

การทำนายราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟัซซี

Stock Prices Prediction by Using Fuzzy System



วัน เดือน ปี.....	07.08.2549
เลขทะเบียน.....	01558
เลขเรียกหนังสือ.....	2451ก
	2540
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."	

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน
 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540
 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อหัวข้อ	การทำนายราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟัซซี
นักศึกษา	นาย ปราโมทย์ พรหมอินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. วรพจน์ กรีสระเดช
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

ราคาหุ้นที่มีการเคลื่อนไหวเป็นแบบสุ่มจะสัมพันธ์กับราคาหุ้นในอดีต การเคลื่อนไหว
ไหวของราคาหุ้นจะมีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น ตัวแบบที่เป็นเชิงเส้นอย่างง่ายจึงไม่สามารถอธิบาย
การเคลื่อนไหวของราคาหุ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพดี โครงการนี้เป็นการศึกษานำระบบ
ฟัซซีเพื่อใช้ในการทำนายข้อมูลราคาหุ้น โดยใช้ระบบฟัซซีที่นำเสนอโดย โล-จิน หวาง ผลการ
ศึกษาพบว่าความแม่นยำที่ได้จากการทำนายโดยใช้ระบบฟัซซีสูงกว่าการทำนายโดยใช้เทคนิคการ
เฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิและการใช้ตัวแบบ ARMA(p,q) โดยใช้เกณฑ์การวัดความแม่นยำ 3 ชนิด คือ ค่า
เฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และการ
เปลี่ยนแปลงของทิศทาง

Title Stock Prices Prediction by Using Fuzzy System
Student Pframote Prom-in
Advisor Dr. Worapoj Kreesuradeh
Level of Study Master of Science in Information Technology
Major Information Science
Year 1997

ABSTRACT

Stock Price Movements are random and relate with their histories. In addition, They are found to have non-linear dependence with their past. Thus, Simple linear models can not be used to describe the stock price movement accurately. To solve this problem, the Fuzzy model proposed by Li-Xin Wang is constructed for stock price forecasting. The results, which are composed with that of ARMA(p,q) and double moving average, show significant improvement in term of Mean Square Error, Mean Absolute Deviation and Direction Change.

กิตติกรรมประกาศ

เมื่อข้าพเจ้าเขียนโครงการล่องมาจนถึงขณะนี้ ความรู้สึกเหนื่อยซึ่งเกิดขึ้นบ่อยครั้ง กลับกลายเป็นความภูมิใจและดีใจกับผลสำเร็จของโครงการ การที่ข้าพเจ้าเกิดความรู้สึกดังกล่าวได้ก็เพราะความเมตตา ความรัก และความปรารถนาดีของผู้มีพระคุณทุกๆท่านที่อยู่รอบข้าง และเคียงข้างข้าพเจ้า และที่สำคัญที่สุดคือให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า แม้ว่าข้าพเจ้าจะไม่ได้กล่าวนามของท่านเหล่านั้น แต่ทุกๆท่านจะจารึกอยู่ในความทรงจำของข้าพเจ้าตลอดไป

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกๆท่านมา ณ โอกาสนี้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. วรพจน์ กรีสระเดช ที่กรุณาให้คำแนะนำทั้งด้านวิชาการและให้กำลังใจมาตลอด

ปราโมทย์ พรหมอินทร์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VIII
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนของการดำเนินการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ระบบฟuzzyคืออะไร.....	7
2.2 โครงสร้างของระบบฟuzzyกับฟuzzyฟายเออร์และดีฟuzzyฟายเออร์.....	7
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบฟuzzy.....	9
2.4 เทคนิคการเคลื่อนที่.....	10
2.5 กระบวนการ ARMA(p,q).....	11
3. วิธีการดำเนินการศึกษา.....	14
3.1 วิธีสร้างระบบฟuzzyกับฟuzzyฟายเออร์และดีฟuzzyฟายเออร์เพื่อทำนายข้อมูล	14
3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทำนายกับเทคนิคการทำนาย.....	18
4. ผลการดำเนินการศึกษา.....	20
4.1 ผลการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy.....	20
— ผลการเตรียมและปรับปรุงข้อมูล.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

— ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้นแบบ inside prediction.....	22
— ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้นแบบ outside prediction.....	30
— ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้นล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา	31
4.2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนาย.....	26
— ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายแบบ inside prediction.....	35
— ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายแบบ outside prediction.....	36
— ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายกรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา ...	37
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม.....	41
ภาคผนวก.....	42



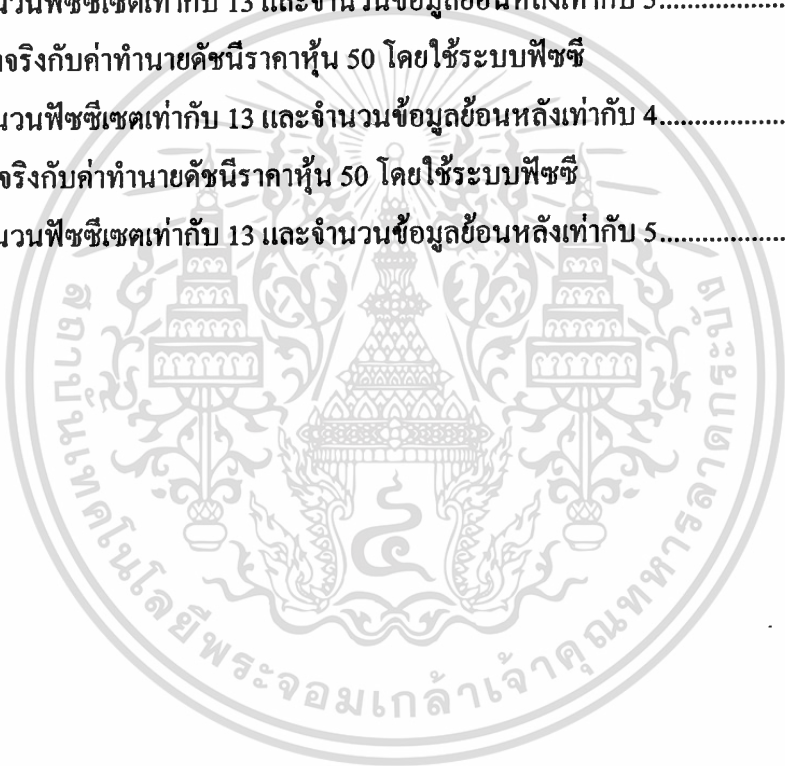
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงผลค่า MSE, MAD และ DC ที่ได้จากการทำนายโดยใช้ระบบพีชชี (inside).....	22
2. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (inside).....	25
3. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (inside)	27
4. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ตัวแบบ ARMA(6,3) (inside).....	29
5. แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆแบบ inside ...	35
6. แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆแบบ outside .	36
7. แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆ (กรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา)	37
8. แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆ (กรณีล่วงหน้า 2 หน่วยเวลา)	38
9. แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆ (กรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา)	38
10. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3.....	43
11. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4.....	44
12. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5.....	45
13. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2.....	46
14. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิวเจอร์ กรณีจำนวนฟิวเจอร์เซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4.....	48
16. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิวเจอร์ กรณีจำนวนฟิวเจอร์เซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5.....	49
17. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิวเจอร์ กรณีจำนวนฟิวเจอร์เซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2.....	50
18. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิวเจอร์ กรณีจำนวนฟิวเจอร์เซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3.....	51
19. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิวเจอร์ กรณีจำนวนฟิวเจอร์เซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4.....	52
20. แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิวเจอร์ กรณีจำนวนฟิวเจอร์เซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5.....	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. โครงสร้างของระบบฟัซซีกับ Fuzzifier และ Defuzzifier.....	7
2. อัลกอริทึมในการสร้าง Fuzzy Inference Engine	18
3. แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลดัชนีหุ้น 50 และส่วนประกอบแนวโน้ม แบบเส้นตรง.....	21
4. แสดงดัชนีราคาหุ้น 50 ที่ตัดส่วนประกอบแนวโน้มออกและปรับปรุงค่าให้มีค่าอยู่ ระหว่าง -6 ถึง 6	21
5. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (inside)	24
6. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (inside)	26
7. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ตัวแบบ ARMA(6,3) (inside).	28
8. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (outside).....	30
9. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (outside)	31
10. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวน ฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (กรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา).....	32
11. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวน ฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (กรณีล่วงหน้า 2 หน่วยเวลา).....	32
12. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวน ฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (กรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา).....	33
13. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (กรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา)	34

14. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (กรณีล่วงหน้า 2 หน่วยเวลา)	34
15. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (กรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา)	35
16. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3	54
17. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4	54
18. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5	55
19. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 7 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2	55
20. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 7 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3	56
21. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 7 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4	56
22. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 7 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5	57
23. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 13 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2	57
24. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 13 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3	58
25. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 13 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4	58
26. แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชชี กรณีจำนวนพีชชีเขตเท่ากับ 13 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ตลาดทุน (Capital Market) เป็นแหล่งกลางระดมเงินและจัดสรรเงินทุนระยะยาวที่มีบทบาทสำคัญต่อการขยายการลงทุนของธุรกิจต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจ การขยายหรือการเพิ่มการลงทุนในกิจการใดๆ นอกจากการกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงิน ซึ่งจะต้องมีการใช้คืนทั้งเงินต้นและดอกเบี้ยแล้ว อีกวิธีหนึ่งก็คือการขยายทุนเพิ่มหุ้นออกขายให้แก่ประชาชน กระจายความเป็นเจ้าของกิจการออกไป การซื้อขายหุ้นในครั้งแรกเรียกว่า ตลาดแรกหรือตลาดหลักทรัพย์ออกใหม่ (Primary Market or New Issued Market) หรือเรียกโดยทั่วไปว่า ตลาดซื้อขาย “หุ้นจอง” ซึ่งเป็นแหล่งระดมเงินทุนเพื่อนำไปใช้ในธุรกิจอย่างแท้จริง นักลงทุนที่ซื้อหลักทรัพย์ในตลาดแรก ย่อมมีความต้องการให้หลักทรัพย์ที่ซื้อมาได้สามารถแปรเปลี่ยนเป็นเงินสดเมื่อไรก็ได้ตามต้องการ จึงมีตลาดรองหรือตลาดซื้อขายหลักทรัพย์ (Secondary Market or Trading Market) เกิดขึ้น เพื่อสนับสนุนให้ตลาดแรกมีสภาพคล่อง

การตัดสินใจของนักลงทุนในการเลือกซื้อหลักทรัพย์ จะอาศัยการวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน (Fundamental Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ภาวะเศรษฐกิจ การวิเคราะห์ภาวะอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ภาวะการดำเนินงานของบริษัท และการวิเคราะห์ภาวะการเมือง เพื่อช่วยตัดสินใจว่าควรซื้อหลักทรัพย์ใดจึงจะคุ้มกับการลงทุนและลดความเสี่ยง อีกทางหนึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ทางเทคนิค (Technical Analysis) ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลในอดีตและพฤติกรรมเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ เพื่อนำไปคาดการณ์ราคาของหลักทรัพย์นั้น ๆ ในอนาคต

แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ในอดีตสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ในอนาคต โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์และสถิติชนิดหนึ่ง ซึ่งจะต้องสร้างตัวแบบ (Model) ที่สามารถแสดงความเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์จึงเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจและได้มีการศึกษาค้นคว้าจากนักเศรษฐศาสตร์ นักการเงินการธนาคารและนักลงทุนอย่างกว้างขวาง ตัวแบบที่ดีและเหมาะสมจะสามารถนำมาใช้อธิบายการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์และนำมาใช้ในการทำนายราคาหลักทรัพย์ในอนาคตได้

ในอดีตมีการศึกษาและงานวิจัยจำนวนมากที่พิจารณาว่า ความเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบที่มีลักษณะเป็นแบบแรนดอมวอล์ค (Random Walk) โดยนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้วิเคราะห์และทำนายราคาหุ้นหลากหลายตัวแบบ [7] ตัวอย่างเช่น ตัวแบบ MA(q) (Moving Average of order q), ตัวแบบคั้งนี้ชี้วัด MACD (Moving Average Convergence Divergence), ตัวแบบ ARMA(p,q) (Autoregressive Moving Average Process of order p and q), ตัวแบบการพยากรณ์ ARMAX (ARMAX forecasting model) [6] เป็นต้น ตัวแบบเหล่านี้เป็นตัวแบบที่เป็นเชิงเส้น (Linear Model) ซึ่งใช้เทคนิคและวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติในการหาฟังก์ชันและ/หรือพารามิเตอร์ต่างๆ มาอธิบายการเคลื่อนไหวของราคาหุ้น อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะต้องมีเงื่อนไขและข้อสมมติหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเงื่อนไขที่เกี่ยวกับข้อมูลที่น่าวิเคราะห์จะต้องเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่มีลักษณะสอดคล้องกระบวนการแรนดอมวอล์ค (Random Walk Process) ซึ่งหมายความว่าในช่วงเวลานั้นภาวะของตลาดหุ้นจะเข้าสู่จุด efficiency ด้วย กล่าวคือ

ถ้า $\{X_t\}$ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่สอดคล้องกระบวนการแรนดอมวอล์คแล้ว จะได้ว่า

$$X_t = f(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-n})$$

และที่สำคัญอีกประการก็คือข้อสมมติที่ว่าข้อมูลอนุกรมเวลานี้จะต้องเคลื่อนไหวที่เป็นเชิงเส้นแต่ปัจจุบันมีการศึกษาและวิจัยจำนวนมากที่ยืนยันว่าในระบบที่เป็นอยู่จริง (Real System) ข้อมูลอนุกรมเวลามักจะมีการเคลื่อนไหวเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) [4] และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลราคาหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีการเคลื่อนไหวค้ำกับทฤษฎีแรนดอมวอล์ค (อ้างโดย วัลลภ โรจนศิริวิชย์, 2538) จึงทำให้การนำตัวแบบที่เป็นเชิงเส้นมาอธิบายอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์และคาดการณ์ราคาในอนาคตเกิดขึ้นมาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาการเคลื่อนไหวของราคาหุ้นพบว่า ราคาหุ้นซึ่งไม่เพียงแต่มีการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นแบบสุ่มแต่ยังสัมพันธ์กับราคาหุ้นในอดีตด้วย และการเคลื่อนไหวของราคาหุ้นจะมีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น [5] กล่าวคือ ยังไม่มีการศึกษาและวิจัยใดที่มีข้อสรุปได้ อย่างแน่ชัดว่ามีฟังก์ชันและ/หรือพารามิเตอร์ใดที่สามารถนำมาใช้อธิบายการเคลื่อนไหวของราคาหุ้นใดเป็นที่แน่นอน ดังนั้นจึงมีนักวิจัยจำนวนมากที่ใช้ตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นมาอธิบายการเคลื่อนไหวของราคาหุ้นมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) ในการทำนายราคาหุ้น [7] เป็นต้น

ระบบฟัซซี (Fuzzy System) เป็นระบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เราสามารถที่จะนำระบบฟัซซีมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบและเพื่อสร้างตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อนำไปใช้อธิบายข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวไม่เป็นเชิงเส้น เช่น ข้อมูลเพื่อการควบคุมการผลิต ข้อมูลเพื่อการพยากรณ์อากาศ ข้อมูลที่ใช้ในวิศวกรรมควบคุม ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และการเงินการธนาคาร และข้อมูลอนุกรมเวลา เป็นต้น [4]

ในการวิจัยนี้จะนำระบบฟัซซีซึ่งนำเสนอโดย ไค-ชิน หวาง [8] มาใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบและเพื่อสร้างตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นของข้อมูลราคาหุ้นในอดีตและใช้ในการสร้าง fuzzy IF-THEN rule เพื่อนำไปใช้ในการทำนายราคาหุ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาโครงการนี้มีวัตถุประสงค์คือ

1. ศึกษาวิธีการนำระบบฟัซซีมาประยุกต์ใช้ในการทำนายข้อมูลอนุกรมเวลา
2. ทำนายราคาหุ้นและ/หรือดัชนีราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟัซซีที่ทำให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ
3. ศึกษาเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการทำนายราคาหุ้นโดยใช้วิธีต่าง ๆ ดังนี้
 - 3.1 โดยใช้ระบบฟัซซี (Fuzzy System)
 - 3.2 เทคนิคการทำให้เรียบแบบซ้ำสองครั้ง (Double Moving Average)
 - 3.3 กระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่กับกระบวนการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive Moving Average Process of order p and q)

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาโครงการนี้กำหนดขอบเขตในการศึกษาเป็นการพัฒนาระบบฟัซซีโดยการสร้าง fuzzy IF-THEN rule base ในรูปแบบของ Fuzzy Inference Engine ในการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2539 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2540 และเปรียบเทียบความแม่นยำของผลการทำนายกับวิธีการพยากรณ์อื่น 2 วิธี คือ เทคนิคการทำให้เรียบแบบซ้ำสองครั้ง และกระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่กับกระบวนการถดถอยในตัวเอง

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินการศึกษา

การศึกษาโครงการานนี้ จะดำเนินการพัฒนาระบบฟัซซีโดยการสร้าง fuzzy IF-THEN rule base โดยใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือในการพัฒนา โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. จัดเตรียมและปรับปรุงข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 (Set 50 Index) ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2539 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2540 เพื่อกำหนดเป็น input-output pairs ในขั้นตอนนี้ถ้าข้อมูลมีองค์ประกอบแนวโน้ม (Trend component) ของข้อมูลจะต้องทำการปรับปรุงข้อมูลและกำหนดให้ข้อมูลมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -6 ถึง 6

2. ข้อมูลที่ได้จากข้อ 1. จะถูกนำไปใช้สร้างระบบระบบฟัซซี โดยยึดแนวทางการนำเสนอของ LI-XIN WANG [8] ซึ่งมีขั้นตอนคร่าวๆดังนี้ (รายละเอียดอยู่ในบทที่ 3.)

2.1 ข้อมูลที่ได้จากข้อ 1 จะถูกนำไปดำเนินการฟัซซีฟายเออร์ (Fuzzifier) สำหรับการศึกษารุ่นนี้ใช้วิธีการฟัซซีฟายเออร์แบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzifier)

2.2 ในแต่ละ input-output pairs จำนวนร้อยละ 90 ของข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปสร้างเป็น fuzzy IF-THEN rule base เพื่อที่จะนำไปใช้ในการทำนายราคาหุ้น 50 ต่อไป โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- แต่ละ fuzzy IF-THEN rule ที่ได้จะต้องไม่ขัดแย้งกัน
- ในกรณีที่มีกฎใดขัดแย้งกันจะเลือกกฎที่มีค่าระดับ (degree) สูงสุด
- สำหรับกฎที่ไม่ขัดแย้งกัน(และเหมือนกันด้วย)จะจัดเลือกกฎที่มีค่าระดับสูงสุดเช่นกัน

2.3 ฐาน fuzzy IF-THEN rule ที่ได้จากข้อ 2.2 จะถูกนำไปใช้ในการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยกำหนดให้ค่าการเป็นสมาชิกของ output ที่ได้จากการทำนายเท่ากับผลคูณของค่าการเป็นสมาชิกของ input ที่สอดคล้องตามกฎที่มีอยู่ใน fuzzy IF-THEN rule base

2.4 ผลที่ได้จากการทำนายจะนำไปดำเนินการดีฟัซซีฟายเออร์ (Defuzzifier) สำหรับการศึกษารุ่นนี้ใช้วิธีการดีฟัซซีฟายเออร์แบบ Center average defuzzifier

3. ผลที่ได้จากข้อ 2 จะต้องดำเนินการแปลงกลับให้สอดคล้องกรณีที่ทำเนิการตามข้อ 1 ให้เป็นผลการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50

4. เปรียบเทียบความแม่นยำของผลการทำนายกับวิธีการพยากรณ์อื่น 2 วิธีที่กำหนดในขอบเขตการศึกษา โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองโดยเฉลี่ย (Mean Square Error), ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Deviation) และการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง (Directional Change)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลจากการศึกษาจะทำให้ทราบวิธีการพัฒนาระบบพีชชีในการประยุกต์ใช้ในการทำนายข้อมูลอนุกรมเวลา
2. ผลจากการศึกษาจะทำให้ทราบว่ากระบวนการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งดัชนีราคาหุ้นในอดีตด้วยระบบพีชชีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทำนายราคาหุ้นในอนาคตได้ดีเพียงไร และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้และเป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะใช้ประกอบการตัดสินใจซื้อขายหลักทรัพย์หรือไม่อย่างไร



บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดในการนำระบบพีชชีมาประยุกต์ใช้ในการทำนายราคาหุ้นซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารูปแบบหนึ่ง เริ่มจากลักษณะของราคาหุ้นจะมีการเคลื่อนไหวที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น จึงทำให้การวิเคราะห์และทำนายด้วยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบต่าง ๆ ที่เป็นเชิงเส้น อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มากและอาจนำไปสู่การตัดสินใจในการลงทุนมีโอกาสผิดพลาดสูง จึงควรที่จะสร้างระบบที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และทำนายข้อมูลที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น โดยเฉพาะมาใช้ในการทำนายราคาหุ้น ระบบพีชชีเป็นระบบหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้

การทำนายราคาหุ้นโดยใช้ระบบพีชชี มีแนวคิดพื้นฐานที่ว่า พฤติกรรมของราคาหุ้นในอดีตจะต้องมีลักษณะเกี่ยวเนื่องหรือมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของราคาหุ้นในปัจจุบันและสามารถนำไปใช้ในการทำนายราคาหุ้นในอนาคตได้ หมายความว่า

สมมติให้ $X(t)$ เป็นข้อมูลราคาหุ้น ณ เวลา t จากแนวคิดพื้นฐานข้างต้น อาจแสดงให้อยู่ในรูปสมการเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$X(t) = f(X(t-1), X(t-2), \dots, X(t-n))$$

เมื่อ n เป็นจำนวนข้อมูลในอดีต

ถึงแม้ว่าในระบบที่ปรากฏอยู่จริง เราจะไม่สามารถหาฟังก์ชันที่ทำให้สมการดังกล่าวเป็นจริงได้ แต่สิ่งสำคัญก็คือ ความพยายามที่จะหาฟังก์ชันหรือสร้างระบบที่สามารถทำนายค่าข้อมูลนี้ให้ได้ใกล้เคียงมากที่สุด นั่นคือ

$$\hat{X}(t) = f(X(t-1), X(t-2), \dots, X(t-n))$$

เมื่อ $\hat{X}(t)$ เป็นค่าที่เกิดจากการทำนายข้อมูลด้วยฟังก์ชัน ณ เวลา t

โดยที่ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนาย หาได้จาก

$$e(t) = X(t) - \hat{X}(t)$$

เมื่อ $e(t)$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายข้อมูล ณ เวลา t

เป้าหมายที่สำคัญของการทำนายข้อมูลในลักษณะนี้ก็คือ ทำให้ได้ $e(t)$ ค่าที่สุด

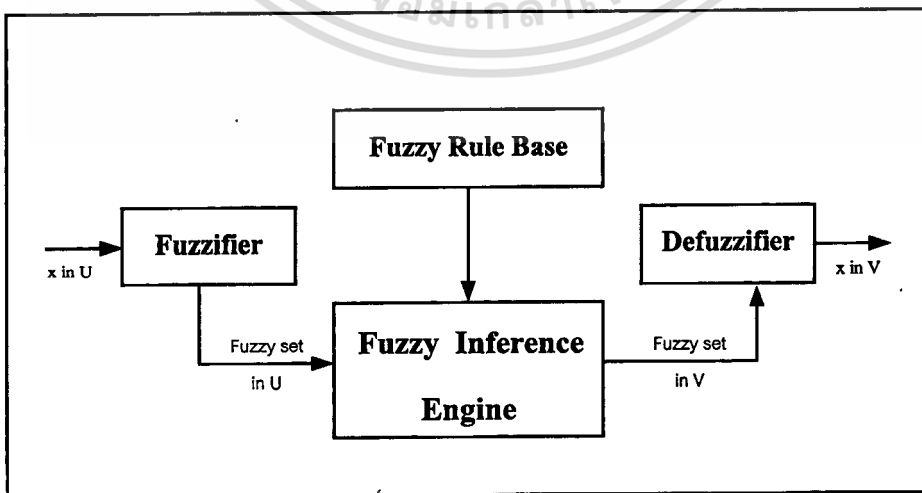
2.1 ระบบฟัซซีคืออะไร

ระบบฟัซซี (Fuzzy System) หมายถึงระบบฐานความรู้หรือระบบฐานกฎเกณฑ์ (knowledge-based or rule-based systems) [8] ซึ่งจะเป็นระบบของการจัดเก็บข้อมูลและข่าวสารในรูปแบบประโยคถ้า-แล้ว (IF-THEN rule) ระบบฟัซซีมีหลายรูปแบบ เช่น ระบบฟัซซีบริสุทธิ์ (pure fuzzy systems), ระบบฟัซซีของทากาจิ-ซูจิโน-กัง (Takagi-Sugeno Kang fuzzy systems) ระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์ (fuzzy systems with fuzzifier and defuzzifier) เป็นต้น สำหรับระบบฟัซซีที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายราคาหุ้นในการวิจัยครั้งนี้ก็คือ ระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์

2.2 โครงสร้างของระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์

ข้อมูลที่ยังไม่ได้รับการแปลงให้เป็นฟัซซีเซต (เช่น ข้อมูลราคาหุ้น เป็นต้น) ก่อนที่จะนำมาสร้างระบบฟัซซีในรูปแบบนี้จะต้องได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปฟัซซีเซตโดยการฟัซซีฟายเออร์เสียก่อน จากนั้นข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งจะต้องนำไปสร้างเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับอ้างอิงแบบฟัซซี (fuzzy Inference Engine) ซึ่งเราเรียกข้อมูลเหล่านี้ว่า training data แต่ละชุดของข้อมูลจะต้องนำไปสร้างเป็น fuzzy IF-THEN rule ผลที่ได้จากการดำเนินการทำนายจะต้องนำไปแปลงกลับให้อยู่ในรูปเดิมโดยการดีฟัซซีฟายเออร์

สำหรับโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์ดังแสดงในภาพที่ 1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างของระบบฟัซซีกับ Fuzzifier และ Defuzzifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ฟัชซีฟายเออร์ (fuzzifier)

ฟัชซีฟายเออร์ เป็นกระบวนการแปลง (map) ค่าข้อมูลที่ถูกนำมาสร้างระบบฟัชซี (เราเรียกข้อมูลที่ยังไม่แปลงเป็นฟัชซีเซตว่า (Crisp data) ในเซต U ให้เป็นฟัชซีเซตใน U ซึ่งเขียนในรูปสมการ ได้ดังนี้

$$X = \text{fuzzifier}(x_0)$$

โดยที่ x_0 เป็นค่าข้อมูลที่จะนำมาสร้างระบบฟัชซี (crisp data)

X เป็นฟัชซีเซต

fuzzifier เป็นการดำเนินการแปลงค่า crisp data ให้เป็นฟัชซีเซต

สำหรับฟัชซีฟายเออร์ซึ่งเป็นการแปลงค่าข้อมูล crisp data ให้เป็นฟัชซีเซตนั้น มีอยู่หลายวิธี เช่น Singleton fuzzifier, Gaussian fuzzifier, Triangular fuzzifier เป็นต้น

2.2.2 Fuzzy Rule Base

หลังจากข้อมูลที่ถูกนำมาสร้างระบบฟัชซีถูกแปลงให้เป็นฟัชซีเซตแล้ว ข้อมูลที่ถูกจัดเป็นคู่ ซึ่งเรียกว่า input-output pairs จะเขียนอยู่ในรูปของ fuzzy IF-THEN rule ซึ่งเขียนอยู่ในรูป

ถ้า < fuzzy proposition > แล้ว < fuzzy proposition >

fuzzy IF-THEN rule ทั้งหมดรวมเรียกว่า ฐานกฎแบบฟัชซี (Fuzzy Rule Base)

2.2.3 Fuzzy Inference Engine

Fuzzy Inference Engine จะรวม (combine) fuzzy IF-THEN rule ทั้งหมดจาก fuzzy rule base เพื่อใช้สำหรับการอ้างอิงและนำไปใช้ในการดำเนินการตามหลักพื้นฐานของตรรกฟัชซี วิธีการสร้าง Fuzzy Inference Engine มีด้วยกันหลายวิธี เช่น Product Inference Engine, Minimum Inference Engine, Zadeh Inference Engine เป็นต้น

2.2.4 ดิฟัชซีฟายเออร์ฟัชซี (Defuzzifier)

ผลลัพธ์ (Output) ที่ได้จากการดำเนินการตามตรรกฟัชซีซึ่งอยู่ในรูปฟัชซีเซตจะต้องทำการแปลงกลับไปเป็นค่า crisp data ใน V ซึ่งเขียนในรูปสมการ ได้ดังนี้

$$y^* = \text{defuzzifier}(\mu_R(u))$$

โดยที่ μ_R เป็นค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต R

y^* เป็นค่าผลลัพธ์ในรูป crisp data ใน V

defuzzifier เป็นกระบวนการแปลงฟัชซีเซตใน V ให้เป็นค่า crisp data ใน V

สำหรับดิฟัชซีฟายเออร์ซึ่งเป็นการแปลงฟัชซีเซตกลับไปเป็นค่า crisp data นั้นมี

อยู่หลายวิธี เช่น Center of Gravity Defuzzifier, Center Average Defuzzifier, Maximum

Defuzzifier เป็นต้น

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบฟัซซี

ในฟัซซีเซตมีตัวดำเนินการต่าง ๆ [8] ดังนี้

สมมติให้ A และ B เป็นฟัซซีเซตใน U ที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิก μ_A และ μ_B ตามลำดับ

ยูเนียน (Union)

$$A \cup B = \{ (x, \mu_{A \cup B}(x)) / x \in A \text{ หรือ } x \in B, \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \in [0,1] \}$$

อินเตอร์เซกชัน (Intersection)

$$A \cap B = \{ (x, \mu_{A \cap B}(x)) / x \in A \text{ และ } x \in B, \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \in [0,1] \}$$

คอมพลีเมนต์ของฟัซซีเซต (Complement of Fuzzy Set A)

$$A^c = \{ (x, \mu_{A^c}(x)) / x \notin A \text{ และ } \mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x) \}$$

ความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Relation)

สมมติให้ A และ B เป็นฟัซซีเซตใด ๆ เราจะเรียก R ว่าความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Relation) ในผลคูณคาร์ทีเซียนของฟัซซีเซต A และ B ($A \times B$) ก็ต่อเมื่อ

$$R = \{ ((x,y), \mu_R(x,y)) / (x,y) \in A \times B \text{ และ } \mu_R(x,y) \in [0,1] \}$$

ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$\mu_R: A \times B \rightarrow [0,1]$$

โดยที่

$$A \times B = \{ (x,y) / x \in A, y \in B \}$$

ในทำนองเดียวกัน ถ้าให้ A_1, A_2, \dots, A_n เป็นฟัซซีเซต n ฟัซซีเซตเราจะเรียก R ว่าความสัมพันธ์ฟัซซีใน $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ ก็ต่อเมื่อ

$$R = \{ ((x_1, x_2, \dots, x_n), \mu_R(x_1, x_2, \dots, x_n)) / (x_1, x_2, \dots, x_n) \in A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \text{ และ } \mu_R(x_1, x_2, \dots, x_n) \in [0,1] \}$$

เขียนแทนด้วย

เอกสารนี้เป็น $\mu_R: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \rightarrow [0,1]$ งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์เอกลักษณ์ (Identification relation) นิยามโดยให้ A และ B เป็นพีชชีเซตใด ๆ เป็นความสัมพันธ์เอกลักษณ์ ก็คือเมื่อ

$$I = \{ ((x,y), \mu_r(x,y)) / (x,y) \in A \times B \}$$

โดยที่

$$\mu_r(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } x=y \\ 0 & \text{เมื่อ } x \neq y \end{cases}$$

2.4 เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิ (Double Moving Average Method)

รูปแบบของเทคนิค

$$X(t) = A + B t + e(t)$$

เมื่อ $X(t)$ คือข้อมูล ณ เวลา t ; $t=1,2,\dots,n$

A, B คือค่าพารามิเตอร์ของรูปแบบ

$e(t)$ คือค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ซึ่งจะมีข้อตกลงเบื้องต้นที่เกี่ยวกับ $e(t)$ คือ

1. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0
2. มีค่าความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ^2

สำหรับขั้นตอนในการหาค่าพยากรณ์ มีดังนี้

1. กำหนดค่าคงที่ของจำนวนเทอมที่จะหาค่าเฉลี่ยทั้งสองครั้ง (N)
2. คำนวณค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่อย่างง่ายครั้งที่หนึ่งและครั้งที่สองตาม

ลำดับ โดยใช้สูตร

$$S_i(1) = (X(t) + X(t-1) + \dots + X(t-n+1)) / N$$

$$S_i(2) = (S_i(1) + S_{i-1}(1) + \dots + S_{i-n+1}(1)) / N$$

3. คำนวณค่าประมาณพารามิเตอร์ โดยใช้สูตร

$$a_i = 2 S_i(1) - S_i(2)$$

$$b_i = [2 (S_i(1) - S_i(2))] / (N-1)$$

4. คำนวณค่าพยากรณ์ จากสูตร

$$F_{t+m} = a_i + b_i (m)$$

เมื่อ F_{t+m} คือค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+m$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- N คือค่าคงที่ของจำนวนเทอมที่จะหาค่าเฉลี่ย
 a_i, b_i คือค่าประมาณพารามิเตอร์ของรูปแบบ ณ เวลา t
 $S_t(1)$ คือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายครั้งที่หนึ่ง
 $S_t(2)$ คือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายครั้งที่ 2

2.5 กระบวนการ ARMA(p,q) (Mixed Autoregressive - Moving Average Process of Order p and q)

รูปแบบของเทคนิค

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \delta + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \dots - \theta_q u_{t-q}$$

เมื่อ X_t คือข้อมูล ณ เวลา t

ϕ, θ คือค่าพารามิเตอร์ของรูปแบบ

δ คือค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ซึ่งจะมีข้อตกลงเบื้องต้นที่เกี่ยวกับ คือ

1. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0
2. มีค่าความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ^2
3. ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เท่ากับ 0

2.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการพยากรณ์

การศึกษานี้นอกจากจะเป็นการสร้างระบบพีชชีมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ราคาหุ้นแล้ว เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของการพยากรณ์กับวิธีการพยากรณ์อื่นอีก 2 แบบคือ

1. เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิ-
2. กระบวนการ ARMA(p,q)

เหตุที่เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิเนื่องจากการเฉลี่ยครั้งเดียวจะเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ไม่น่าจะมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าคงที่ของตัวแบบแต่ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มีแนวโน้มการใช้แบบครั้งเดียวจะทำให้การพยากรณ์ผิดจากความเป็นจริง ในลักษณะถ้าค่าของข้อมูลมีแนวโน้มสูงขึ้นการพยากรณ์ที่ได้มักจะต่ำกว่าความเป็นจริง ในทางตรงข้ามถ้าค่าของข้อมูลมีแนวโน้มต่ำลง การพยากรณ์ที่ได้จะสูงกว่าความเป็นจริง การเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิจึงเหมาะสมกว่า เพราะลักษณะของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลราคาหุ้นอาจมีแนวโน้มสูงขึ้นหรือต่ำลงในแต่ละช่วงเวลา[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินว่าผลลัพธ์จากการทำนายวิธีการใดใช้ได้ดีกว่า จะพิจารณาจาก 3 กรณี

1. ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error)
2. ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Deviation)
3. ค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง (Direction Change)

เกณฑ์ที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย

โดยทั่วไปในการตัดสินว่าเทคนิคการพยากรณ์วิธีการใดจะใช้ได้ดีกว่า จะเปรียบเทียบจากความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริงในรูปของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ว่า วิธีการที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำ เป็นวิธีการที่ดีกว่า แต่ในการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์การตัดสินว่าวิธีการพยากรณ์ใดดีกว่ากันด้วยค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เพราะค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนจะไม่บอกความคลาดเคลื่อนจากการทำนายทิศทางเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทางเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินว่า เทคนิคการพยากรณ์วิธีการใดดีกว่าด้วย การหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทางทำได้ดังนี้

กำหนดให้ $X(t)$ เป็นข้อมูลจริง ณ เวลา t ใดๆ

ถ้า $X(t)$ เป็นค่าที่เกิดจากการทำนายข้อมูล ณ เวลา t ถ่วงหน้า 1 หน่วยเวลา เราสามารถหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ได้จากสูตร

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X(t) - X(t+1))^2}{n}$$

เราสามารถหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน ได้จากสูตร

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X(t) - X(t+1)|}{n}$$

สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง หาได้จากสูตร

$$DC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$$a_i = \begin{cases} 1, (x(t+1) - x(t))(x(t) - x(t)) > 0 \\ 0, otherwise \end{cases}$$

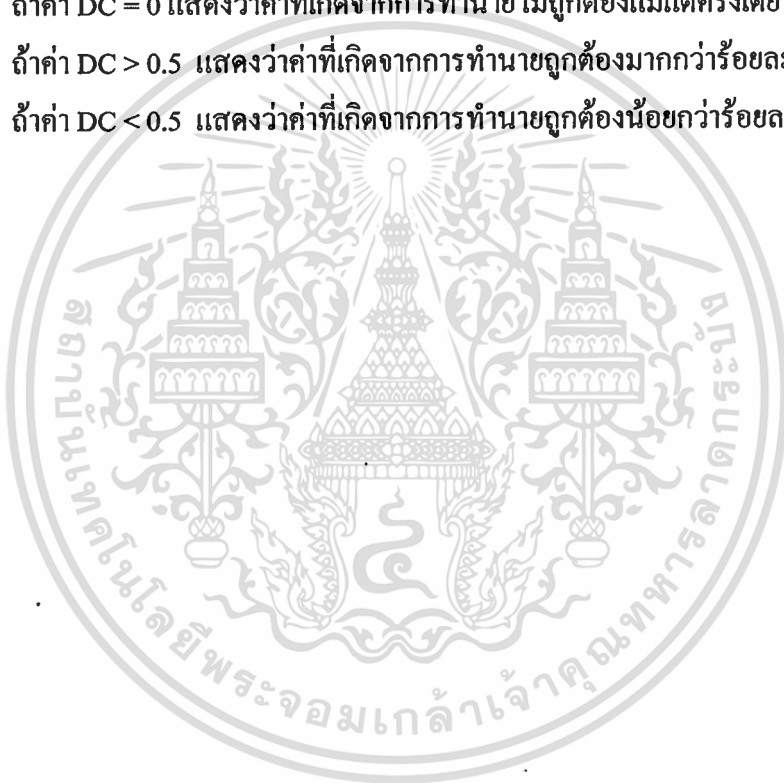
การแปลความหมายค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง จะแตกต่างจากการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน กล่าวคือ

ถ้าค่า $DC = 1$ แสดงว่าค่าที่เกิดจากการทำนายถูกต้องทุกครั้งที่มีการทำนาย

ถ้าค่า $DC = 0$ แสดงว่าค่าที่เกิดจากการทำนายไม่ถูกต้องแม้แต่ครั้งเดียว

ถ้าค่า $DC > 0.5$ แสดงว่าค่าที่เกิดจากการทำนายถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50

ถ้าค่า $DC < 0.5$ แสดงว่าค่าที่เกิดจากการทำนายถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 [3]



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาโครงการนี้ จะเป็นการพัฒนาระบบฟัซซี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้การ
ทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยการนำข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50
ในอดีตจำนวนหนึ่งมาสร้างเป็น Fuzzy Inference Engine เพื่อใช้ในการอ้างอิงและทำนายข้อมูลใน
อนาคต โดยแบ่งการดำเนินการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. วิธีสร้างระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์เพื่อทำนายข้อมูล
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทำนายกับเทคนิคการทำนายแบบอื่น

3.1 สร้างระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์เพื่อทำนายข้อมูล

ในการศึกษาโครงการนี้ จะดำเนินการสร้างระบบฟัซซีในรูปแบบของระบบฟัซซี
ฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์เพื่อใช้ในการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่ง
ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 3 มกราคม 2539 ถึง 31 ธันวาคม 2540 โดยเลือกใช้วิธีการฟัซซีฟายเออร์
แบบ Triangular Fuzzifier เลือกวิธีการสร้าง Fuzzy Inference Engine แบบ Product Inference
Engine และเลือกใช้วิธีการดีฟัซซีฟายเออร์แบบ Center Average Defuzzifier สำหรับการดำเนินการ
ในทุกขั้นตอน ผู้ศึกษาจะใช้โปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมเครื่องมือช่วยในการประมวลผล
โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. จัดเตรียมและปรับปรุงข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50
2. ดำเนินการแปลงข้อมูลที่ได้จากปรับปรุงแล้วให้เป็นฟัซซีเซต
3. สร้าง Fuzzy Inference Engine
4. ดำเนินการทำนายผล
5. ดำเนินการแปลงผลที่ได้จากการทำนายย้อนกลับและแสดงผล
6. สรุปการดำเนินการและเลือกรูปแบบของระบบเพื่อการทำนายที่เหมาะสม

จัดเตรียมและปรับปรุงข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50

ก่อนที่จะนำข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ไปสร้างระบบฟัซซีเพื่อใช้ในการทำนายดัชนีราคา
หุ้น 50 ค่นั้น จะต้องทำการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อน เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่นำมาใช้นั้นมีส่วนประกอบอนุกรมเวลาอะไรบ้าง ทั้งนี้เพื่อที่จะให้การนำข้อมูลไปใช้ได้มีประสิทธิภาพและลดอิทธิพลที่เกิดจากส่วนประกอบอนุกรมเวลา โดยการตัดส่วนประกอบอนุกรมเวลานั้นออกจากข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้ต่อไป ส่วนประกอบอนุกรมเวลามี 4 ประการ

ก). ส่วนประกอบแนวโน้ม (Trend component)

ข). ส่วนประกอบวัฏจักร (Cycle component)

ค). ส่วนประกอบฤดูกาล (Seasonal component)

ง). ส่วนประกอบที่เกิดโดยไม่คาดคิดหรือการรบกวนสุ่ม (Irregular component)

หลังจากตัดส่วนประกอบอนุกรมเวลาออกจากข้อมูลแล้ว จะปรับค่าข้อมูลให้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -6 ถึง 6 เพื่อความสะดวกในการประมวลผลโดยใช้สมการเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$Y_i = 6 X_i / \max(|X_i|)$$

เมื่อ X_i เป็นข้อมูลที่จะปรับค่าให้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -6 ถึง 6

Y_i เป็นข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่าของ X_i

ดำเนินการแปลงข้อมูลที่ได้จากปรับปรุงแล้วให้เป็นฟัซซีเซต

การแปลงข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ที่ได้จากการปรับปรุงแล้วให้เป็นฟัซซีเซตหรือที่เรียกว่า ฟัซซีฟายเออร์ นั้น ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ใช้วิธีการฟัซซีฟายเออร์แบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzifier) สำหรับการฟัซซีฟายเออร์ด้วยวิธีการนี้ จะทำการแปลงข้อมูลให้เป็นฟัซซีเซตโดยใช้ฟังก์ชัน

$$\mu_A(x) = \begin{cases} (1 - |x_1 - x^*_1|/b_1) \dots (1 - |x_n - x^*_n|/b_n) ; & |x_i - x^*_i| \leq b_i ; i=1, \dots, n \\ 0 ; & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

โดยที่ n เป็นจำนวนฟัซซีเซต

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ฟัซซีเซตมีจำนวนเท่ากับ 5, 7 และ 13 ฟัซซีเซตตามลำดับ

ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ $X = -2$ เป็นค่าข้อมูลที่จะแปลงให้เป็นฟัซซีเซต โดยกำหนดจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 ฟัซซีเซต จะได้ว่า

$$\mu_{S2}(-2) = 0$$

$$\mu_{S1}(-2) = \frac{2}{3}$$

$$\mu_{CE}(-2) = \frac{1}{3}$$

$$\mu_{B1}(-2) = 0$$

$$\mu_{B2}(-2) = 0$$

จะได้ว่า $X = -2$ มีค่าการเป็นสมาชิกของเซต $S2, S1, CE, B1$, และ $B2$ เท่ากับ $0, 2/3, 1/3, 0$, และ 0 ตามลำดับ ดังนั้นเราจะกำหนดให้ $X = -2$ อยู่ในเซต CE โดยมีค่าการเป็นสมาชิกเท่ากับ $2/3$

สร้าง Fuzzy Inference Engine

ข้อมูลที่ถูกรูปแปลงให้เป็นพีชคณิตแล้วจำนวนหนึ่ง (ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 90 ของข้อมูลทั้งหมด) โดยนับจากจุดคาบเวลาเริ่มต้นซึ่งเรียกว่า training data จะถูกนำไปสร้าง Fuzzy Inference Engine โดยการกำหนดให้เป็น input-output pairs แต่ละ input-output pairs จะนำไปสร้างเป็น fuzzy IF-THEN rule พร้อมทั้งคำนวณค่าระดับ (degree) ของทุกๆ fuzzy IF-THEN rule หมายความว่า

ถ้าสมมติให้ $(X_1, X_2, \dots, X_n; X_t)$ เป็น input-output pairs ที่มีจำนวน input (จำนวนข้อมูลย้อนหลังในอดีต) ที่จะนำมาทำนายข้อมูล ณ เวลา t เท่ากับ n (ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ 2, 3, 4 และ 5) ในแต่ละ input-output pairs จะถูกสร้างให้เป็น fuzzy IF-THEN rule และคำนวณค่าระดับของแต่ละกฎซึ่งเท่ากับผลคูณของค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของทั้ง input และ output

ตัวอย่างเช่น

$$X_1 \text{ เป็นสมาชิกของ } B1 \text{ โดยที่ } \mu_{B1}(X_1) = 0.8$$

$$X_2 \text{ เป็นสมาชิกของ } CE \text{ โดยที่ } \mu_{CE}(X_2) = 0.7$$

$$X_3 \text{ เป็นสมาชิกของ } S1 \text{ โดยที่ } \mu_{S1}(X_3) = 0.9$$

$$X_4 \text{ เป็นสมาชิกของ } S1 \text{ โดยที่ } \mu_{B1}(X_4) = 0.75$$

ถ้ากำหนดจำนวนอินพุตของ input-output pairs เท่ากับ 2 จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาสร้างเป็น fuzzy IF-THEN rule ได้ 2 rules ดังนี้

rule 1 : ถ้า X_1 เป็น $B1$ และ X_2 เป็น CE แล้ว X_3 เป็น $S1$

$$(\text{ค่าระดับมีค่าเท่ากับ } 0.8 \times 0.7 \times 0.9 = 0.504)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rule 2 : ถ้า X_2 เป็น CE และ X_3 เป็น S1 แล้ว X_4 เป็น B1
(ค่าระดับมีค่าเท่ากับ $0.7 \times 0.9 \times 0.75 = 0.4725$)

ดำเนินการทำนายผล

การดำเนินการทำนายผลในโรงงานนี้ สำหรับการใช้ระบบฟัซซีทำนายข้อมูลจะทำนายผลเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การทำนายผลภายใน (Inside Prediction) การทำนายผลแบบภายใน จะนำข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่คาบเวลาเริ่มต้นมาใช้เป็น training data เพื่อสร้างเป็น Fuzzy Inference Engine การทำนายก็จะทำนายข้อมูลจากคาบเวลาเริ่มต้นจนถึงคาบเวลาสุดท้ายที่นำข้อมูลมาใช้เป็น Fuzzy Inference Engine
2. การทำนายผลภายนอก (Outside Prediction) การทำนายข้อมูลแบบภายนอก จะทำนายข้อมูล ณ คาบเวลาต่อจากการทำนายข้อมูลภายใน สำหรับการทำนายข้อมูลหลังจากที่ได้สร้าง Fuzzy Inference Engine แล้วนำข้อมูลจำนวนเท่ากับจำนวนอินพุตมาดำเนินการดีฟัซซีฟายเออร์ โดยใช้วิธี Center Average Defuzzifier โดยใช้สูตร

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n O_i y_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$$

โดยที่ y คือค่าที่ได้จากการทำนาย

y_i คือค่ากลางของฟัซซีเซตของ output ของ rule ที่ i

O_i คือค่าผลคูณของค่าการเป็นสมาชิกของอินพุต ของ rule ที่ i

ตัวอย่างเช่น

ถ้าใน Fuzzy Inference Engine มี fuzzy IF-THEN rule 2 rule และจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 โดยที่

rule 1 : ถ้า X_1 เป็น B1 และ X_2 เป็น CE แล้ว X_3 เป็น S1 (ค่าระดับ = 0.504)

rule 2 : ถ้า X_2 เป็น CE และ X_3 เป็น S1 แล้ว X_4 เป็น B1 (ค่าระดับ = 0.4725)

ค่าที่ได้จากการทำนาย เมื่อกำหนดอินพุตเท่ากับ $X_3=1, X_4=-1.5$

$$O_1 = 0.166 \quad (\mu_{B1}(X_3) = 0.33, \mu_{CE}(X_4) = 0.50)$$

$$O_2 = 0.335 \quad (\mu_{CE}(X_3) = 0.67, \mu_{S1}(X_4) = 0.50)$$

ดังนั้น

$$y = \frac{(0.166)(-3) + (0.335)(3)}{0.166 + 0.335}$$

$$= 1.0120$$

ค่าที่ได้จากการทำนายนี้จะถูกนำไปแปลงย้อนกลับจากที่ได้ดำเนินการปรับปรุงมา ในขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูล เพื่อการเลือกระบบฟัซซีที่ใช้ทำนายผลข้อมูล จะเปรียบเทียบความแม่นยำที่เกิดจากการทำนายโดยใช้ค่าสถิติที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

อัลกอริทึมของการสร้าง fuzzy IF-THEN rule

การสร้าง fuzzy IF-THEN rule ในโครงงานนี้ ยึดหลักการสร้างที่เสนอโดย ไท-ชิน หวาง ซึ่งได้เลือกใช้วิธีการ Triangular Fuzzifier, Product Inference Engine และ Center Average Defuzzifier ดังรายละเอียดและตัวอย่างที่ได้แสดงมาแล้วนั้นสามารถแสดงเป็นอัลกอริทึมของการสร้าง fuzzy IF-THEN rule ได้ดังภาพที่ 2

```
Function yh = Model_Fuzzy(data(1:n),L,k)
    ydt = Detrend(data(1:n));
    [mf,dg_mf] = dg_mf_k(ydt);
    [rule(t),degree(t)] = if_thien(ydt_tn,ydt_tn+1,...,ydt_t-1; ydt_t);
    if i < (0.9xNo. of data)
        FIE=gen_FuzzyInferenceEngine(rule(i));
    end
    yh = predict(ydt);
```

ภาพที่ 2 อัลกอริทึมในการสร้าง Fuzzy Inference Engine

3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทำนายกับเทคนิคการทำนาย

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทำนายกับเทคนิคการทำนาย จะใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง โดยเปรียบเทียบกับเทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่และตัวแบบ ARMA(p,q)





บทที่ 4

ผลการดำเนินการศึกษา

จากการดำเนินการศึกษาตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขตของการศึกษา และดำเนินการศึกษาตามลำดับขั้นตอนของวิธีการศึกษาโดยใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือช่วยในการสร้างโปรแกรมสำหรับการประมวลผลในแต่ละขั้นตอน (แสดงในภาคผนวก) ในบทนี้ผู้ศึกษาจะนำเสนอผลของการดำเนินการศึกษาและอภิปรายผล โดยแบ่งแยกการนำเสนอผลการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

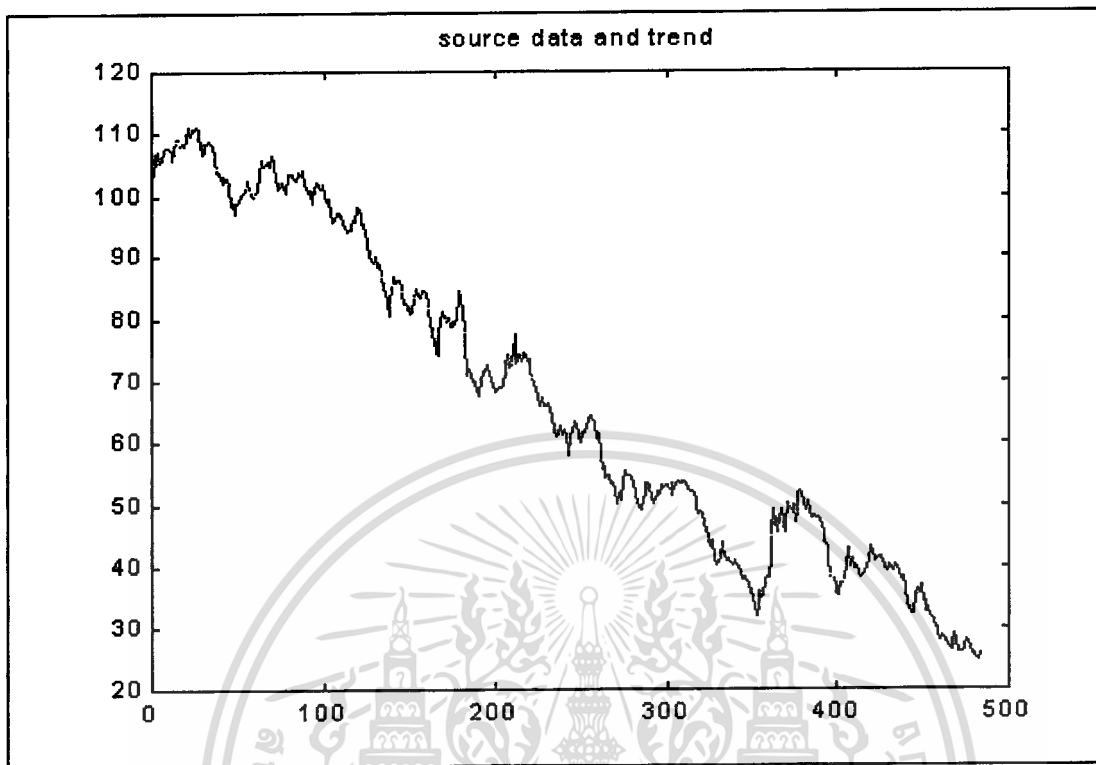
1. ผลการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี่
2. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนาย

4.1 ผลการทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี่

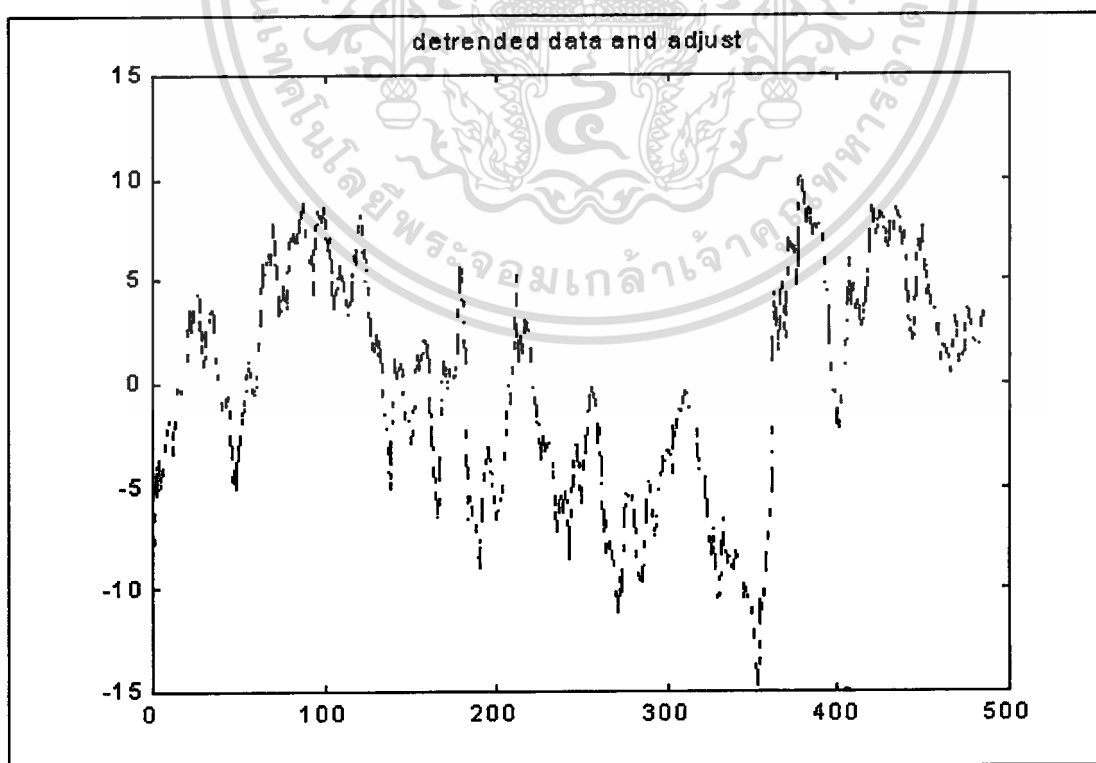
ผลการเตรียมและปรับปรุงข้อมูล

ก่อนที่จะนำข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ไปวิเคราะห์และสร้างระบบฟัซซี่ เพื่อการทำนายข้อมูลต่อไป จากการวาดกราฟ (plot) ของข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 และโดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบอนุกรมเวลาแบบวิธีกะด้วยสายตา (freehand method) พบว่า ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลมีส่วนประกอบอนุกรมเวลาชนิดส่วนประกอบแนวโน้ม (trend component) และส่วนประกอบแนวโน้มที่ปรากฏเป็นลักษณะแนวโน้มแบบเส้นตรง ดังแสดงในภาพที่ 3

เพื่อนำข้อมูลไปใช้ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการปรับปรุงข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้ต่อไป โดยการตัดส่วนประกอบแนวโน้ม (detrending) แบบเส้นตรงออกจากข้อมูลเดิมพร้อมด้วยการปรับปรุงค่าที่ได้ให้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -6 ถึง 6 ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 และส่วนประกอบแนวโน้มแบบเส้นตรง



ภาพที่ 4 แสดงดัชนีราคาหุ้น 50 ที่ตัดส่วนประกอบแนวโน้มออก

และปรับปรุงค่าให้มีค่าอยู่ระหว่าง -6 ถึง 6 เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟuzzyแบบ inside prediction

ในการสร้างระบบฟuzzyกับฟuzzyฟายเออร์และดีฟuzzyฟายเออร์เพื่อการทำนายข้อมูลครั้งนี้ จากการกำหนดให้ใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับจำนวน 2, 3, 4 และ 5 หน่วยคาบเวลา ซึ่งหมายความว่า ในการกำหนด input-output pairs เพื่อสร้าง fuzzy IF-THEN rule ได้เลือกกำหนดจำนวนเทอมของ input มีค่าเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ และในแต่ละครั้งของการกำหนดข้อมูลย้อนหลัง จะกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเพื่อการฟuzzyฟายเออร์เท่ากับ 5, 7 และ 13 ฟuzzyเซตตามลำดับ โดยการนำข้อมูลร้อยละ 90 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด (training) มาสร้าง Fuzzy Inference Engine ผลที่ได้จากการทำนายและรูปภาพในแต่ละกรณีแสดงในภาคผนวก

โดยสรุป เพื่อหาระบบฟuzzyที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในช่วงระหว่างวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2539 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2540 โดยการพิจารณาจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจความแม่นยำในการทำนาย 3 อย่าง คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE), ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAD) และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง (DC) ซึ่งแสดงในตารางที่ 1

จำนวนฟuzzyเซต	ข้อมูลย้อนหลัง	MSE	MAD	DC
5	2	0.2861	0.4072	0.7292
	3	0.7486	0.6448	0.6875
	4	1.0205	0.8366	0.5833
	5	1.1654	0.8156	0.5833
7	2	1.0445	0.7590	0.7083
	3	0.8978	0.6467	0.7292
	4	1.4077	0.7778	0.6667
	5	1.9713	0.9283	0.6458
13	2	0.9048	0.7445	0.7917
	3	0.8242	0.7316	0.7500
	4	0.3200	0.4520	0.8125
	5	0.3669	0.5282	0.7292

ตารางที่ 1 แสดงผลค่า MSE, MAD และ DC ที่ได้จากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzy (inside)

จากตารางที่ 1 พบว่า

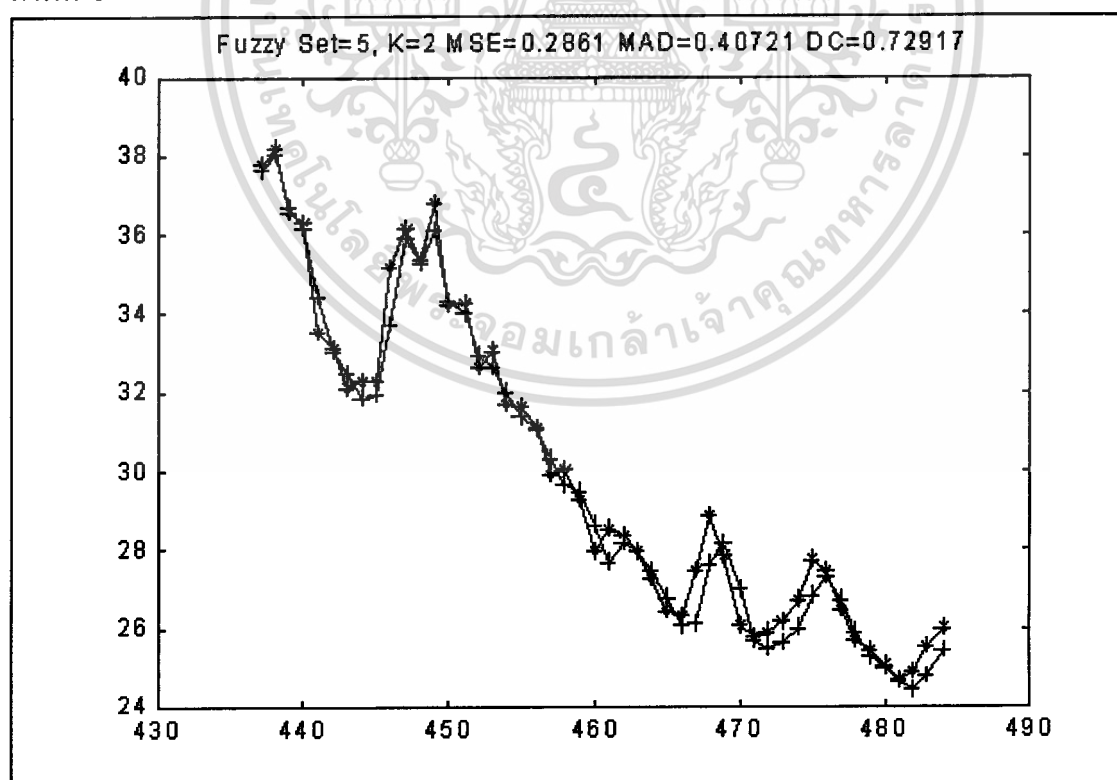
ในกรณีที่กำหนดให้จำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 5 การใช้จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกัน จะให้ผลของการทำนายมีความแม่นยำในการทำนายที่แตกต่างกัน โดยที่เมื่อกำหนดให้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา ผลของการทำนายมีความแม่นยำในการทำนายที่สูงกว่ากรณีอื่นทุกเกณฑ์ที่ใช้ กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเท่ากับ 0.2861, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.4072 และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง 0.7292 หมายความว่า เมื่อกำหนดให้จำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 5 พีชชีเซตและใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง กล่าวคือ ทำนายว่าข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแล้วข้อมูลเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือทำนายว่าข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงลดลงแล้วข้อมูลเปลี่ยนแปลงลดลงได้ถูกต้องร้อยละ 72.92

ในกรณีที่กำหนดให้จำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 7 การใช้จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกัน จะให้ผลของการทำนายมีความแม่นยำในการทำนายที่แตกต่างกัน โดยที่เมื่อกำหนดให้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3 หน่วยคาบเวลา ผลของการทำนายมีความแม่นยำในการทำนายที่สูงกว่ากรณีอื่นทุกเกณฑ์ที่ใช้ กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเท่ากับ 0.8978, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.6467 และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง 0.7292 หมายความว่า เมื่อกำหนดให้จำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 7 พีชชีเซตและใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 หน่วยคาบเวลา สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง กล่าวคือ ทำนายว่าข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแล้วข้อมูลเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือทำนายว่าข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงลดลงแล้วข้อมูลเปลี่ยนแปลงลดลงได้ถูกต้องร้อยละ 72.92

ในกรณีที่กำหนดให้จำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 13 การใช้จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกัน จะให้ผลของการทำนายมีความแม่นยำในการทำนายที่แตกต่างกัน โดยที่เมื่อกำหนดให้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4 หน่วยคาบเวลา ผลของการทำนายมีความแม่นยำในการทำนายที่สูงกว่ากรณีอื่นทุกเกณฑ์ที่ใช้ กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเท่ากับ 0.3200, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.4520 และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง 0.8125 หมายความว่า เมื่อกำหนดให้จำนวนพีชชีเซตเท่ากับ 13 พีชชีเซตและใช้ข้อมูลย้อนหลัง 4 หน่วยคาบเวลา สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง กล่าวคือ ทำนายว่าข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแล้วข้อมูลเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือทำนายว่าข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงลดลงแล้วข้อมูลเปลี่ยนแปลงลดลงได้ถูกต้องร้อยละ 81.25

โดยสรุป การเลือกระบบฟัซซีที่ใช้ในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ที่เหมาะสมในการศึกษารุ่นนี้และเพื่อนำไปเปรียบเทียบการทำนายข้อมูลกับเทคนิควิธีการอื่น หากคำนึงถึงเกณฑ์ตามหลักสถิติมากกว่าที่จะคำนึงถึงทิศทางของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ควรเลือกระบบฟัซซีที่กำหนดให้จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา แต่ในทางตรงข้ามถ้าพิจารณาเฉพาะเกณฑ์ทิศทางของการเปลี่ยนแปลงเพียงอย่างเดียวระบบฟัซซีที่เหมาะสมควรจะเลือกระบบฟัซซีที่กำหนดให้จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลัง 4 หน่วยคาบเวลา อย่างไรก็ตามในกรณีที่จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลัง 4 หน่วยคาบเวลานั้นจะมีจำนวน fuzzy IF-THEN rule ที่เป็นไปได้ใน Fuzzy Inference Engine เท่ากับ 28,561 ซึ่งหมายความว่าควรจะใช้ training เป็นจำนวนถึง 85,683 หน่วยคาบเวลา (มากกว่าสามเท่าของจำนวน fuzzy IF-THEN rule ที่อาจเป็นไปได้จึงอาจจะไม่เหมาะสมกับการศึกษารุ่นนี้

ดังนั้น ในการศึกษารุ่นนี้จะเลือกระบบฟัซซีที่กำหนดจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา ซึ่งจะมีจำนวน fuzzy IF-THEN rule เท่ากับ 25 ใน Fuzzy Inference Engine ผลจากการทำนายตามทีเลือกแสดงในตารางที่ 2 และรูปภาพแสดงผลการทำนายแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (inside)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

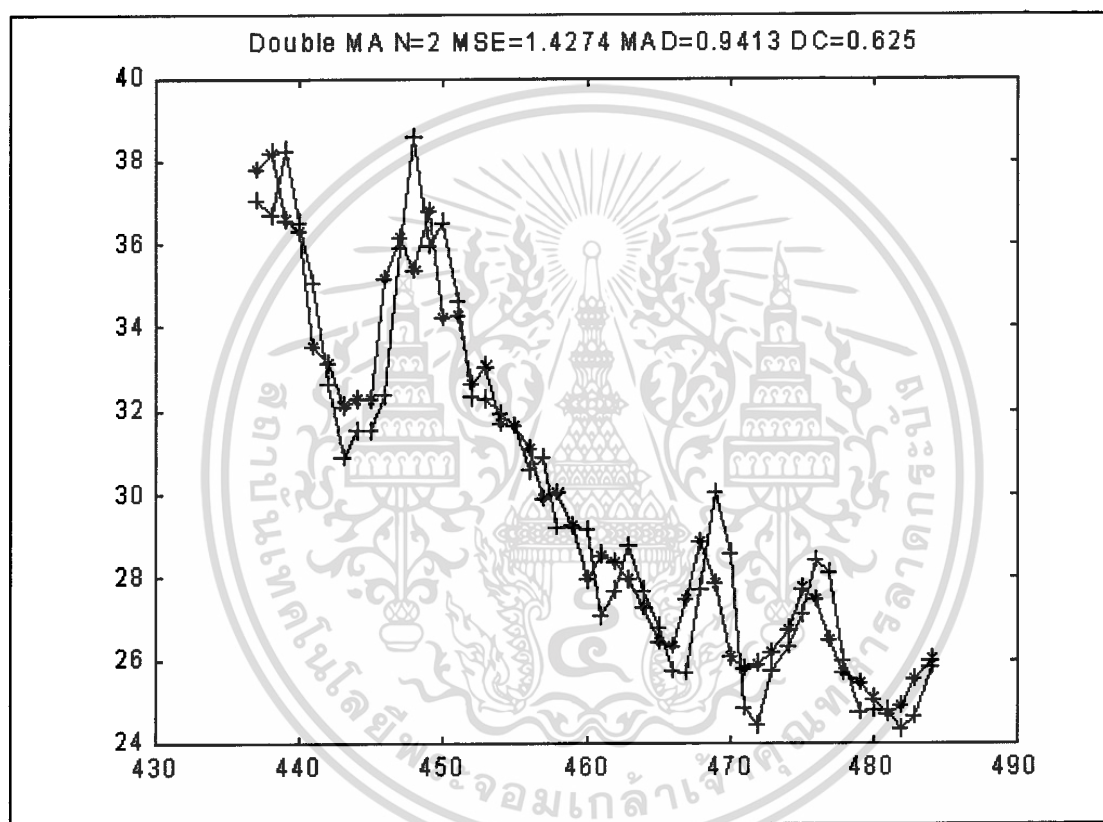
ตารางที่ 2 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy กรณีจำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (inside)

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.62	461	28.53	27.70
438	38.22	38.03	462	28.35	28.16
439	36.60	36.66	463	27.94	27.93
440	36.32	36.16	464	27.27	27.47
441	33.52	34.45	465	26.44	26.81
442	33.11	33.06	466	26.34	26.08
443	32.11	32.45	467	27.50	26.09
444	32.24	31.84	468	28.86	27.63
445	32.28	31.95	469	27.83	28.14
446	35.14	33.76	470	26.04	27.00
447	36.18	35.90	471	25.81	25.67
448	35.38	35.28	472	25.90	25.48
449	36.78	36.09	473	26.16	25.61
450	34.21	34.32	474	26.75	25.99
451	34.25	34.01	475	27.74	26.84
452	32.65	32.96	476	27.45	27.32
453	33.03	32.64	477	26.47	26.74
454	31.68	32.00	478	25.67	25.90
455	31.61	31.37	479	25.43	25.29
456	31.08	31.07	480	25.06	25.01
457	29.92	30.31	481	24.69	24.65
458	30.03	29.65	482	24.87	24.41
458	29.28	29.47	483	25.55	24.77
460	27.95	28.62	484	25.98	25.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวี

ในการทำนายข้อมูลโดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวีซึ่งอธิบายในบทที่ 2 โดยการใช้โปรแกรม MATLAB และเมื่อเปรียบเทียบกรณีการใช้ข้อมูลย้อนหลังจำนวนแตกต่างกัน พบว่าจำนวนข้อมูลย้อนหลังที่เหมาะสมเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา ผลจากการทำนายแสดงในตารางที่ 3 และรูปภาพแสดงผลการทำนายแสดงในภาพที่ 6



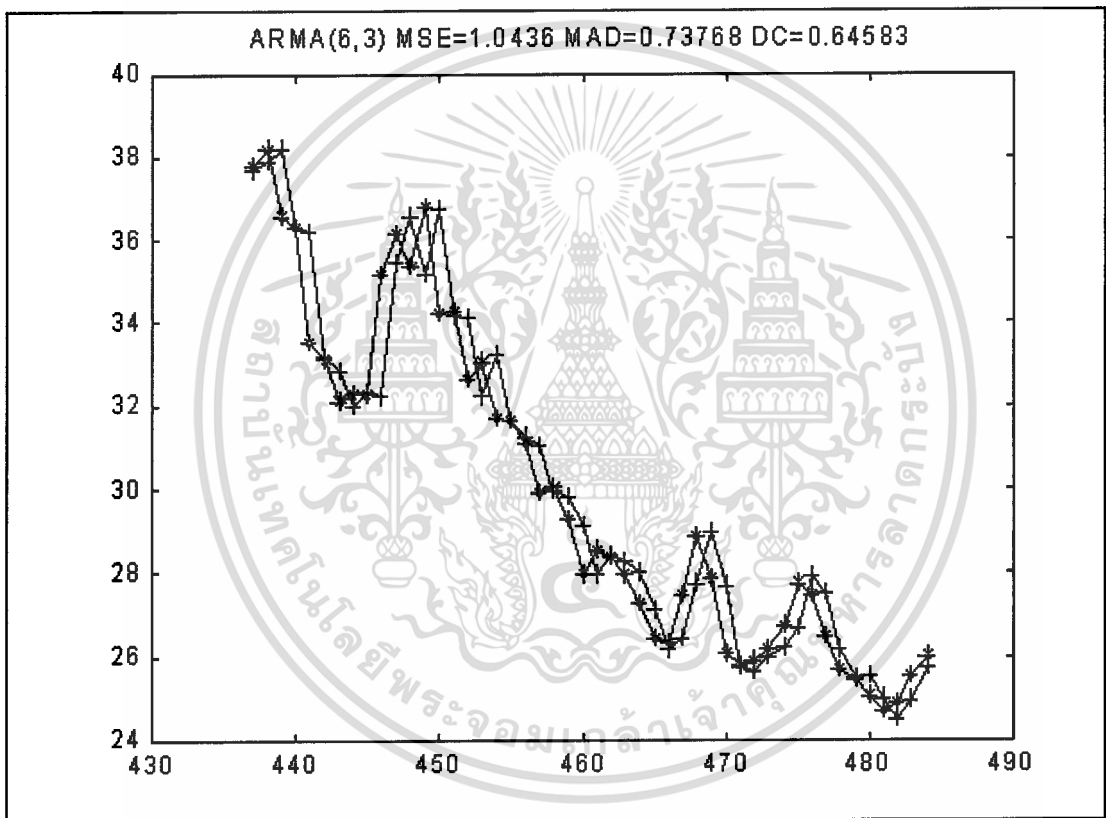
ภาพที่ 6 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (inside)

ตารางที่ 3 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 กรณีที่ใช้เทคนิคการเคลื่อนที่แบบทวิ
จำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา (inside)

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.07	461	28.53	27.06
438	38.22	36.68	462	28.35	27.68
439	36.60	38.26	463	27.94	28.74
440	36.32	36.50	464	27.27	27.70
441	33.52	35.04	465	26.44	26.80
442	33.11	32.61	466	26.34	25.73
443	32.11	30.91	467	27.50	25.69
444	32.24	31.55	468	28.86	27.72
445	32.28	31.52	469	27.83	30.07
446	35.14	32.39	470	26.04	28.59
447	36.18	35.89	471	25.81	24.82
448	35.38	38.59	472	25.90	24.41
449	36.78	35.96	473	26.16	25.75
450	34.21	36.53	474	26.75	26.29
451	34.25	34.62	475	27.74	27.09
452	32.65	32.33	476	27.45	28.43
453	33.03	32.28	477	26.47	28.12
454	31.68	31.93	478	25.67	26.01
455	31.61	31.63	479	25.43	24.74
456	31.08	30.58	480	25.06	24.77
457	29.92	30.90	481	24.69	24.79
458	30.03	29.23	482	24.87	24.32
458	29.28	29.19	483	25.55	24.64
460	27.95	29.18	484	25.98	25.86

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ตัวแบบ ARMA(p,q)

ในการทำนายข้อมูลโดยใช้ตัวแบบ ARMA(p,q) ซึ่งอธิบายในบทที่ 2 โดยใช้โปรแกรม MATLAB สร้างโปรแกรมเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมโดยกำหนดให้ p, q มีค่าเท่ากับ 1, 2, 3,, 7 พบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุดได้แก่ตัวแบบ ARMA (6,3) ผลจากการทำนายแสดงในตารางที่ 4 และรูปภาพแสดงผลการทำนายแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ตัวแบบ ARMA(6,3) (inside)

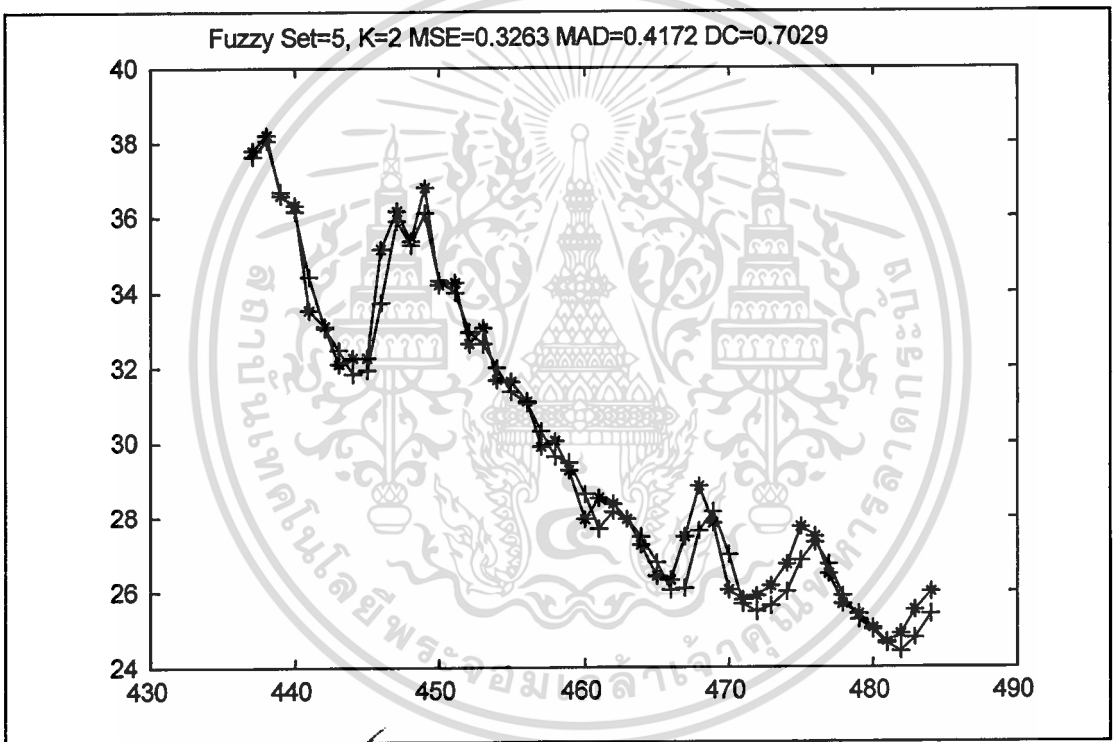
ตารางที่ 4 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 กรณีที่ใช้ตัวแบบ ARMA(6,3) (inside)

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.69	461	28.53	27.94
438	38.22	37.88	462	28.35	28.43
439	36.60	38.22	463	27.94	28.25
440	36.32	36.32	464	27.27	28.01
441	33.52	36.22	465	26.44	27.08
442	33.11	33.17	466	26.34	26.15
443	32.11	32.85	467	27.50	26.40
444	32.24	31.99	468	28.86	27.72
445	32.28	32.29	469	27.83	28.97
446	35.14	32.19	470	26.04	27.71
447	36.18	35.49	471	25.81	25.73
448	35.38	36.57	472	25.90	25.64
449	36.78	35.16	473	26.16	26.00
450	34.21	36.72	474	26.75	26.23
451	34.25	34.18	475	27.74	26.70
452	32.65	34.10	476	27.45	27.92
453	33.03	32.22	477	26.47	27.54
454	31.68	33.20	478	25.67	26.17
455	31.61	31.62	479	25.43	25.45
456	31.08	31.27	480	25.06	25.54
457	29.92	31.04	481	24.69	24.98
458	30.03	29.95	482	24.87	24.46
458	29.28	29.77	483	25.55	24.96
460	27.95	29.11	484	25.98	25.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟัซซีแบบ outside prediction

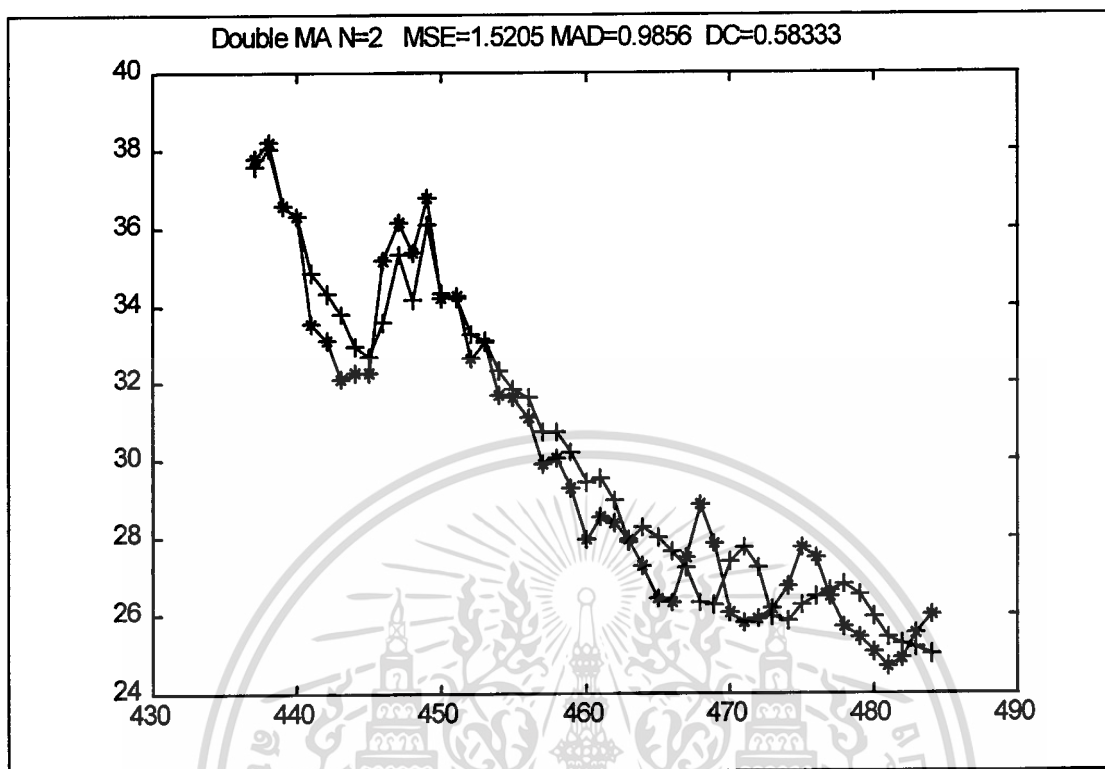
ผลการเลือกระบบฟัซซีที่ใช้ในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ในการทำนายข้อมูลแบบ outside prediction ที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้และเพื่อนำไปเปรียบเทียบการทำนายข้อมูลกับเทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นั้น เมื่อคำนึงถึงเกณฑ์ตามหลักสถิติมากกว่าที่จะคำนึงถึงทิศทางของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ควรเลือกระบบฟัซซีที่กำหนดให้จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา ผลจากการทำนายตามที่ได้เลือก รูปกราฟแสดงผลการทำนายแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีจำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (outside)

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีแบบ outside prediction

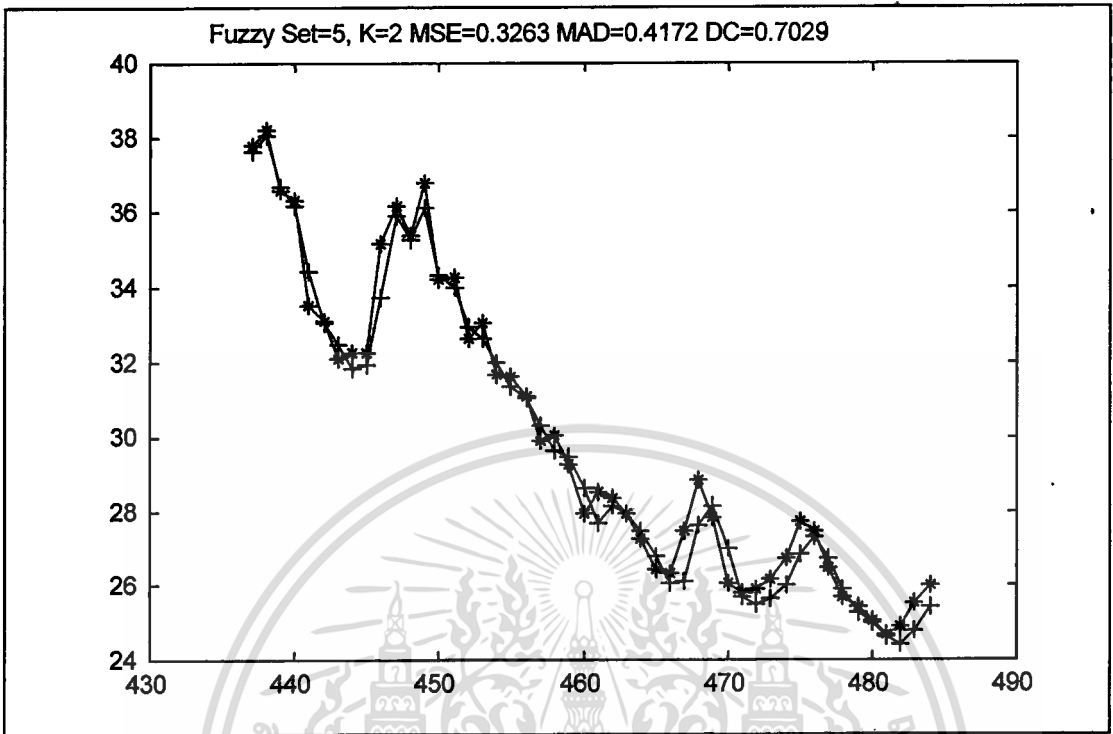
ในการทำนายข้อมูลโดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีแบบ outside prediction เมื่อเปรียบเทียบกรณีการใช้ข้อมูลย้อนหลังจำนวนแตกต่างกัน พบว่า จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่เหมาะสมเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา รูปกราฟแสดงผลการทำนายแสดงในภาพที่ 9



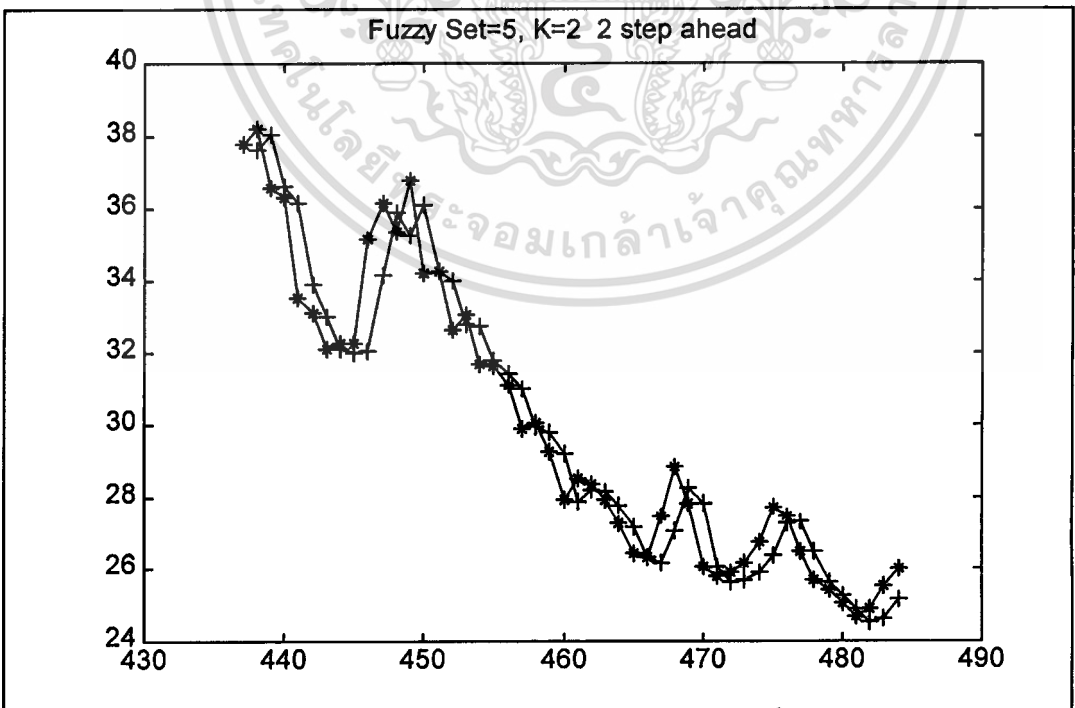
ภาพที่ 9 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (outside)

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟuzzy กรณีสองหน้า 3 หน่วยเวลา

สำหรับผลการเลือกระบบฟuzzy ที่ใช้ในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ในการทำนายข้อมูลล่วงหน้า 3 หน่วยเวลาที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้และเพื่อนำไปเปรียบเทียบการทำนายข้อมูลกับเทคนิคค่าเคลื่อนที่เคลื่อนที่นั้น เมื่อคำนึงถึงเกณฑ์ตามหลักสถิติมากกว่าที่จะคำนึงถึงทิศทางของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ควรเลือกระบบฟuzzy ที่กำหนดให้จำนวนฟuzzy เซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา ผลจากการทำนายตามที่ได้เลือก รูปภาพแสดงผลการทำนายข้อมูลล่วงหน้า 1, 2 และ 3 หน่วยเวลา แสดงในภาพที่ 10, 11 และ 12 ตามลำดับ



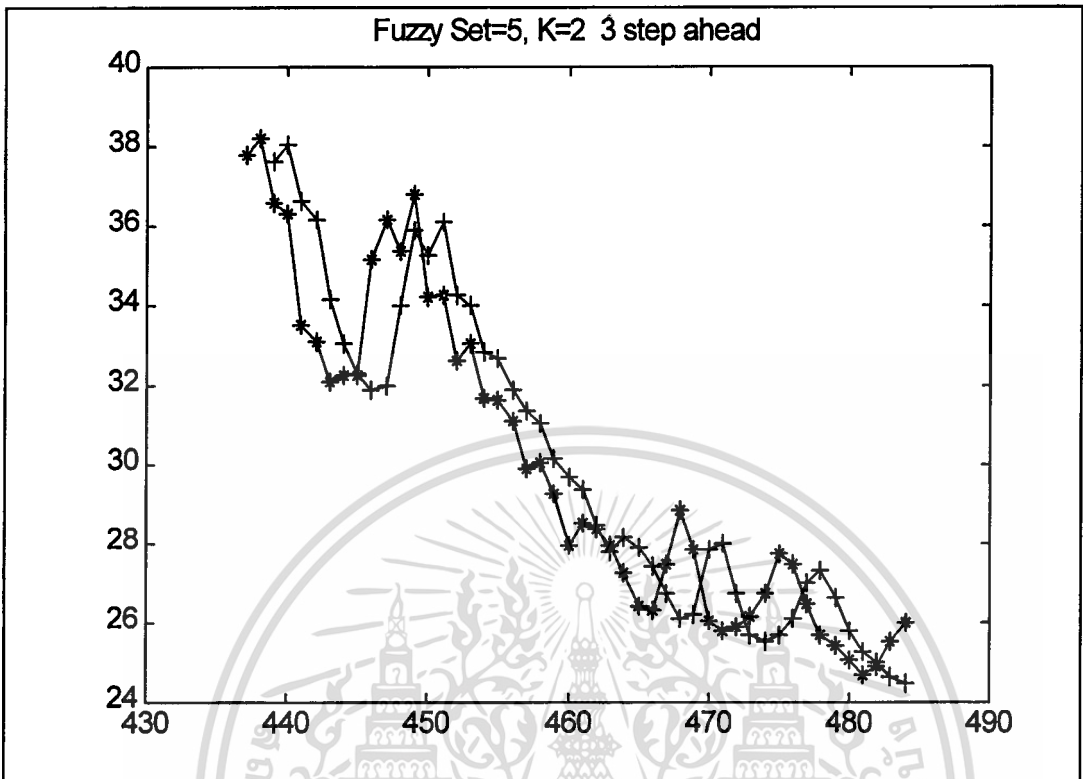
ภาพที่ 10 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีสัจพจน์ ฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (กรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา)



ภาพที่ 11 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซี กรณีสัจพจน์ ฟัซซีเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (กรณีล่วงหน้า 2 หน่วยเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

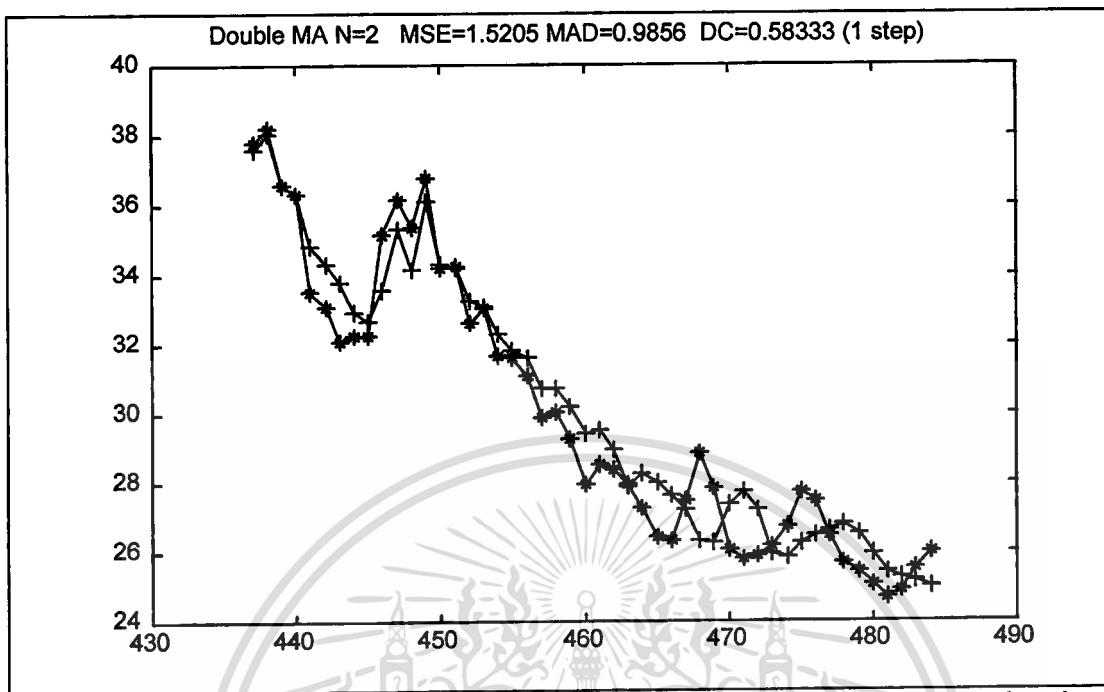
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



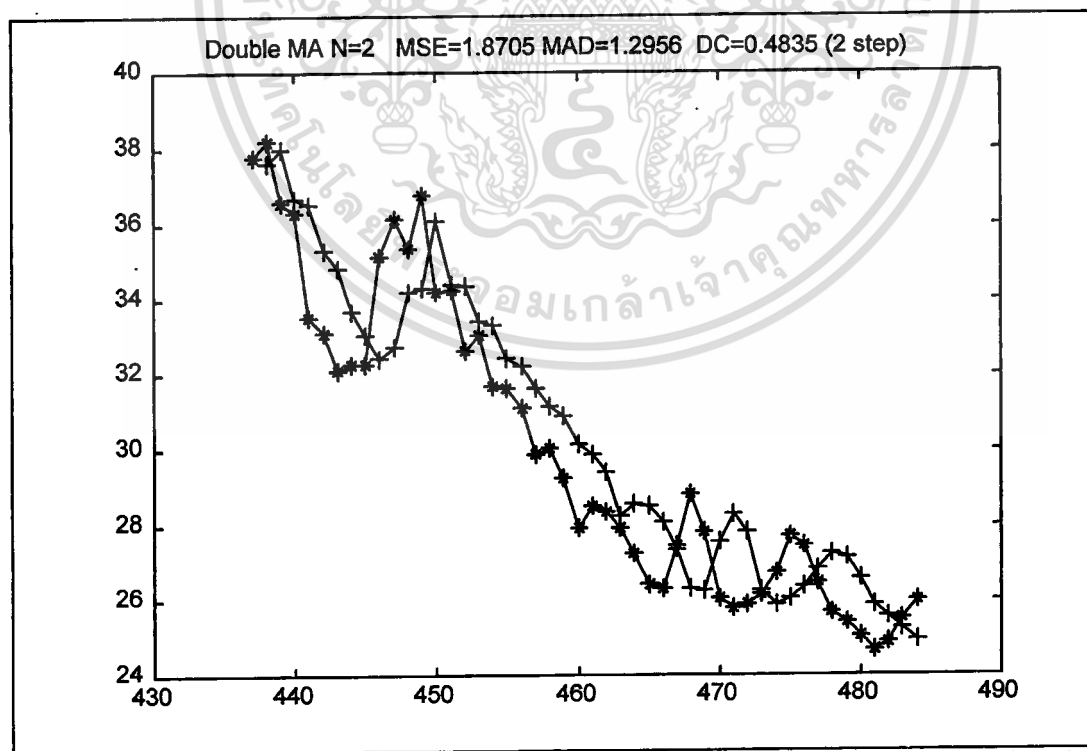
ภาพที่ 12 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy ภูมิจำนวน ฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 (กรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา)

ผลการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา

ในการทำนายข้อมูลโดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ทวีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลาเมื่อเปรียบเทียบกรณีการใช้ข้อมูลย้อนหลังจำนวนแตกต่างกัน พบว่า จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่เหมาะสมเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา รูปกราฟแสดงผลการทำนายกรณีล่วงหน้า 1, 2, และ 3 หน่วยเวลา แสดงในภาพที่ 13, 14, และ 15 ตามลำดับ

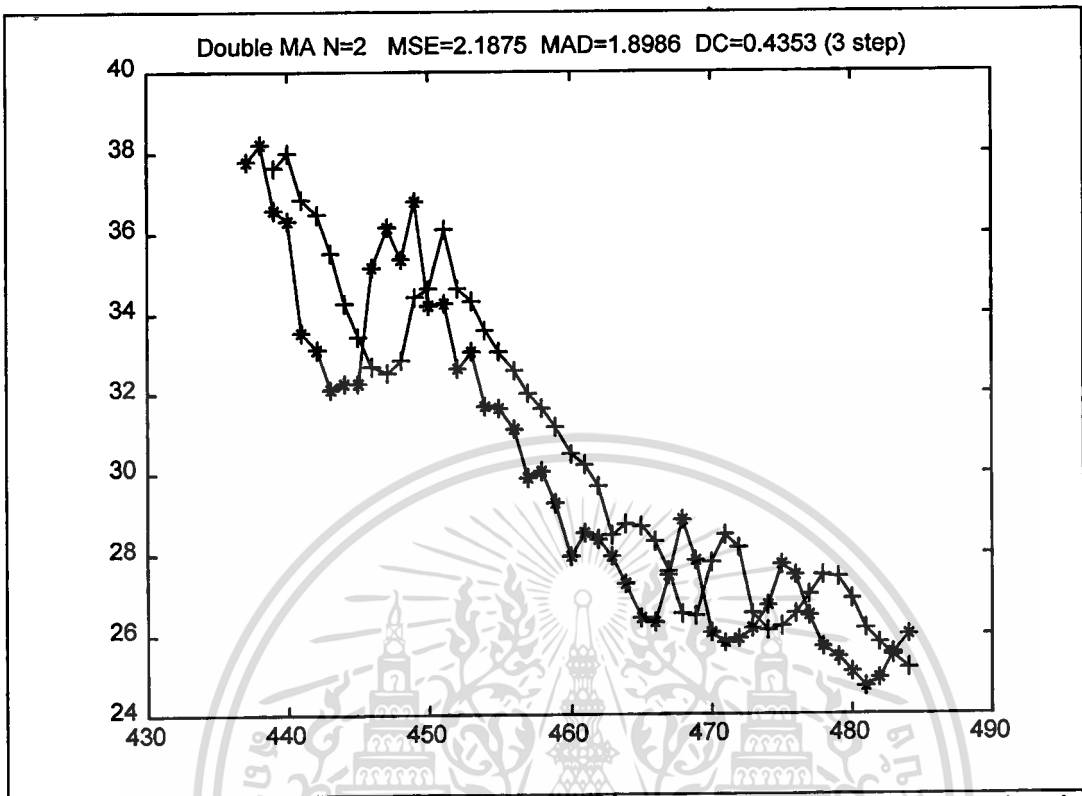


ภาพที่ 13 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (กรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา)



ภาพที่ 14 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวี โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (กรณีล่วงหน้า 2 หน่วยเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 แสดงกราฟค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ที่ ทวิ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา (กรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา)

4.2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายแบบ inside prediction

เพื่อการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายข้อมูล ในการทำนายข้อมูลแต่ละครั้งจะ คำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และค่า การเปลี่ยนแปลงของทิศทาง ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆแบบ inside

วิธีการทำนาย	MSE	MAD	DC
ระบบพีชชี (5,2)	0.2861	0.4072	0.7292
เทคนิค DMA (2)	1.4274	0.9413	0.6250
ตัวแบบ ARMA (6,3)	1.0436	0.7377	0.6458

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่เกิดจากการทำนาย โดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าเท่ากับ 0.2861 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีและตัวแบบ ARMA (6,3) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.4274 และ 1.0436 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน ที่เกิดจากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าเท่ากับ 0.4072 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีและตัวแบบ ARMA(6,3) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9413 และ 0.7377 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของทิศทาง ซึ่งสามารถแสดงได้เป็นค่าตัวเลข จากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าเท่ากับ 0.7292 ซึ่งมีค่ามากกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีและตัวแบบ ARMA(6,3) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.6250 และ 0.6458 ตามลำดับ

โดยสรุปจากการพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจความแม่นยำในการทำนายทุกกรณีที่ ใช้ พบว่า การทำนายข้อมูล โดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้จำนวนข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา มีความแม่นยำกว่าการทำนายโดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีและตัวแบบ ARMA(6,3) ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายแบบ outside prediction

เพื่อการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายข้อมูลแบบ outside prediction ในการทำนายข้อมูลแต่ละครั้งจะคำนวณค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆแบบ outside

วิธีการทำนาย	MSE	MAD	DC
ระบบฟuzzy (5,2)	0.3263	0.4172	0.7029
เทคนิค DMA (2)	1.5205	0.9856	0.5833

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่เกิดจากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าเท่ากับ 0.3263 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5205 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าเท่ากับ 0.4172 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9856

การเปลี่ยนแปลงของทิศทาง ซึ่งสามารถแสดงได้เป็นค่าตัวเลข จากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าเท่ากับ 0.7029 ซึ่งมีค่ามากกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวีซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5833

โดยสรุปจากการพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจความแม่นยำในการทำนายทุกกรณีที่ใช้ พบว่า การทำนายข้อมูลแบบ outside โดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้จำนวนข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา มีความแม่นยำกว่าการทำนายโดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวี

ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายข้อมูลล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา

เพื่อการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายข้อมูลกรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา ในการทำนายข้อมูลแต่ละครั้งจะคำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง ผลการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำกรณีทำนายข้อมูลล่วงหน้า 1, 2, และ 3 หน่วยเวลา แสดงในตารางที่ 7, 8, และ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆกรณีล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา

วิธีการทำนาย	MSE	MAD	DC
ระบบฟuzzy (5,2)	0.2861	0.4072	0.7292
เทคนิค DMA (2)	1.5205	0.9856	0.5833

ตารางที่ 8 แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆกรณีล่วงหน้า 2 หน่วยเวลา

วิธีการทำนาย	MSE	MAD	DC
ระบบฟuzzy (5,2)	0.3526	0.4712	0.7002
เทคนิค DMA (2)	1.8705	1.2956	0.4835

ตารางที่ 9 แสดงค่า MSE, MAD และ DC ที่เกิดจากการทำนายข้อมูลวิธีการต่างๆกรณีล่วงหน้า 3 หน่วยเวลา

วิธีการทำนาย	MSE	MAD	DC
ระบบฟuzzy (5,2)	0.8532	0.9137	0.6570
เทคนิค DMA (2)	2.1875	1.8986	0.4353

จากตารางที่ 7, 8, และ 9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองและค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน ที่เกิดจากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่าน้อยกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิทุกกรณีของการทำนายข้อมูลล่วงหน้า 1, 2, และ 3 หน่วยเวลา ค่าการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง ซึ่งสามารถแสดงได้เป็นค่าตัวเลข จากการทำนายโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้ข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2 หน่วยคาบเวลา มีค่ามากกว่าการใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิทุกกรณีของการทำนายข้อมูลล่วงหน้า 1, 2, และ 3 หน่วยเวลา

โดยสรุปจากการพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจความแม่นยำในการทำนายทุกกรณีที่ใช้ พบว่า การทำนายข้อมูลโดยใช้ระบบฟuzzyเมื่อกำหนดให้จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และใช้จำนวนข้อมูลย้อนหลัง 2 หน่วยคาบเวลา มีความแม่นยำกว่าการทำนายโดยใช้เทคนิคการเฉลี่ยเคลื่อนที่ทวิทุกกรณีของการทำนายข้อมูลล่วงหน้า 1, 2, และ 3 หน่วยเวลา

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการศึกษา

จากการศึกษาการทำนายราคาหุ้นโดยใช้ระบบฟัซซีในโครงการนี้ ผู้ศึกษาจะสรุปผลการดำเนินการศึกษาในประเด็นสำคัญ ๆ ตามวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ พร้อมกันนี้ผู้ศึกษาจะเสนอข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับผลการศึกษารั้งนี้ ซึ่งผลสรุปประเด็นสำคัญของการศึกษาเป็นดังนี้

การนำระบบฟัซซีมาประยุกต์ใช้ในการทำนายข้อมูลอนุกรมเวลา

การศึกษารั้งนี้ได้นำระบบฟัซซีในรูปแบบระบบฟัซซีกับฟัซซีฟายเออร์และดีฟัซซีฟายเออร์มาประยุกต์ใช้ในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาชนิดหนึ่ง แต่เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้เป็นช่วงเวลาที่ข้อมูลมีส่วนประกอบแนวโน้มแบบเส้นตรง จึงได้ปรับปรุงข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้โดยการตัดส่วนประกอบแนวโน้มออก จากนั้นจึงนำข้อมูลจำนวนร้อยละ 90 ของข้อมูลทั้งหมดจากคาบเวลาเริ่มต้น (training data) ไปสร้างเป็น Fuzzy Inference Engine โดยใช้วิธี Product Inference Engine สำหรับการแปลงข้อมูลให้เป็นฟัซซีเซตนั้น ผู้ศึกษาได้เลือกใช้วิธีการฟัซซีฟายเออร์แบบ triangular fuzzifier และจากการศึกษาพบว่า จำนวนฟัซซีเซตที่เหมาะสมในการทำนายเท่ากับ 5

จากนั้นจะกำหนดข้อมูลให้เป็น input-out pairs เพื่อสร้าง fuzzy IF-THEN rules ซึ่งจากการศึกษาจำนวนข้อมูลย้อนหลังเพื่อใช้ในการทำนาย (input) ที่เหมาะสมเท่ากับ 2 นั้นหมายความว่าใน Fuzzy Inference Engine จะมีจำนวน fuzzy IF-THEN rule ทั้งหมดที่เป็นไปได้เท่ากับ 25 เมื่อนำไปใช้ในการทำนายข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งอยู่ในรูปฟัซซีเซตจะถูกแปลงย้อนกลับโดยใช้วิธี center average defuzzifier

การเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย

โดยสรุปจากการเปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนาย โดยใช้ระบบฟัซซีดังกล่าว ให้ความแม่นยำในการทำนายสูงกว่าการทำนายโดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่ทวี (กรณีใช้ข้อมูลย้อนหลัง เท่ากับ 2) และการใช้ตัวแบบ ARMA(6,3) โดยใช้เกณฑ์การวัดความแม่นยำ 3 ชนิดคือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง, ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน และการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาโครงการนี้ เป็นการศึกษเกี่ยวกับเทคนิคของการนำระบบฟัซซีมาประยุกต์ใช้ในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาชนิดหนึ่ง ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การเพิ่มความแม่นยำในการทำนาย สิ่งสำคัญที่สุดของการทำนายข้อมูลอนุกรมเวลา คือ ความแม่นยำของการทำนายหรืออาจจะกล่าวได้ว่า ทำอย่างไรจึงจะทำนายข้อมูลให้มีความถูกต้องมากที่สุด ประเด็นต่าง ๆ ที่มีผลต่อความแม่นยำในการทำนายข้อมูลโดยใช้ระบบฟัซซีมีดังนี้

- จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่นำไปใช้ในการทำนาย
- วิธีการวิเคราะห์และปรับปรุงข้อมูลก่อนที่จะนำมาใช้ในการทำนาย
- วิธีการฟัซซีฟายเออร์, คิฟัซซีฟายเออร์ และการสร้าง Fuzzy Inference Engine

ในปัจจุบันมีการนำเสนอในงานวิจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้มากมาย ดังนั้นผู้ที่สนใจในการศึกษาสามารถนำมาเลือกใช้ได้

2. การนำไปใช้ ถึงแม้ว่าจากการศึกษาจะพบว่า ความแม่นยำในการทำนายข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟัซซีในการศึกษาครั้งนี้จะสูงกว่าการทำนายโดยใช้เทคนิคการเคลื่อนที่และตัวแบบ ARMA(p,q) แต่อย่างไรก็ตามการดำเนินการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะปัจจัยของราคาเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการนำผลการศึกษาดังกล่าวไปใช้งานจริง อาจมีความคลาดเคลื่อนจากการทำนายมากกว่า การที่จะนำปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อข้อมูลดัชนีราคาหุ้น 50 ตัวอย่าง เช่น ปริมาณการซื้อขายในแต่ละวัน ภาวะการผันผวนของค่าเงิน อัตราเงินเฟ้อในแต่ละช่วงเวลา ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อาจเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาหุ้น 50 มาพิจารณาเป็นส่วนประกอบด้วย

บรรณานุกรม

- [1] วัลลภ โจนศิริวิณิชย์. การพยากรณ์และการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาหลักทรัพย์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538.
- [2] วิชิต หล่อจิระชุมห์กุล และคนอื่นๆ. เทคนิคการพยากรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- [3] Apostolos-Paul Refenes. Neural Networks in the Capital Markets. England: John Wiley&Sons Ltd., 1995.
- [3] Conway, John Y. and Polycarpou, Marios M. "Using Networks to Model and Control Drug Delivery." IEEE Expert (April 1996) pp.31-37.
- [4] Khanthavit, Anya. Complex Dynamical Stock Prices in Thailand, The U.s., Japan, and Hong Kong : Test and Forecasts, Working Paper. Thammasat University. 1994.
- [5] Lincoln, Thomas H. "Time Series Forecasting : ARMAX." Technical Analysis of STOCK & COMMODITIES. (September 1991) pp.18-26.
- [6] Rac, Valluru. C++ Neural Networks and Fuzzy Logic 2nd ed. New York: MIS Press, 1995.
- [7] Wang, Li-Xin. A Course in Fuzzy in Systems and Control. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc., 1997.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy กรณีจำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.64	461	28.53	28.16
438	38.22	38.03	462	28.35	27.38
439	36.60	36.57	463	27.94	27.60
440	36.32	36.41	464	27.27	27.33
441	33.52	34.48	465	26.44	26.94
442	33.11	34.17	466	26.34	26.51
443	32.11	32.58	467	27.50	25.96
444	32.24	32.37	468	28.86	26.07
445	32.28	31.72	469	27.83	26.79
446	35.14	33.60	470	26.04	26.76
447	36.18	35.36	471	25.81	26.28
448	35.38	35.10	472	25.90	25.41
449	36.78	36.09	473	26.16	25.25
450	34.21	34.21	474	26.75	25.39
451	34.25	34.29	475	27.74	25.83
452	32.65	32.90	476	27.45	26.05
453	33.03	33.11	477	26.47	25.99
454	31.68	31.78	478	25.67	25.55
455	31.61	31.87	479	25.43	25.10
456	31.08	30.14	480	25.06	24.65
457	29.92	29.65	481	24.69	24.40
458	30.03	29.38	482	24.87	24.20
458	29.28	28.77	483	25.55	24.13
460	27.95	28.42	484	25.98	24.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบพีชคณิต
กรณี จำนวนพีชคณิตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.60	461	28.53	29.50
438	38.22	38.03	462	28.35	28.95
439	36.60	36.56	463	27.94	27.91
440	36.32	36.32	464	27.27	28.28
441	33.52	34.86	465	26.44	28.00
442	33.11	34.30	466	26.34	27.65
443	32.11	33.77	467	27.50	27.18
444	32.24	32.94	468	28.86	26.32
445	32.28	32.67	469	27.83	26.24
446	35.14	33.59	470	26.04	27.35
447	36.18	35.29	471	25.81	27.74
448	35.38	34.17	472	25.90	27.20
449	36.78	36.09	473	26.16	25.94
450	34.21	34.33	474	26.75	25.83
451	34.25	34.20	475	27.74	26.25
452	32.65	33.26	476	27.45	26.48
453	33.03	33.10	477	26.47	26.65
454	31.68	32.34	478	25.67	26.78
455	31.61	31.85	479	25.43	26.52
456	31.08	31.65	480	25.06	25.95
457	29.92	30.76	481	24.69	25.42
458	30.03	30.73	482	24.87	25.27
458	29.28	30.20	483	25.55	25.15
460	27.95	29.41	484	25.98	25.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy
กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 5 และจำนวนข้อมูลย้อน หลังเท่ากับ 5

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	38.21	461	28.53	28.74
438	38.22	38.09	462	28.35	28.60
439	36.60	37.75	463	27.94	28.32
440	36.32	37.43	464	27.27	27.50
441	33.52	36.50	465	26.44	27.61
442	33.11	34.44	466	26.34	27.40
443	32.11	33.31	467	27.50	27.31
444	32.24	33.10	468	28.86	27.13
445	32.28	32.09	469	27.83	26.07
446	35.14	33.21	470	26.04	26.03
447	36.18	33.38	471	25.81	26.57
448	35.38	33.42	472	25.90	26.76
449	36.78	35.69	473	26.16	26.54
450	34.21	33.44	474	26.75	25.75
451	34.25	34.43	475	27.74	25.77
452	32.65	33.20	476	27.45	25.85
453	33.03	33.26	477	26.47	25.88
454	31.68	32.14	478	25.67	25.77
455	31.61	31.97	479	25.43	25.84
456	31.08	31.01	480	25.06	25.56
457	29.92	30.66	481	24.69	25.13
458	30.03	30.03	482	24.87	24.83
458	29.28	29.65	483	25.55	24.81
460	27.95	29.13	484	25.98	24.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy
กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.63	461	28.53	27.77
438	38.22	38.04	462	28.35	27.50
439	36.60	36.42	463	27.94	27.22
440	36.32	36.14	464	27.27	26.82
441	33.52	35.11	465	26.44	26.21
442	33.11	33.07	466	26.34	26.10
443	32.11	32.34	467	27.50	26.76
444	32.24	31.91	468	28.86	26.87
445	32.28	31.98	469	27.83	26.02
446	35.14	32.85	470	26.04	25.58
447	36.18	36.00	471	25.81	25.45
448	35.38	35.20	472	25.90	25.44
449	36.78	36.60	473	26.16	25.48
450	34.21	34.03	474	26.75	25.54
451	34.25	34.07	475	27.74	25.44
452	32.65	33.09	476	27.45	24.75
453	33.03	32.35	477	26.47	26.81
454	31.68	32.64	478	25.67	24.49
455	31.61	31.34	479	25.43	24.41
456	31.08	31.16	480	25.06	24.17
457	29.92	30.35	481	24.69	23.94
458	30.03	39.69	482	24.87	23.93
458	29.28	28.00	483	25.55	23.95
460	27.95	27.48	484	25.98	23.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzyตั้งแต่ 3 ม.ค. 2539-31 ธ.ค. 2540 กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.63	461	28.53	28.26
438	38.22	38.04	462	28.35	27.82
439	36.60	36.42	463	27.94	27.61
440	36.32	36.14	464	27.27	27.11
441	33.52	35.11	465	26.44	26.34
442	33.11	34.93	466	26.34	26.21
443	32.11	32.49	467	27.50	26.88
444	32.24	32.33	468	28.86	27.34
445	32.28	31.84	469	27.83	26.87
446	35.14	32.53	470	26.04	25.97
447	36.18	32.84	471	25.81	25.88
448	35.38	35.20	472	25.90	25.62
449	36.78	36.60	473	26.16	25.71
450	34.21	34.03	474	26.75	25.94
451	34.25	34.07	475	27.74	26.17
452	32.65	33.09	476	27.45	25.82
453	33.03	32.91	477	26.47	25.15
454	31.68	32.01	478	25.67	24.98
455	31.61	32.46	479	25.43	24.95
456	31.08	31.07	480	25.06	24.64
457	29.92	30.65	481	24.69	24.36
458	30.03	30.29	482	24.87	24.37
458	29.28	28.61	483	25.55	24.50
460	27.95	27.87	484	25.98	24.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy

กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.58	461	28.53	28.40
438	38.22	37.89	462	28.35	28.17
439	36.60	36.83	463	27.94	27.56
440	36.32	36.12	464	27.27	27.25
441	33.52	35.20	465	26.44	26.53
442	33.11	34.93	466	26.34	26.28
443	32.11	34.75	467	27.50	26.99
444	32.24	32.08	468	28.86	27.32
445	32.28	31.86	469	27.83	26.84
446	35.14	31.99	470	26.04	26.19
447	36.18	32.07	471	25.81	26.19
448	35.38	32.37	472	25.90	26.06
449	36.78	36.41	473	26.16	25.72
450	34.21	34.55	474	26.75	25.89
451	34.25	33.95	475	27.74	26.13
452	32.65	33.13	476	27.45	25.91
453	33.03	32.91	477	26.47	25.49
454	31.68	32.72	478	25.67	25.08
455	31.61	31.49	479	25.43	25.09
456	31.08	32.21	480	25.06	24.88
457	29.92	30.25	481	24.69	24.48
458	30.03	30.27	482	24.87	24.46
458	29.28	28.77	483	25.55	24.58
460	27.95	28.11	484	25.98	24.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy
กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 7 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	37.54	461	28.53	28.51
438	38.22	37.75	462	28.35	28.59
439	36.60	36.60	463	27.94	28.02
440	36.32	36.15	464	27.27	27.11
441	33.52	35.18	465	26.44	26.49
442	33.11	34.93	466	26.34	26.25
443	32.11	34.75	467	27.50	27.03
444	32.24	34.56	468	28.86	27.57
445	32.28	32.07	469	27.83	27.04
446	35.14	32.40	470	26.04	26.10
447	36.18	31.94	471	25.81	25.66
448	35.38	32.19	472	25.90	26.52
449	36.78	32.49	473	26.16	26.17
450	34.21	34.47	474	26.75	25.77
451	34.25	34.01	475	27.74	25.99
452	32.65	33.12	476	27.45	25.86
453	33.03	32.91	477	26.47	25.50
454	31.68	32.72	478	25.67	25.37
455	31.61	32.54	479	25.43	25.95
456	31.08	31.35	480	25.06	25.56
457	29.92	31.98	481	24.69	24.68
458	30.03	30.29	482	24.87	24.40
458	29.28	29.99	483	25.55	24.65
460	27.95	28.78	484	25.98	24.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟิชชี
กรณี จำนวนฟิชชีเขตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 2

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	38.43	461	28.53	27.59
438	38.22	38.72	462	28.35	26.84
439	36.60	37.86	463	27.94	27.76
440	36.32	35.66	464	27.27	26.39
441	33.52	31.42	465	26.44	26.06
442	33.11	32.26	466	26.34	26.06
443	32.11	31.62	467	27.50	26.91
444	32.24	32.06	468	28.86	28.06
445	32.28	32.09	469	27.83	26.75
446	35.14	34.89	470	26.04	24.97
447	36.18	37.05	471	25.81	25.27
448	35.38	35.25	472	25.90	25.27
449	36.78	37.34	473	26.16	25.18
450	34.21	34.13	474	26.75	24.96
451	34.25	33.40	475	27.74	28.65
452	32.65	30.83	476	27.45	26.68
453	33.03	31.65	477	26.47	25.39
454	31.68	29.18	478	25.67	25.33
455	31.61	31.44	479	25.43	25.25
456	31.08	30.68	480	25.06	24.87
457	29.92	30.21	481	24.69	24.51
458	30.03	32.28	482	24.87	24.69
458	29.28	28.86	483	25.55	25.63
460	27.95	26.84	484	25.98	26.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy
กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 3

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	38.19	461	28.53	27.56
438	38.22	38.69	462	28.35	27.33
439	36.60	36.83	463	27.94	26.79
440	36.32	36.64	464	27.27	26.47
441	33.52	33.02	465	26.44	26.04
442	33.11	32.59	466	26.34	25.87
443	32.11	31.88	467	27.50	26.04
444	32.24	32.06	468	28.86	28.43
445	32.28	32.08	469	27.83	26.54
446	35.14	34.72	470	26.04	25.32
447	36.18	35.49	471	25.81	25.30
448	35.38	35.92	472	25.90	25.54
449	36.78	37.09	473	26.16	25.67
450	34.21	34.89	474	26.75	25.79
451	34.25	34.69	475	27.74	27.43
452	32.65	31.84	476	27.45	26.11
453	33.03	31.52	477	26.47	25.09
454	31.68	29.13	478	25.67	24.35
455	31.61	30.24	479	25.43	23.72
456	31.08	30.26	480	25.06	24.88
457	29.92	29.86	481	24.69	24.51
458	30.03	31.30	482	24.87	24.69
458	29.28	31.06	483	25.55	25.53
460	27.95	26.96	484	25.98	26.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy
กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 4

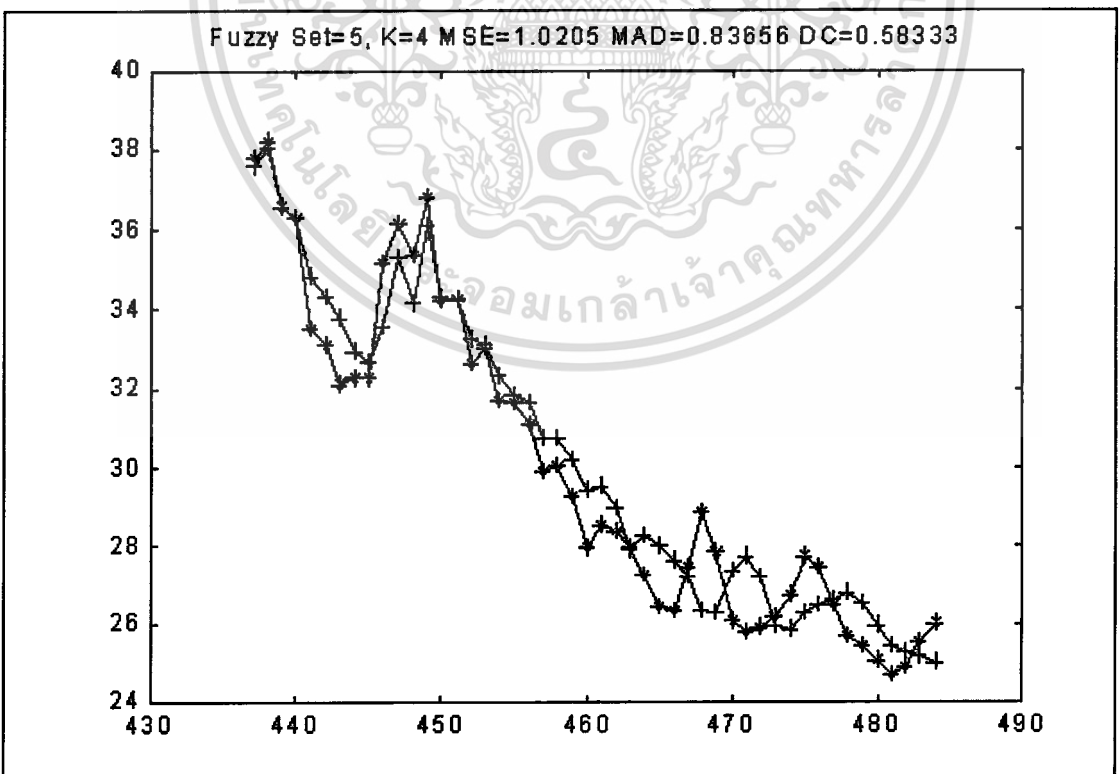
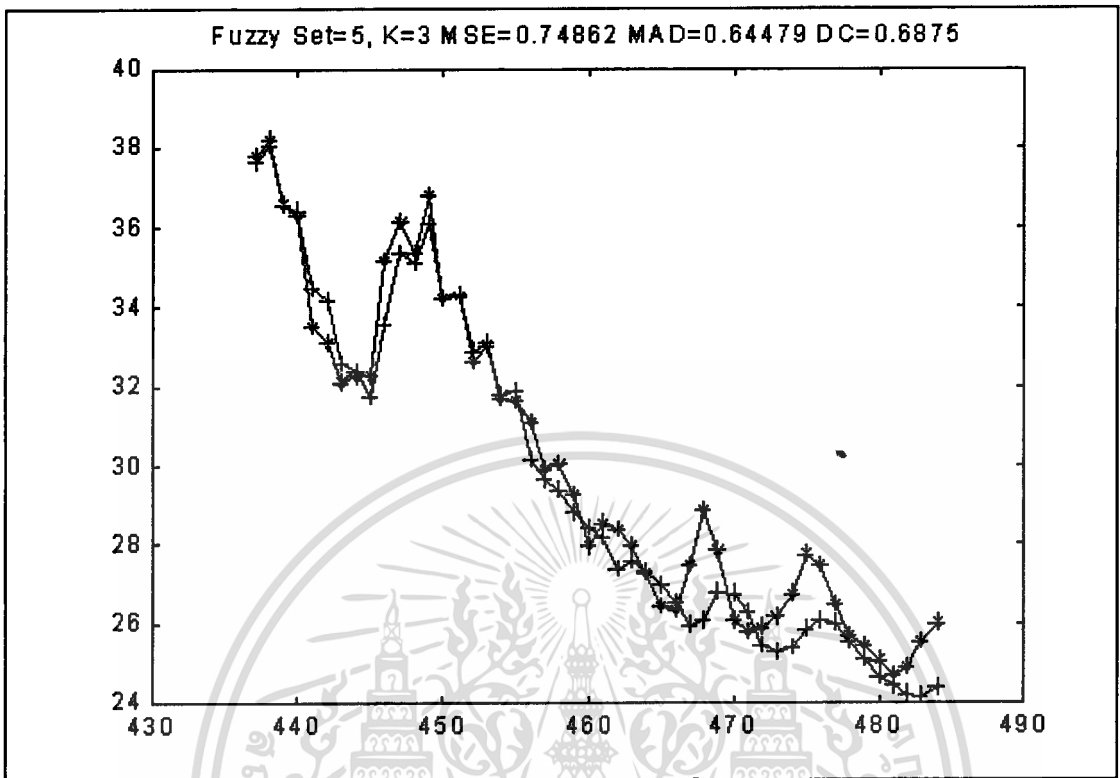
PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	38.22	461	28.53	27.92
438	38.22	38.44	462	28.35	27.93
439	36.60	36.73	463	27.94	27.84
440	36.32	36.86	464	27.27	27.33
441	33.52	34.12	465	26.44	26.57
442	33.11	33.42	466	26.34	25.87
443	32.11	32.35	467	27.50	27.17
444	32.24	32.07	468	28.86	28.33
445	32.28	32.07	469	27.83	27.17
446	35.14	34.87	470	26.04	26.80
447	36.18	35.86	471	25.81	25.91
448	35.38	36.19	472	25.90	25.36
449	36.78	36.23	473	26.16	25.97
450	34.21	34.30	474	26.75	26.26
451	34.25	35.10	475	27.74	27.08
452	32.65	32.78	476	27.45	26.83
453	33.03	32.66	477	26.47	24.94
454	31.68	30.21	478	25.67	25.71
455	31.61	30.78	479	25.43	25.60
456	31.08	30.47	480	25.06	25.37
457	29.92	29.52	481	24.69	25.07
458	30.03	30.54	482	24.87	24.95
458	29.28	30.45	483	25.55	25.36
460	27.95	26.97	484	25.98	26.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

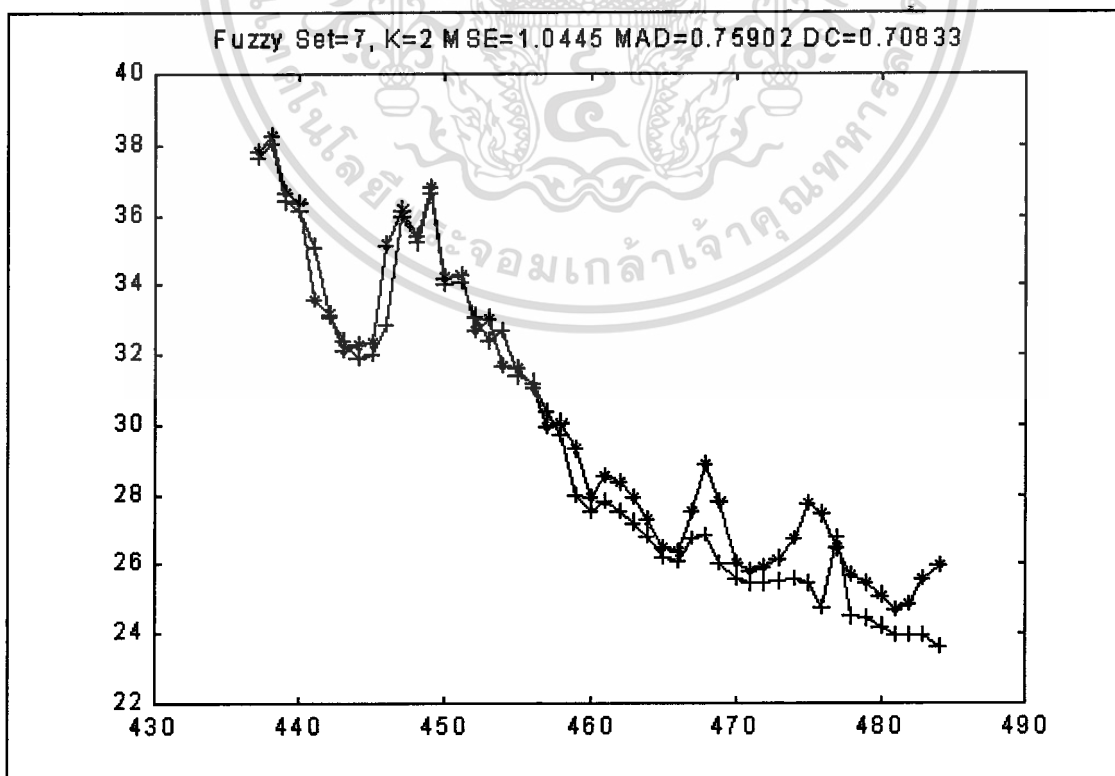
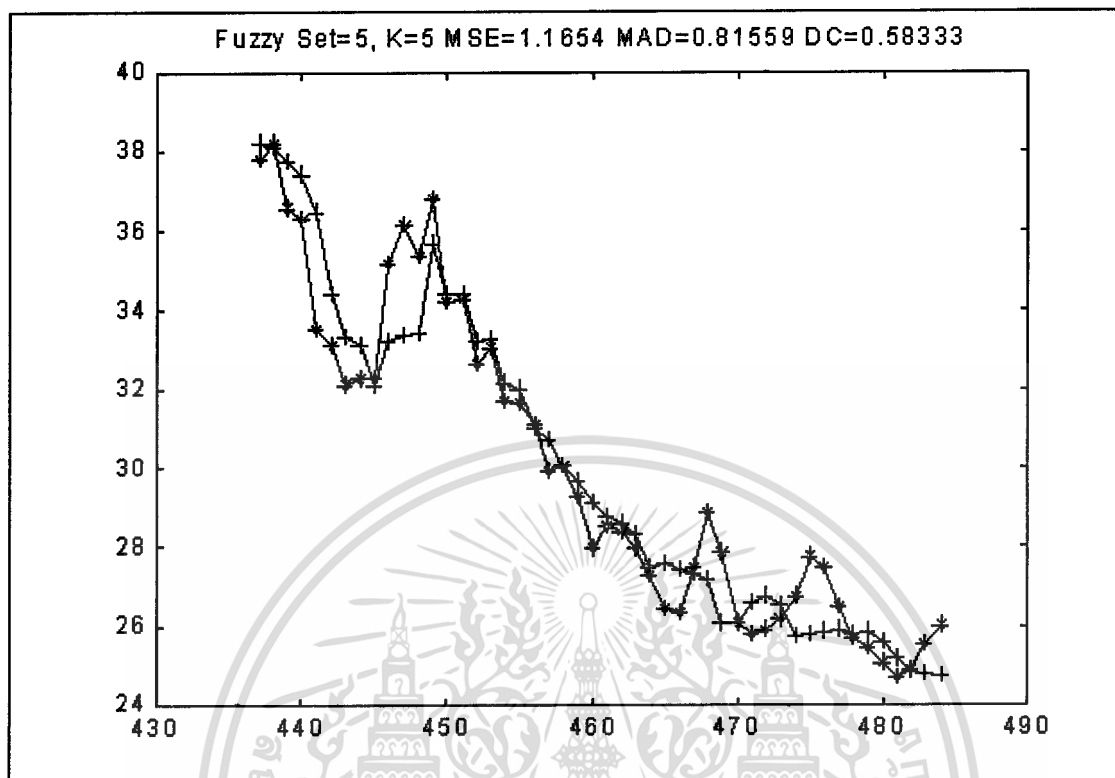
ตารางที่ 20 แสดงค่าจริงกับค่าทำนายดัชนีราคาหุ้น 50 โดยใช้ระบบฟuzzy
กรณี จำนวนฟuzzyเซตเท่ากับ 13 และจำนวนข้อมูลย้อนหลังเท่ากับ 5

PERIOD	DATA	PREDICT	PERIOD	DATA	PREDICT
437	37.81	38.03	461	28.53	29.02
438	38.22	38.17	462	28.35	28.87
439	36.60	36.36	463	27.94	28.59
440	36.32	36.49	464	27.27	27.50
441	33.52	34.13	465	26.44	26.12
442	33.11	33.73	466	26.34	25.50
443	32.11	31.93	467	27.50	26.95
444	32.24	32.01	468	28.86	28.19
445	32.28	32.02	469	27.83	27.59
446	35.14	34.55	470	26.04	26.01
447	36.18	36.56	471	25.81	26.03
448	35.38	35.83	472	25.90	25.00
449	36.78	35.25	473	26.16	26.23
450	34.21	33.46	474	26.75	26.35
451	34.25	34.92	475	27.74	26.89
452	32.65	32.80	476	27.45	27.69
453	33.03	32.27	477	26.47	27.01
454	31.68	30.88	478	25.67	26.40
455	31.61	31.01	479	25.43	26.03
456	31.08	30.37	480	25.06	25.94
457	29.92	28.94	481	24.69	25.54
458	30.03	29.80	482	24.87	25.54
458	29.28	29.89	483	25.55	26.10
460	27.95	28.79	484	25.98	26.67

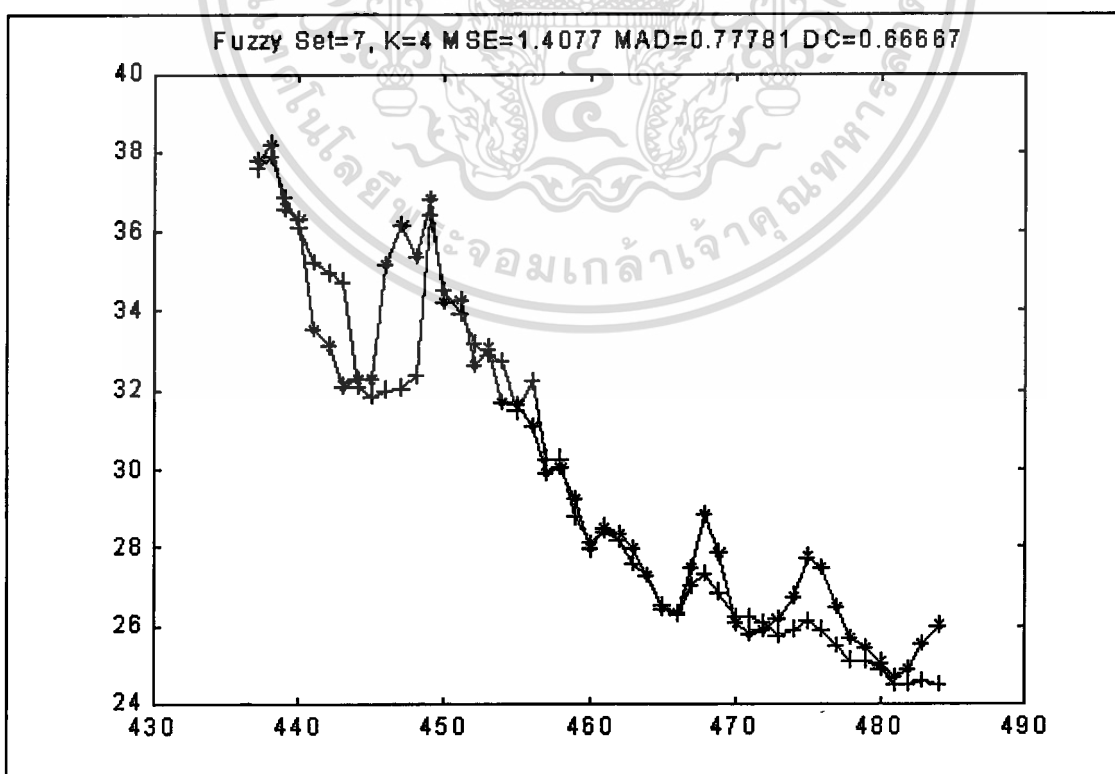
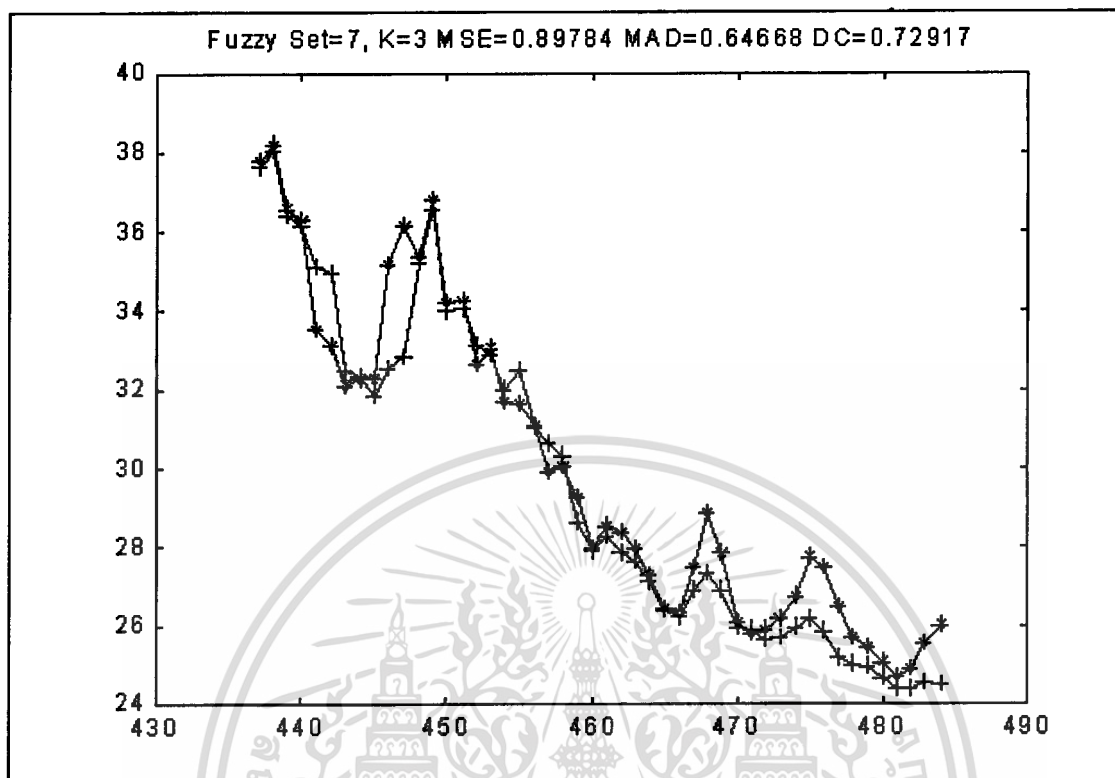
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



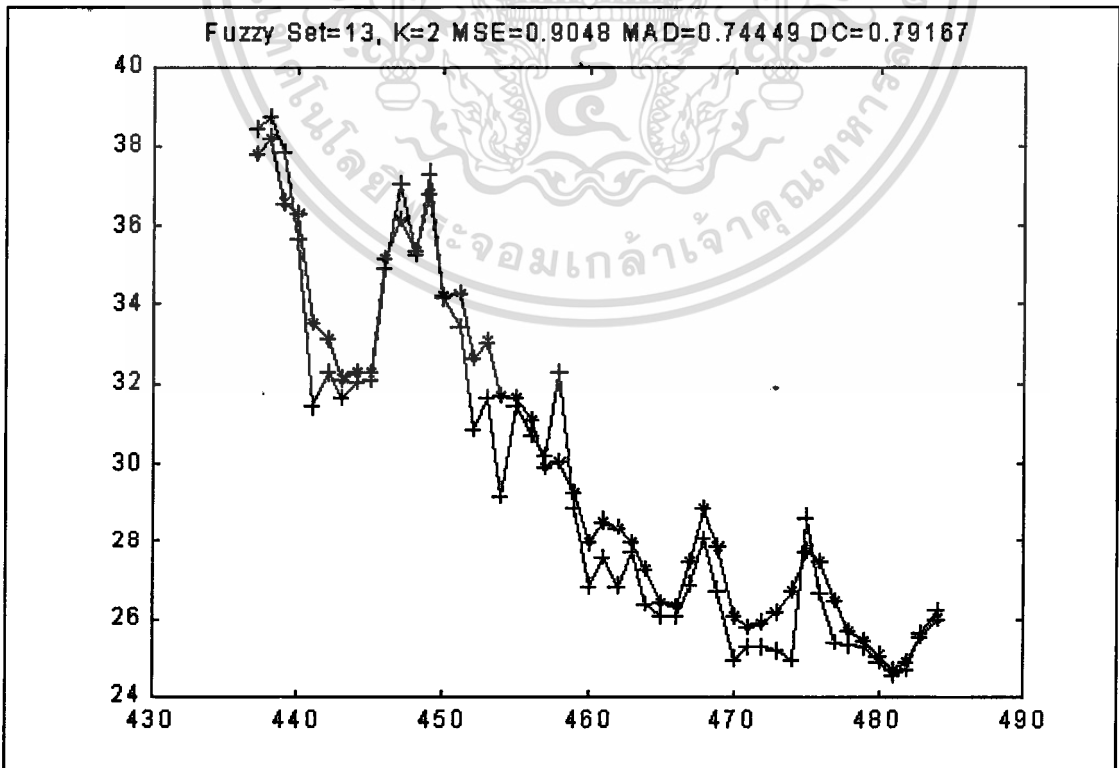
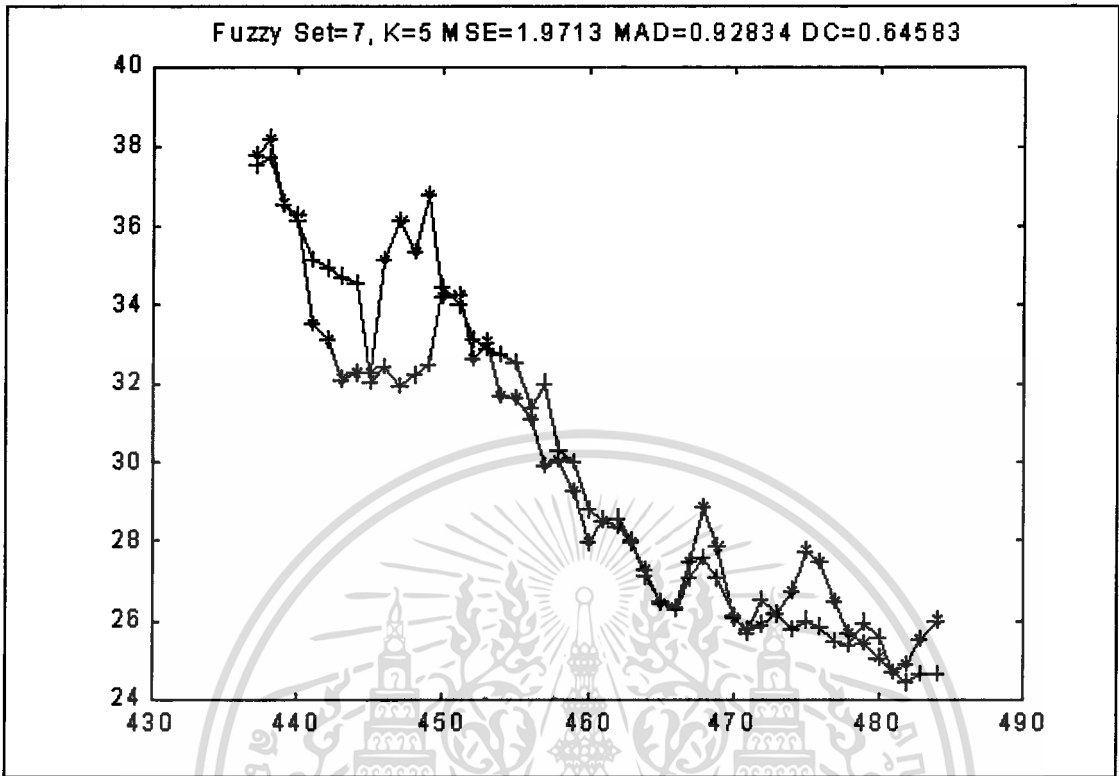
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



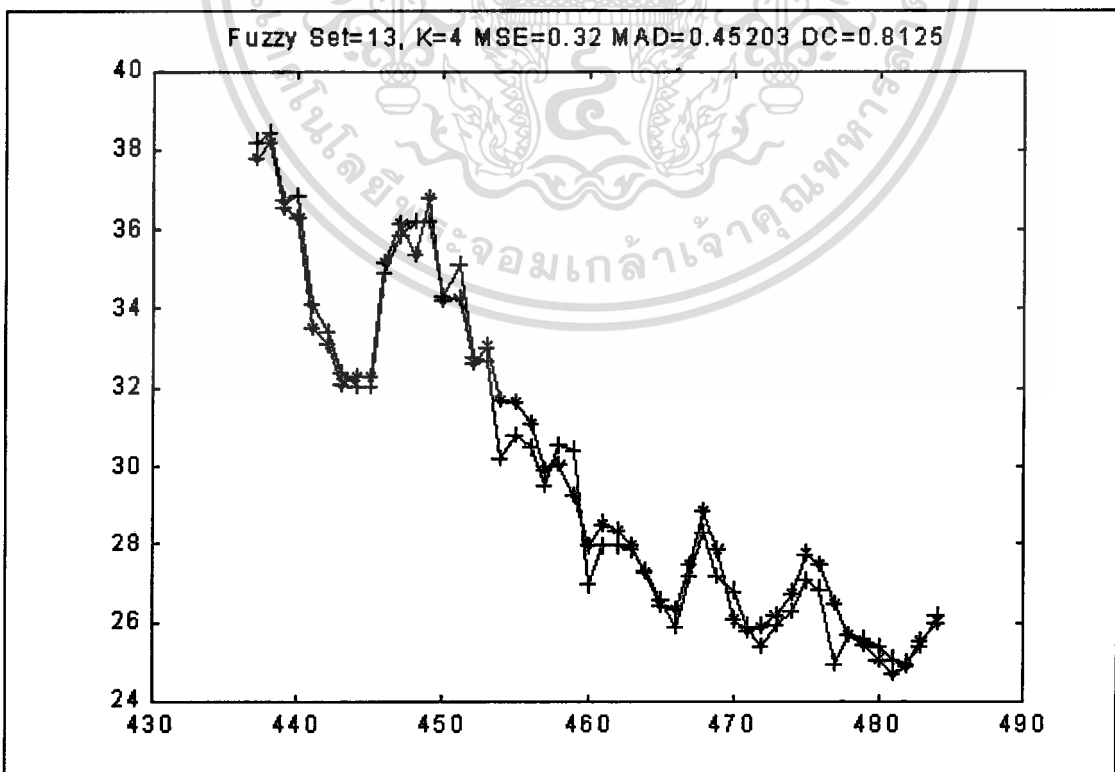
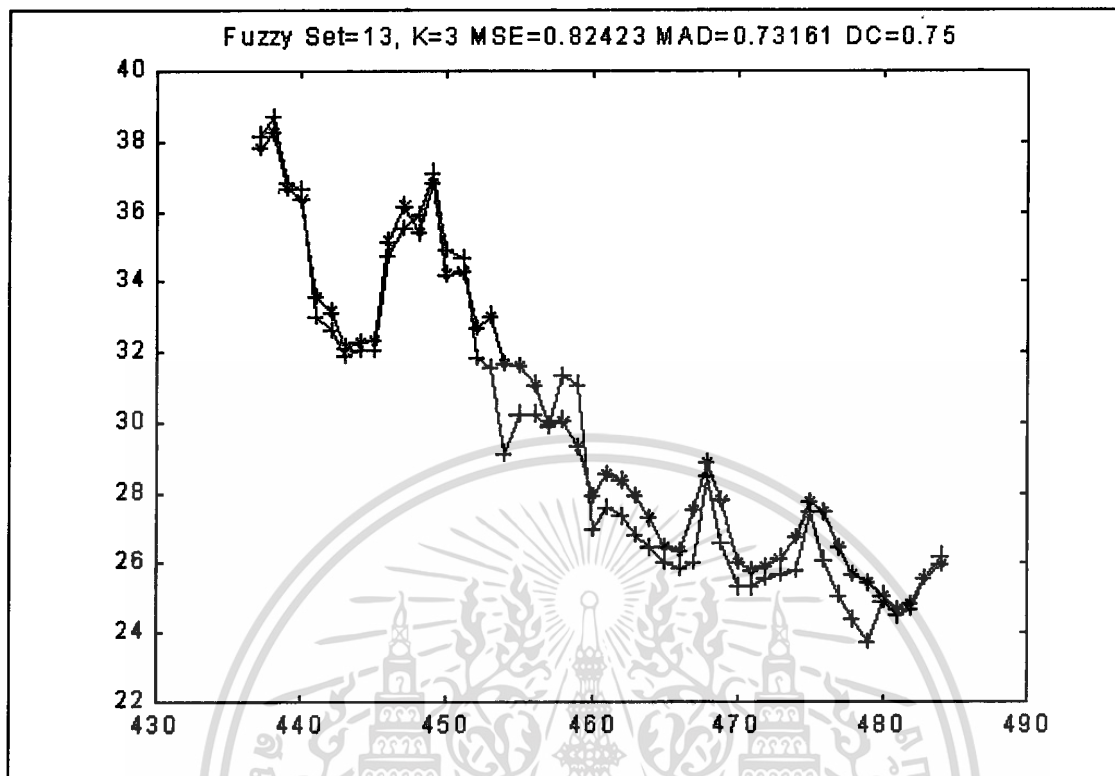
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



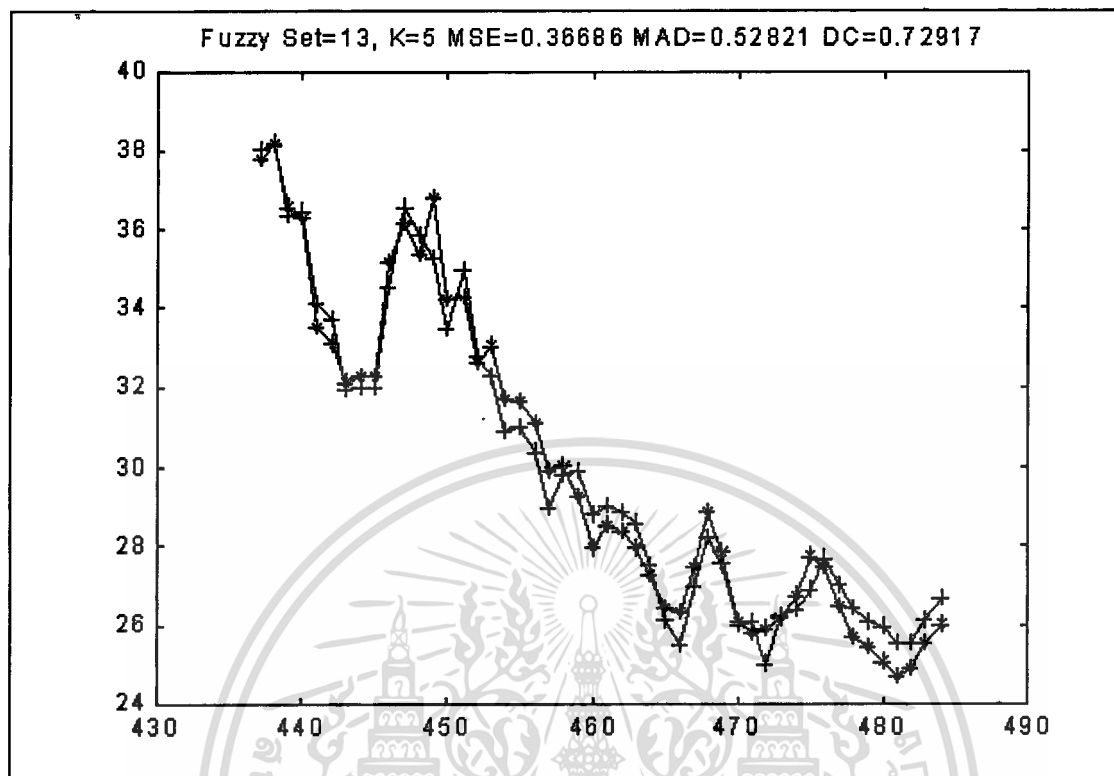
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้