0.172
		29	0.023	0.023	35.211	0.198
		30	0.032	0.024	35.752	0.216
		31	0.040	0.056	36.593	0.225
		32	-0.006	-0.016	36.610	0.263
		33	-0.018	-0.005	36.776	0.298
		34	0.012	-0.029	36.858	0.338
		35	0.001	0.034	36.859	0.383
		36	0.064	0.063	39.084	0.333

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.23 แสดง Correlogram ของราคาทองคำที่1st differences ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่สามารถที่จะนำไปสร้างแบบจำลอง ARIMA ที่เหมาะสมได้

ตารางที่ 4.24 ตารางแสดง correlogram ของราคาทองคำที่ 2nd differences

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.487	-0.487	118.94	0.000
		2	-0.098	-0.440	123.80	0.000
		3	0.153	-0.212	135.65	0.000
		4	-0.050	-0.152	136.91	0.000
		5	-0.028	-0.125	137.30	0.000
		6	-0.002	-0.149	137.31	0.000
		7	0.042	-0.085	138.20	0.000
		8	-0.019	-0.061	138.38	0.000
		9	-0.026	-0.077	138.72	0.000
		10	0.009	-0.097	138.76	0.000
		11	0.039	-0.037	139.53	0.000
		12	-0.081	-0.123	142.93	0.000
		13	0.025	-0.145	143.25	0.000
		14	0.111	0.013	149.56	0.000
		15	-0.148	-0.089	160.78	0.000
		16	0.125	0.069	168.87	0.000
		17	-0.083	-0.035	172.45	0.000
		18	0.038	0.033	173.21	0.000
		19	-0.055	-0.082	174.80	0.000
		20	0.088	0.049	178.84	0.000
		21	-0.037	0.028	179.56	0.000
		22	-0.050	-0.013	180.88	0.000
		23	0.061	0.004	182.84	0.000
		24	-0.035	-0.032	183.50	0.000
		25	-0.011	-0.057	183.57	0.000
		26	0.026	-0.026	183.92	0.000
		27	-0.014	-0.063	184.02	0.000
		28	0.011	-0.042	184.08	0.000
		29	-0.004	-0.034	184.09	0.000
		30	0.002	-0.052	184.09	0.000
		31	0.020	0.014	184.30	0.000
		32	-0.015	-0.000	184.42	0.000
		33	-0.017	0.012	184.58	0.000
		34	0.022	-0.043	184.84	0.000
		35	-0.040	-0.064	185.71	0.000
		36	0.040	-0.058	186.58	0.000

ที่มา: จากการคำนวณ

หลังจากที่ได้ทำการหาผลต่างครั้งที่สองของข้อมูลราคาทองคำแล้วพบว่า Correlogram นั้นมีความเหมาะสมในการหาแบบจำลอง ARIMA ได้

จากการพิจารณา correlogram ของผลต่างลำดับที่ 2 ของ Gold ($\Delta^2 Gold$) ในการกำหนดแบบจำลองเพื่อหาค่า Autoregressive [AR(p)] และ Moving Average [MA(q)] โดยพิจารณาจากค่า Autocorrelation Function (AFC) และค่า Partial Autocorrelation Function (PACF) สามารถคัดเลือกแบบจำลองที่คาดว่ามีความเหมาะสมไว้ 2 แบบจำลอง ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการที่ 4.1 และสมการที่ 4.2

$$\Delta^2 Gold = C + \beta_1 \Delta^2 Gold_{t-1} + \beta_2 \Delta^2 Gold_{t-2} + \beta_3 \Delta^2 Gold_{t-3} + \beta_4 \Delta^2 Gold_{t-4} \\ \beta_5 \Delta^2 Gold_{t-5} + \beta_6 \Delta^2 Gold_{t-6} + \in_t \tag{4.1}$$

$$\Delta^2 Gold = C + \beta_1 \Delta^2 Gold_{t-1} + \beta_2 \Delta^2 Gold_{t-2} + \beta_3 \Delta^2 Gold_{t-3} + \beta_4 \Delta^2 Gold_{t-4} \\ \beta_5 \Delta^2 Gold_{t-5} + \in_t \tag{4.2}$$

4.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์

จากการประมาณค่าของแบบจำลองดังสมการที่ (4.1) และ (4.2) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการและค่าสถิติที่สำคัญดังตารางที่ 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA ที่ 1

พารามิเตอร์	สัมประสิทธิ์ (Coefficient)	P-Value
C	0.082448	0.9072
AR(1)	-0.888291	0.0000*
AR(2)	-0.788416	0.0000*
AR(3)	-0.513998	0.0000*
AR(4)	-0.390025	0.0000*
AR(5)	-0.267984	0.0000*
AR(6)	-0.166574	0.0003*
ค่าสถิติที่สำคัญ		
R-Square	0.458801	
Akaike info criterion	11.13598	
Schwarz criterion	11.19571	
Q(40)	56.416(0.009)	
Q(80)	82.228(0.24)	

ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง ARIMA ที่ 1 ของราคาทองคำดังตารางที่ 4.25 อธิบายได้ว่าราคาทองคำที่คาบเวลาที่ t ขึ้นอยู่กับราคาทองในหกคาบเวลาที่ผ่านมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขณะที่เมื่อพิจารณาค่า P-Value พบว่า ค่าคงที่ และความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.26 ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ ARIMA ที่ 2

พารามิเตอร์	สัมประสิทธิ์ (Coefficient)	P-Value
C	0.089226	0.9145
AR(1)	-0.865528	0.0000*
AR(2)	-0.745847	0.0000*
AR(3)	-0.443689	0.0000*
AR(4)	-0.269204	0.0000*
AR(5)	-0.125817	0.0059*
ค่าสถิติที่สำคัญ		
R-Square	0.444374	
Akaike info criterion	11.15684	
Schwarz criterion	11.20796	
Q(40)	58.54(0.008)	
Q(80)	83.129(0.243)	

ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง ARIMA ที่ 2 ของราคาทองคำ ดังตารางที่ 4.26 อธิบายได้ว่าราคาทองคำที่คาบเวลาที่ t ขึ้นอยู่กับราคาทองในห้าคาบเวลาที่ผ่านมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขณะที่เมื่อพิจารณาค่า P-Value พบว่า ค่าคงที่ และความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.4 เปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อนำแบบจำลองที่เหมาะสมไปใช้ในการพยากรณ์

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบแบบจำลอง ARIMA

แบบจำลองที่	ค่า R-Square	Akaike info criterion	Schwarz criterion
1	0.458801	11.13598	11.19571
2	0.444374	11.15684	11.20796

ที่มา : จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Eviews 5.1

เมื่อนำค่าทางสถิติของแต่ละแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับแล้วพบว่า แบบจำลองที่ 1 ซึ่งมีรูปแบบจำลองคือ ARIMA(6,2,0) เป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากมีค่าทางสถิติ ค่า R-Square, Akaike info criterion และ Schwarz criterion ที่ต่ำกว่าแบบจำลองที่สอง ดังนั้นแบบจำลองที่หนึ่งจึงเหมาะสมต่อการนำไปพยากรณ์ราคาทองคำ

4.2.5 การพยากรณ์

ในการพยากรณ์ได้นำข้อมูลช่วงระหว่างวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2547 ถึงวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2549 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 500 วัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์ราคาทองคำไปข้างหน้าทีละ 1 วัน เป็นจำนวน 50 วัน แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริง คือวันที่17 มกราคม พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2549 ได้ผลการพยากรณ์ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.28 ผลการพยากรณ์ราคาทองคำที่ได้จากแบบจำลอง ARIMA(6,2,0)

วัน	ผลการพยากรณ์	วัน	ผลการพยากรณ์
1	10362.2865	26	10301.96084
2	10564.35182	27	10277.22909
3	10392.97694	28	10280.67028
4	10220.02349	29	10194.9444
5	10347.84562	30	10384.92987
6	10283.48578	31	10295.68418
7	10339.79538	32	10388.01691
8	10352.26004	33	10347.99566
9	10327.23486	34	10366.01865
10	10237.00424	35	10348.98157
11	10266.45791	36	10265.17795

วัน	ผลการพยากรณ์	วัน	ผลการพยากรณ์
12	10387.41891	37	10237.08532
13	10407.98543	38	10064.46163
14	10604.37465	39	10128.53798
15	10573.76729	40	10046.37245
16	10593.14261	41	10135.9068
17	10315.10456	42	10224.00972
18	10466.05724	43	10258.73149
19	10525.34246	44	10257.95376
20	10459.22058	45	10216.50325
21	10459.22058	46	10204.28323
22	10176.91211	47	10205.07978
23	10045.35916	48	10155.2044
24	10097.95585	49	10194.82067
25	10230.3918	50	10242.11886

ที่มา : จากการคำนวณ

จากนั้นนำราคาทองคำพยากรณ์ที่ได้มาคำนวณหาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ดังแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ราคาทองคำโดยใช้แบบจำลอง ARIMA

แบบจำลอง	MAPE
ARIMA(6,2,0)	0.66

ที่มา : จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 5.1

ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ราคาทองคำจากแบบจำลอง ARIMA(6,2,0) มีค่าเท่ากับ 0.66

4.3 ผลการศึกษาแบบจำลอง GARCH –M

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาแบบจำลอง ARIMA แล้ว พบว่าแบบจำลอง AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) เป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ราคาทองคำ ต่อจากนั้นก็เป็นการนำแบบจำลองที่ได้มาใช้เพื่อศึกษาต่อในแบบจำลอง GARCH – M

เมื่อทำการทดลองหารูปแบบต่าง ๆ ประกอบการวิเคราะห์ ACF และPACF เป็นหลักพบว่า รูปแบบของอนุกรมเวลาที่มีความเหมาะสมคือ AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) AR(5) AR(6) และ GARCH – M (1,3) มีสมการค่าเฉลี่ยตามสมการ(4.3) และมีสมการความแปรปรวนตามสมการ(4.5)

$$\Delta^2 Gold = C + \delta h_t^{1/2} + \beta_1 \Delta^2 Gold_{t-1} + \beta_2 \Delta^2 Gold_{t-2} + \beta_3 \Delta^2 Gold_{t-3} + \beta_4 \Delta^2 Gold_{t-4}$$
$$\beta_5 \Delta^2 Gold_{t-5} + \beta_6 \Delta^2 Gold_{t-6} + \in_t \quad (4.3)$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, h_t) \quad (4.4)$$

$$h_t = \omega + \alpha_1 \in_{t-1}^2 + \gamma_1 h_{t-1} + \gamma_2 h_{t-2} + \gamma_3 h_{t-3} \quad (4.5)$$

ตารางที่ 4.30 ค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของรูปแบบ GARCH-M ที่เหมาะสมใน $\Delta^2 Gold$

พารามิเตอร์	สัมประสิทธิ์ (Coefficient)	P-Value
C	-6.396620	0.0975
@SQRT(GARCH)	0.089592	0.0902
AR(1)	-0.874516	0.0000*
AR(2)	-0.720805	0.0000*
AR(3)	-0.548021	0.0000*
AR(4)	-0.438405	0.0000*
AR(5)	-0.304336	0.0000*
AR(6)	-0.137508	0.0018*
C	188.2453	0.0608
RESID(-1)^2	0.125864	0.0000*
GARCH(-1)	0.961700	0.0000*
GARCH(-2)	0.943036	0.0000*
GARCH(-3)	0.810325	0.0000*
ค่าสถิติที่สำคัญ		
R-Square	0.458194	
Akaike info criterion	10.97562	
Schwarz criterion	11.08655	
Q(40)	43.987(0.117)	
Q(80)	71.444(0.563)	

ที่มา: จากการคำนวณ

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง GARCH-M ของราคาทองคำ ตามสมการที่ (4.3) และ (4.5) อธิบายได้ว่า ราคาทองคำในคาบเวลาที่ t ขึ้นอยู่กับราคาทองคำและค่าความคลาดเคลื่อน (error) ที่เกิดขึ้นในหกคาบเวลาที่ผ่านมา ขณะที่เมื่อพิจารณาค่า P-Value พบว่า ค่าคงที่ และค่าความเสี่ยง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไขของแบบจำลองนี้ขึ้นอยู่กับค่า squared error ที่เกิดขึ้นในคาบเวลาที่ผ่านมา และขึ้นอยู่กับค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในสามคาบเวลาที่ผ่านมา ($\in_{t-1}^2, h_{t-1}, h_{t-2}$ และ h_{t-3}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากนั้นนำแบบจำลอง GARCH –M ที่ได้ ไปพยากรณ์ราคาทองคำทีละหนึ่งวัน เป็นจำนวนทั้งสิ้น 50 วัน ซึ่งได้ผลออกมาดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ผลการพยากรณ์ราคาทองคำที่ได้จากแบบจำลอง GARCH – M (1,3) ซึ่งสร้างจากแบบจำลอง ARIMA(6,2,0)

วัน	ผลการพยากรณ์	วัน	ผลการพยากรณ์
1	10397.23	26	10301.54
2	10587.22	27	10278.03
3	10395.82	28	10293.09
4	10210.56	29	10214.95
5	10374.35	30	10396.09
6	10338.47	31	10330.79
7	10345.01	32	10383.55
8	10354.88	33	10360.31
9	10341	34	10365.42
10	10257.75	35	10370.8
11	10264.47	36	10265.15
12	10412.38	37	10240.36
13	10431.6	38	10075.78
14	10599.89	39	10130.05
15	10583.48	40	10068.7
16	10591.05	41	10127.06
17	10655.81	42	10237.82
18	10323.7	43	10257.7

วัน	ผลการพยากรณ์	วัน	ผลการพยากรณ์
19	10473.45	44	10259.54
20	10575.29	45	10210.95
21	10465.29	46	10208.7
22	10172.12	47	10218.62
23	10040.53	48	10154.18
24	10159.28	49	10190.01
25	10266.97	50	10245.85

ที่มา : จากการคำนวณ

จากนั้นนำราคาทองคำพยากรณ์ที่ได้มาคำนวณหาค่า MAPE ซึ่งแบบจำลองนี้ให้ค่า MAPE ออกมาดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ราคาทองคำโดยใช้แบบจำลอง GARCH – M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA(6,2,0)

แบบจำลอง	MAPE
GARCH – M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA(6,2,0)	0.76

ที่มา : จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Eviews 5.1

ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ราคาทองคำจากแบบจำลอง GARCH – M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA(6,2,0) มีค่าเท่ากับ 0.76

4.4 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลอง Neural Networks, ARIMA และ GARCH-M

จากการพยากรณ์ราคาทองคำตั้งแต่วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2549 โดยใช้แบบจำลองนิวรอลเน็ตเวิร์ค แบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง GARCH –M ได้ค่า MAPE ดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ของแต่ละแบบจำลอง

แบบจำลอง	MAPE
Neural Networks ที่มีจำนวนข้อมูลนำเข้า 38 ตัวจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง 10 นิวรอล จำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่สอง 30 นิวรอล	2.05
ARIMA(6,2,0)	0.66
GARCH-M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA(6,2,0)	0.76

ที่มา : จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.33 อธิบายได้ว่าแบบจำลองที่ให้ค่า MAPE น้อยที่สุดเท่ากับ 0.66 ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุดคือแบบจำลอง ARIMA(6,2,0) รองลงมาคือแบบจำลอง GARCH-M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA(6,2,0) ให้ค่า MAPE เท่ากับ 0.76 และสุดท้ายคือแบบจำลอง Neural Networks ที่มีจำนวนข้อมูลนำเข้า 38 ตัวจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layer ที่หนึ่ง 10 นิวรอลจำนวนนิวรอลในชั้น Hidden Layerที่สอง 30 นิวรอล ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 2.05