ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบอัตโนมัติของระบบการพยากรณ์แบบฟัซซี

FUZZY FORECASTING SYSTEM WITH SELF-TUNING MEMBERSHIP FUNCTION

H006595

โดย

กัญญณัช เฉลิมชุติปภา

ขวัญชนก ตีรณะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อาริต ธรรมโน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....06595
วัน, เดือน, ปี27 ก.ค. 2555

b.1233[illegible]
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUZZY FORECASTING SYSTEM WITH SELF-TUNING MEMBERSHIP FUNCTION

KANYANACH CHALERMCHUTIPAPHA

KWANCHANOK TIRATHA

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2011

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2553

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การปรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบอัตโนมัติของระบบการพยากรณ์แบบฟัซซี

FUZZY FORECASTING SYSTEM WITH SELF-TUNING MEMBERSHIP FUNCTION

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกัญญณัช เฉลิมชุติปภา รหัสประจำตัว 50070021
2. นางสาวขวัญชนก ตีรถะ รหัสประจำตัว 50070034

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.อาริต ธรรมโน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การปรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบอัตโนมัติของระบบการพยากรณ์แบบฟัซซี
นักศึกษา	นางสาวกัญญณัช เฉลิมชุติปภา รหัสนักศึกษา 50070021
	นางสาวขวัญชนก ตีรณะ รหัสนักศึกษา 50070034
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อาริต ธรรมโน

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยทฤษฎีฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) ซึ่งเป็นแบบจำลองการพยากรณ์ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในการพยากรณ์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (Time series) โดยได้นำข้อมูลราคาน้ำมันดิบ และข้อมูลอนุกรมเวลาในลักษณะต่างๆ มาใช้ในการทดสอบแบบจำลอง เพื่อศึกษาถึงผลการพยากรณ์ ในการสร้างแบบจำลองได้มีการพัฒนาฐานความรู้ (Knowledge base) ในการสร้างฐานกฎ (Rule base) แบบอัตโนมัติจากข้อมูลราคาน้ำมันดิบ เพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น และได้นำหลักการการปรับฟังก์ชันสมาชิกของทฤษฎีการจำแนกกลุ่มของตัวแปรแบบฟัซซีมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการพยากรณ์ให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Fuzzy Forecasting System with Self-Tuning Membership Function	
Student	Ms. Kanyanach Chalermchutipapha	Student ID 50070021
	Ms. Kwanchanok Tiratha	Student ID 50070034
Degree	Bachelor of Science	
Programme	Information Technology	
Year	2010	
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Arit Thammano	

ABSTRACT

The Thesis proposes forecasting model with Fuzzy logic theory which is the popular forecasting model that used to forecast the time series data. This forecasting model uses crude oil price data and other time series data for testing and getting result for evaluated performance. This project develops knowledge base to generate rule base automatic for more precise result of forecasting and apply concept of membership function adjusting of fuzzy classification theory to improve forecasting performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ไม่อาจบรรลุผลสำเร็จได้ด้วยดี หากขาดความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อาริต ธรรมโน ที่ได้สละเวลาให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำที่ดี ในการพัฒนาโครงการ และการปรับปรุง แก้ไขปัญหาต่างๆมาโดยตลอด

ขอบขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ที่มีประโยชน์ ช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ และเป็นตัวอย่างที่ดีในการศึกษาเล่าเรียนและการทำงาน

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้ออำนวยสภาพแวดล้อมต่างๆ ในการทำโครงงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่น้องคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคนที่ได้ให้การช่วยเหลือและกำลังใจ เพื่อให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยสมบูรณ์

กัญญณัช เฉลิมชุติปภา
ขวัญชนก ตีรถะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย 4

2.1 เทคนิคการพยากรณ์ 4

2.1.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ 4

2.1.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ 5

2.2 ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา 5

2.2.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม (Trend Time Series) 5

2.2.2 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล (Seasonal Time Series) 6

2.2.3 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบวัฏจักร (Cycle Time Series) 6

2.2.4 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบผิดปกติ (Irregular) 7

2.3 คลาสสิคอลเซต (Classical Set) 7

2.4 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) 8

2.4.1 ระบบฟัซซี 8

2.4.2 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) 9

2.4.3 โอเปอร์เรชันของฟัซซีเซต 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.4.4 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function, MF) 11
2.4.5 คุณสมบัติของฟัซซีเซต 13
2.4.6 ตัวแปรภาษา (linguistic variable) 14
2.4.7 ฐานกฎ (Rule-based) และกฎฟัซซี (Fuzzy rules) 15
2.4.8 ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzy Rule-based Inferrence) 15
2.4.9 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 16
2.4.10 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 17
2.4.11 ชนิดของระบบฟัซซี 19
2.4.12 กระบวนการหาเหตุผลแบบฟัซซี 25

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา 29
3.1 ส่วนของการสร้างฐานความรู้ 31
3.1.1 การสร้างฟังก์ชันสมาชิก 31
3.1.2 การสร้างฐานกฎ 32
3.2 ส่วนของการพยากรณ์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือจากข้อมูลของอนุกรมเวลาเดียวกัน 35
3.2.1 แปลงอินพุททั่วไปให้เป็นอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี 35
3.2.2 อนุมานข้อสรุป 38
3.2.3 รวมข้อสรุป 39
3.2.4 แปลงฟัซซีเอาท์พุตให้อยู่ในรูปของทวินัยเอาท์พุท 40
3.3 ส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพยากรณ์ โดยการปรับปรุงฟังก์ชันสมาชิก 41
3.3.1 พยากรณ์ข้อมูล 41
3.3.2 ปรับฟังก์ชันสมาชิก 41
3.3.3 ตัวอย่างการปรับฟังก์ชันสมาชิก 48

บทที่ 4 ผลการทดลอง 52
4.1 ผลจากการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลในส่วนของการสร้างฐานความรู้ (Training) 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.1.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก 53
4.1.2 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิก 60
4.1.3 ผลการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์โดยอาศัยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 66
4.2 ผลจากการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Testing) 69
4.2.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ 70
4.2.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์โดยอาศัยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 76

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 78
5.1 สรุปผลการทดลอง 78
5.2 ข้อเสนอแนะ 80

บรรณานุกรม 81
ประวัติผู้เขียน 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 การเตรียมข้อมูลก่อนนำเข้ากระบวนการพยากรณ์ 52

4.2 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ 68

4.3 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ 69

4.4 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ 77

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม	5
2.2	ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล	6
2.3	ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล	6
2.4	ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบผิดปกติ	7
2.5	(ก) เซตแบบฉบับ (ข) การแบ่งคนสูงด้วยคลาสสิคอลเซต	8
2.6	การแบ่งคนสูงด้วยด้วยฟัซซีเซต	10
2.7	กราฟแสดงฟังก์ชันสมาชิกแบบต่างๆ (ก) แบบสามเหลี่ยม (ข) แบบสี่เหลี่ยมคางหมู (ค) แบบเกาซ์เซียน (ง) แบบระฆัง	12
2.8	ตัวอย่างตัวแปรทางภาษา	14
2.9	โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี	16
2.10	ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก	17
2.11	ขั้นตอนที่ 1 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก	17
2.12	ขั้นตอนที่ 2 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก	18
2.13	ขั้นตอนที่ 3 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก	18
2.14	กลุ่มของระบบฟัซซี	19
2.15	วิธีการอนุมานแบบแมมดานิ (Max-Min)	22
2.16	วิธีการอนุมานแบบแมมดานิ (Max-Product)	23
2.17	Tsukamoto Fuzzy Model	25
2.18	การอนุมานผลระบบฟัซซีแบบแมมดานิ	28
3.1	การแบ่งช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต	32
3.2	ระดับความเป็นสมาชิกในแต่ละฟังก์ชันสมาชิกของอินพุทและเอาท์พุท	34
3.3	กราฟแสดงค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูล X_1, X_2	35
3.4	การใช้มินโอเปอเรชั่นเพื่อหาค่าระดับความเป็นสมาชิกรวมของแต่ละแอนติซีเดนท์	37
3.5	การอนุมานข้อสรุปโดยใช้วิธีคลิปปิงเมธอด	38
3.6	การรวมข้อสรุป	39
3.7	แปลงฟัซซีเอาท์พุตให้อยู่ในรูปของทวินัยเอาท์พุทโดยใช้เทคนิคค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่	40
3.8	ตำแหน่งของค่า COA ของแต่ละกฎและตำแหน่งของ Forecast value	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

3.9 ค่า Forecast value ลดลงจากการลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งขวา 44

3.10 ค่า Forecast value เพิ่มขึ้นจากการลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งซ้าย 45

3.11 ค่า Forecast value ลดลงจากการเพิ่มค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งซ้าย 45

3.12 ค่า Forecast value เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งขวา 46

3.13 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก 46

3.14 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก 47

3.15 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก 47

3.16 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก 48

3.17 แสดงตำแหน่งของค่า COA ของแต่ละกฎ และตำแหน่งของ Forecast value 49

3.18 ค่า Forecast value เพิ่มขึ้นจากการลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งซ้าย 50

3.19 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกจากกรณีตัวอย่าง 51

4.1 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 54

4.2 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 54

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 55

4.4 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 55

4.5 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.6 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 56

4.7 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 57

4.8 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 57

4.9 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 58

4.10 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 58

4.11 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 59

4.12 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 59

4.13 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 60

4.14 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.15 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 61

4.16 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 62

4.17 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 62

4.18 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 63

4.19 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 63

4.20 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 64

4.21 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 64

4.22 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 65

4.23 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.24 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 66

4.25 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 143 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 70

4.26 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 143 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 71

4.27 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 143 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 71

4.28 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 95 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 72

4.29 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 95 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 72

4.30 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 95 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 73

4.31 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 28 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 73

4.32 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 28 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.33 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 28 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 74

4.34 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 26 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3 75

4.35 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 26 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5 75

4.36 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 26 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันน้ำมันดิบเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งทางตรงและทางอ้อม อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการต่อรองทางเศรษฐกิจและการเมืองได้อีกด้วยเพราะน้ำมันดิบเป็นทรัพยากรที่หายากของโลก ราคาน้ำมันดิบจึงขึ้นอยู่กับประเทศที่เป็นเจ้าของแหล่งทรัพยากรชนิดนี้ นอกจากนี้ก็ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่สามารถส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันดิบได้ เช่น อุปสงค์และอุปทาน ความรู้สึกของผู้ซื้อขายในตลาดน้ำมัน โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่เป็นผู้ผลิตและผู้ใช้น้ำมันรายสำคัญของโลก อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ แต่การประมาณการการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยข้างต้นนั้นทำได้ยาก การคาดการณ์ของผู้เชี่ยวชาญก็อาจจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน นอกเหนือจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันดิบได้ก็คือ ปัจจัยทางเทคนิคซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลสถิติราคาน้ำมันดิบ รายงานค่าเฉลี่ยของราคาย้อนหลัง ข้อมูลเหล่านี้จะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อขายน้ำมันดิบและจะมีผลทางอ้อมต่อระดับราคาน้ำมันดิบด้วย โดยเฉพาะในตลาดซื้อขายน้ำมันล่วงหน้าซึ่งจะมีปริมาณการซื้อขายเกินกว่าปริมาณน้ำมันที่มีอยู่จริงในตลาดและส่วนใหญ่เป็นการซื้อขายเพื่อเก็งกำไร การตัดสินใจที่จะทำการซื้อขายนั้นจึงเป็นการตัดสินใจที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง

ดังนั้นเพื่อทำให้การตัดสินใจที่จะทำการซื้อขายน้ำมันดิบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คงจะเป็นการดีหากจะมีระบบที่สามารถเข้ามาช่วยในการคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตอันใกล้แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงซึ่งจะทำให้การตัดสินใจที่จะซื้อขายน้ำมันดิบทำได้ถูกต้องยิ่งขึ้นและรวดเร็วมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ โดยการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในเรื่องของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ซึ่งเป็นคณิตศาสตร์แขนงใหม่ที่มีความสำคัญด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ การบริหาร ตลอดจนเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างมาก และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในงานด้านต่างๆ ที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล งานด้านวิศวกรรมต่างๆ ได้แก่ เครื่องทำความเย็น กล้องถ่ายภาพ ลิฟต์ ระบบรถยนต์ เป็นต้น รวมไปถึงช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ การพยากรณ์และการคาดการณ์เหตุการณ์ ซึ่งระบบจะนำหลักการในด้านการพยากรณ์และการคาดการณ์เหตุการณ์ของตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้ามาช่วยในการพยากรณ์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบของระบบเพื่อใช้ในการตัดสินใจนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในเรื่องของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบโดยสามารถให้ข้อมูลแก่ผู้ที่สนใจนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์เพื่อประกอบการวางแผนและตัดสินใจทางธุรกิจได้
2) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ที่นำมาช่วยในการพยากรณ์ว่ามีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไรบ้างและศึกษาวิธีการอื่นๆ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ที่นำมาช่วยในการพยากรณ์ให้ดีขึ้น
3) เพื่อศึกษาค้นคว้าและเพิ่มเติมทักษะในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศให้สอดคล้องกับความต้องการในเชิงธุรกิจ
4) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อราคาน้ำมันดิบ และนำมาวิเคราะห์ พยากรณ์แนวโน้มของราคาน้ำมันดิบในอนาคตต่อไป
5) เพื่อศึกษาถึงหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่
    5.1) ทฤษฎีและหลักการในการพยากรณ์ข้อมูล (Forecasting)
    5.2) ทฤษฎีและหลักการของราคาน้ำมันดิบและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลดังกล่าวรวมถึงสภาพแวดล้อมและสภาวการณ์ทางเศรษฐกิจปัจจุบัน
    5.3) ทฤษฎีและหลักการด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในเรื่องของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

1.3 ขอบเขตของงาน

โครงการนี้เป็นการศึกษาการนำเอาความรู้ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในเรื่องของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบ เพื่อวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของข้อมูลที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

- นางสาว กัญญณัช เฉลิมชุติปภา รหัสนักศึกษา 50070021

1) ศึกษาหลักการและทฤษฎีของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในส่วนของการพยากรณ์
2) ศึกษาหลักการและทฤษฎีในการสร้างแบบจำลองที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้
3) วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาแบบจำลองในการพยากรณ์ที่จะสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลราคาน้ำมันดิบ
4) ทำการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ว่าในการนำทฤษฎีของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เข้ามาช่วยนั้นมีข้อดี ข้อเสียอย่างไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นางสาว ขวัญชนก ตีรณะ รหัสนักศึกษา 50070034

1) ศึกษาหลักการและทฤษฎีของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในส่วนของการพยากรณ์
2) ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของราคาน้ำมันดิบที่ต้องใช้ในการพยากรณ์ข้อมูล
3) ทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อราคาน้ำมันดิบ
4) สรุปผลการศึกษา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) พัฒนาทักษะในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศให้สอดคล้องกับความต้องการทางในเชิงธุรกิจ
2) มีความรู้ความเข้าใจถึงหลักการและกระบวนการในการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับลักษณะของงาน
3) มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการพัฒนาแบบจำลองในการพยากรณ์ และสามารถพัฒนาแบบจำลองได้อย่างถูกต้องตามหลักการ
4) มีความรู้ความเข้าใจในแบบจำลองแต่ละแบบว่ามีข้อดีข้อเสียอย่างไร เพื่อที่จะสามารถเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมต่อการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบได้
5) มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลราคาน้ำมันดิบ
6) สามารถทำการพยากรณ์แนวโน้มของราคาน้ำมันดิบได้อย่างถูกต้องและทำให้นักลงทุนสามารถนำผลที่ได้จากการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนและตัดสินใจทางธุรกิจอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เทคนิคการพยากรณ์

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 เทคนิคการพยากรณ์ได้รับความนิยมและได้รับการพัฒนาไปอย่างมากในเกือบทุกวงการโดยเฉพาะในวงการธุรกิจและการเงิน โดยทั่วไปแล้วการพยากรณ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting) และการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting)

2.1.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ

การพยากรณ์เชิงคุณภาพเป็นการพยากรณ์ที่อาศัยความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ ความชำนาญ รวมทั้งวิจารณญาณของผู้ทำการพยากรณ์โดยตรง ซึ่งในการเลือกใช้การพยากรณ์เชิงคุณภาพอาจเกิดจาก ผู้ทำการพยากรณ์ไม่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้ ไม่ชำนาญในตัวแบบเชิงปริมาณ หรือไม่มีความเชื่อถือในแบบจำลองเชิงปริมาณ เป็นต้น การพยากรณ์เชิงคุณภาพจะมีหลายวิธี เช่น

- ความเห็นของนักบริหาร (Jury of Executive Opinion) เป็นการระดมความคิดของผู้บริหารระดับสูง ปกติจะมีการใช้แบบจำลองทางสถิติ (Statistic Model) และการพยากรณ์เข้ามาช่วยในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา
- วิธีเดลไฟ (Delphi Method) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ โดยมีหลักการคือ ค่าของการพยากรณ์จะไม่ได้มาจากผู้ทำการพยากรณ์เพียงคนเดียว แต่จะมาจากความคิดเห็นที่พ้องกันของบุคคลหลายๆ ฝ่าย ซึ่งจะไม่ใช้วิธีประชุมแสดงความคิดเห็น แต่จะมีการใช้แบบสอบถามอย่างต่อเนื่อง และความเป็นอิสระในการแสดงความคิด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเอนเอียงเนื่องจากผู้เชี่ยวชาญคนใดคนหนึ่ง
- วิธีวิจัยตลาด (Market Research) เป็นวิธีที่รวมเอาเทคนิคเชิงปริมาณอื่นๆ เข้ามาใช้ประโยชน์ในด้านการพยากรณ์ เช่น ขนาดโครงสร้างและขอบเขตของตลาด เป็นต้น ข้อมูลการวิจัยตลาดได้มาจากการส่งแบบสอบถาม การสำรวจทางโทรศัพท์ การอภิปรายกลุ่ม และการสัมภาษณ์ หลังจากนั้นจะนำจำนวนข้อมูลที่ได้มาทดสอบทางสถิติ เพื่อพิสูจน์สมมติฐานทางการตลาด วิธีการวิจัยตลาดเป็นวิธีที่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูงที่สุด แต่ผลลัพธ์ก็ค่อนข้างจะถูกต้องแม่นยำที่สุดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ

การพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

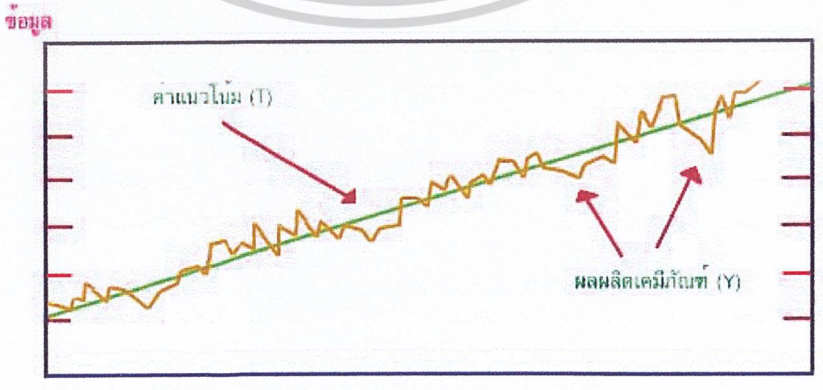
ประเภทที่ 1: เป็นลักษณะของการพยากรณ์ที่มีแนวคิดว่า พฤติกรรมในอดีตของสิ่งที่พยากรณ์สามารถที่จะอธิบายหรือพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ นั่นคือการนำข้อมูลในอดีตของตัวแปรที่สนใจเพียงตัวเดียวมาใช้ในการพยากรณ์ โดยเทคนิคการพยากรณ์ที่สนับสนุนการพยากรณ์ในแนวคิดนี้ได้แก่ การพยากรณ์แบบปรับได้ (Adaptive Forecasting) เทคนิคการพยากรณ์แบบทำให้เรียบ (Smoothing techniques) การพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลในอดีตที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (Time Series) เป็นต้น

ประเภทที่ 2: เป็นการพยากรณ์ที่มีแนวคิดว่า พฤติกรรมของสิ่งที่ต้องการพยากรณ์อาจขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งอื่นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์บางอย่างกับสิ่งที่ต้องการพยากรณ์นั้น ซึ่งยังคงอยู่บนพื้นฐานของการพยากรณ์ประเภทที่หนึ่ง นั่นคือมีการพิจารณาตัวแปรอื่นร่วมด้วยนอกเหนือจากตัวแปรที่จะทำการพยากรณ์ เช่น การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบอาจมีการพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณอุปสงค์และอุปทานของน้ำมันดิบ และเทคนิคการพยากรณ์ที่สนับสนุนการพยากรณ์ในแนวคิดนี้ได้แก่ การพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regressive Forecasting) และการพยากรณ์เชิงเศรษฐมิติ (Econometric Forecasting) เป็นต้น

2.2 ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา

ข้อมูลอนุกรมเวลาคือ ข้อมูลที่มีลักษณะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันและมีระยะห่างของช่วงเวลาที่เท่ากัน โดยหน่วยของช่วงเวลาอาจจะเป็น ปี เดือน สัปดาห์ หรือวัน เป็นต้นข้อมูลอนุกรมเวลาแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะย่อยๆ ดังนี้

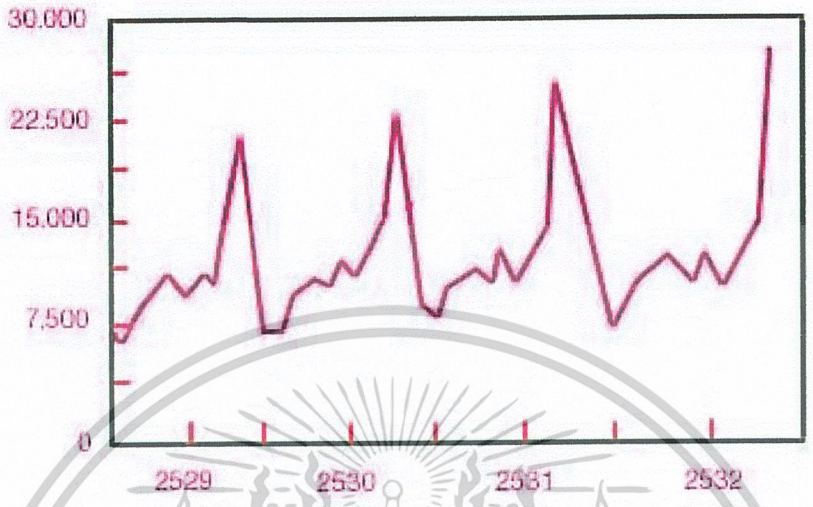
2.2.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม (Trend Time Series) คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม

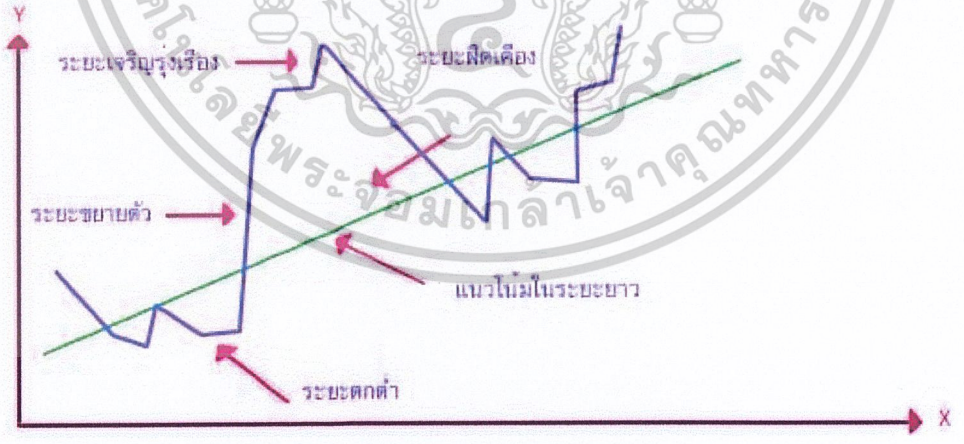
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล (Seasonal Time Series) คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มีรูปแบบซ้ำกันทุกปี



รูปที่ 2.2 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล

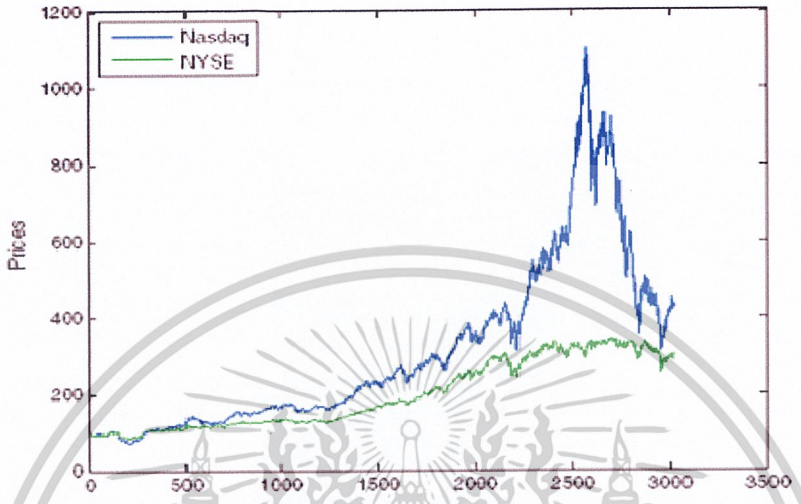
2.2.3 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบวัฏจักร (Cycle Time Series) คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มักเกิดขึ้นซ้ำๆ กันมากกว่าหนึ่งปี เช่น วัฏจักรทางธุรกิจ (Business life cycle)



รูปที่ 2.3 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบผิดปกติ (Irregular) คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ผิดไปจากเดิม โดยอาจได้รับผลกระทบมาจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดต่างๆ เช่น สงครามหรือน้ำท่วม เป็นต้น



รูปที่ 2.4 ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบผิดปกติ

2.3 คลาสสิคอลเซต (Classical Set)

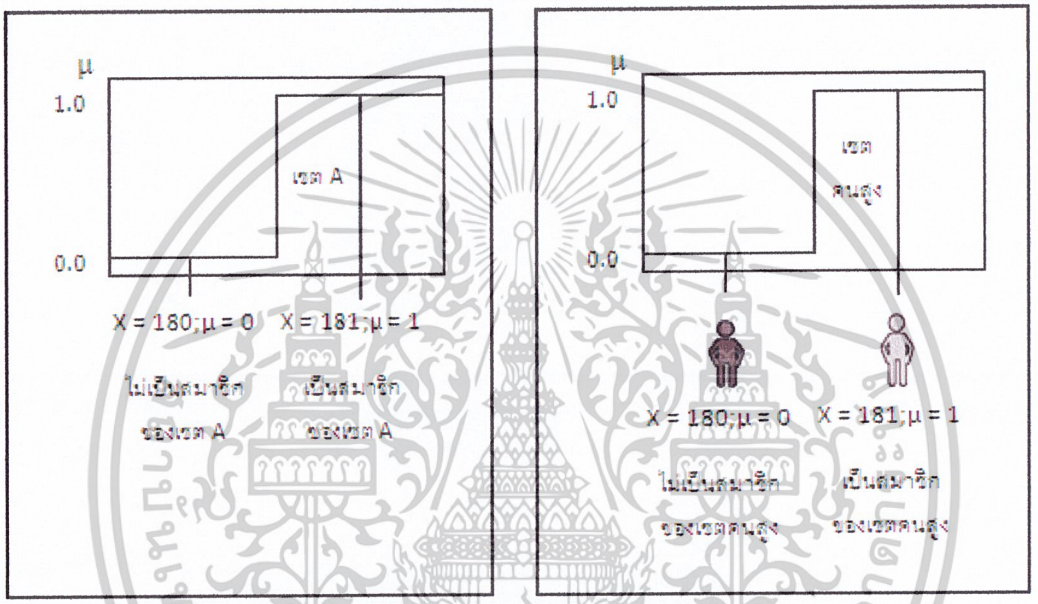
คลาสสิคอลเซตเป็นตรรกศาสตร์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กำหนดข้อเท็จจริงต่างๆ โดยคลาสสิคอลเซตมีลักษณะสำคัญคือ ขอบเขตของเซตมีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความเป็นสมาชิก หรือ μ ของคลาสสิคอลเซตนั้นมีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ 1 เมื่อเป็นสมาชิก และ 0 เมื่อไม่เป็นสมาชิก ดังนั้นที่บริเวณขอบเขตของคลาสสิคอลเซตจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนระหว่างค่าที่เป็นสมาชิกของเซตและค่าที่ไม่เป็นสมาชิกของเซต คือ จะเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 ทันที ซึ่งเซตที่มีขอบเขตเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนแบบนี้จะเรียกว่าเป็น คริสป์เซต (Crisp Set) ตัวอย่างของคลาสสิคอลเซต แสดงดังสมการที่ (2.1) เมื่อเซต A คือ เซตของตัวเลขจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่า 180

$$A = \{X \mid X > 180\} \tag{2.1}$$

จะเห็นว่าเซต A นั้นเมื่อ X มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 180 จะมี μ เท่ากับ 0 และเมื่อ X มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 181 จะมี μ เพิ่มขึ้นเป็น 1 ทันที ดังรูปที่ 2.5 (ก) จะเห็นว่าลักษณะของคลาสสิคอลเซตนั้นไม่สามารถที่จะนำเสนอข้อเท็จจริงต่างๆ ในทุกกรณี เช่น ในกรณีที่ข้อเท็จจริงมีลักษณะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นามธรรมและไม่มีความชัดเจน ตัวอย่างเช่น เมื่อกล่าวถึงเซตของคนตัวสูง ถ้าเราใช้คลาสสิคอลเซต ตามสมการที่ 2.1 มากำหนดจะได้ว่า A คือเซตของคนตัวสูง และ X คือความสูงของแต่ละคน ทำให้บุคคลที่มีความสูงมากกว่า 180 เซนติเมตร จะถือว่าเป็นคนตัวสูง ซึ่งกรณีนี้จะเห็นว่าเป็นการกำหนดลักษณะของคนตัวสูงที่ไม่ถูกต้องนัก เพราะคนที่มีความสูง 180 เซนติเมตร จะไม่จัดว่าเป็นคนตัวสูง แต่คนที่มีความสูง 181 เซนติเมตร จะจัดว่าเป็นคนตัวสูงทั้งที่มีความสูงต่างกันเพียง 1 เซนติเมตร รูปการแบ่งคนตัวสูงด้วยคลาสสิคอลเซต สำหรับคนที่สูง 180 และ 181 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2.5 (ข)



รูปที่ 2.5 (ก) เซตแบบฉบับ (ข) การแบ่งคนสูงด้วยคลาสสิคอลเซต

2.4 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)

ฟัซซีลอจิกเป็นหลักการตรรกศาสตร์ชนิดหนึ่งซึ่งมีพื้นฐานมาจากฟัซซีเซต จุดเด่นของฟัซซีลอจิกคือ ค่าความจริงจะไม่ถูกจำกัดอยู่แค่จริงหรือเท็จ ทำให้ฟัซซีลอจิกจำลองความคิดของมนุษย์ได้ใกล้เคียงมากขึ้น ลดความซับซ้อนในการพัฒนาระบบที่ต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ได้เป็นอย่างดี

2.4.1 ระบบฟัซซี

เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยฟัซซีลอจิกที่คิดค้นโดย L.A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (fuzzy) ไม่ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัดเจน (exact) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัย เด็กแยกจากกันแน่ชัดช่วงใด วัยทารกอาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปี บางคนอาจตีความว่าวัยทารกอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็กและวัยรุ่น ก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรจะอยู่ในช่วงใด อาจตีความว่าวัยเด็กมีอายุอยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี เป็นต้น สิ่งเหล่าเป็นตัวอย่างของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนเช่นนี้เรียกว่าฟัซซีเซต (fuzzy set)

จากแนวความคิดของ Zadeh เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ มากมายจนนับไม่ถ้วน ได้มีนักวิจัยได้คิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้ฟัซซีเซตโดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าฟัซซีเซตจะนำเสนอจากคนอเมริกันแต่ประเทศอเมริกาก็ไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างจริงจังในช่วงต้นๆ แต่ประเทศญี่ปุ่นเล็งเห็นคุณค่าของศาสตร์ด้านนี้ได้เป็นผู้บุกเบิกฟัซซีเซตทางการค้า โดยได้นำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่นๆ อีกมากมาย ในยุคปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้ในความสำคัญกับศาสตร์นี้มากขึ้น โดยได้มีการทุ่มงบประมาณให้กับการวิจัยมากขึ้น และฟัซซีลอจิกถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น ในโครงการอวกาศ NASA และโครงการด้านการทหาร

2.4.2 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)

ฟัซซีเซตมีลักษณะสำคัญคือ ขอบเขตของเซตมีการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าต่อเนื่อง โดยการกำหนดสมาชิกให้กับฟัซซีเซตดังสมการที่ 2.2

$$A = \{(x , \mu_A(x)) \mid x \in X\} \qquad (2.2)$$

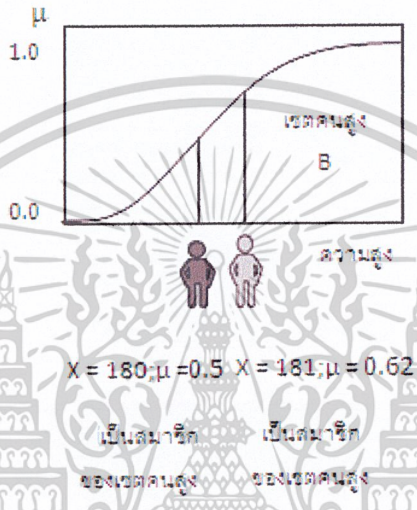
โดย A คือ ฟัซซีเซต ประกอบไปด้วยคู่ลำดับของ x และ $\mu_A(x)$ โดย x คือสมาชิกของเซต A และ $\mu_A(x)$ คือค่าระดับความเป็นสมาชิกของ x ในเซต A และ x เป็นสมาชิกของ X (Universe of discourse) ค่าของ $\mu_A(x)$ สามารถหาได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) ของเซต A และทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญญาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าระดับความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ทำให้ฟัซซีเซตแสดงข้อเท็จจริงที่มีลักษณะไม่ชัดเจนได้ เช่น การใช้ฟัซซีเซตแบ่งคนตัวสูง สมการที่ 2.3 คือสมการกำหนดสมาชิกของฟัซซีเซตคนตัวสูง B และสมการ 2.4 คือ ฟังก์ชันสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต B ในที่นี้ x คือ ค่าความสูง, $\mu_B(x)$ คือ ระดับความเป็นสมาชิกของความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x ในเซตคนตัวสูง B, X คือ ความสูงที่เป็นไปได้ทั้งหมด กราฟแสดงลักษณะเซตคนตัวสูงในแบบฟัซซีเซตแสดงตามรูปที่ 2.6

$$B = \{(x, \mu_B(x)) \mid x \in X\} \tag{2.3}$$

$$\mu_B(x) = \frac{1}{(1 + \exp[-0.5(x-180)])} \tag{2.4}$$



รูปที่ 2.6 การแบ่งคนสูงด้วยด้วยฟัซซีเซต

เนื่องจากฟัซซีเซตคนตัวสูง B มีฟังก์ชันสมาชิกเป็นค่าต่อเนื่อง โดยมีขอบเขตที่ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 ทำให้คนที่มีความสูงไม่ต่างกันมาก เช่น 180 หรือ 181 ก็ยังคงเป็นสมาชิกของเซตคนตัวสูงทั้งคู่ แต่จะมีค่าความเป็นสมาชิกในเซตคนตัวสูงอยู่ในระดับต่างกัน คือ คนตัวสูง 180 เซนติเมตร จะมีค่า μ เท่ากับกับ 0.5 ซึ่งมีความเป็นสมาชิกในเซตคนตัวสูงน้อยกว่าคนที่สูง 181 ซึ่งมี μ เท่ากับ 0.62 จะเห็นได้ว่าใช้ฟัซซีเซตในการกำหนดข้อเท็จจริงที่ไม่ชัดเจนนั้นมีความเหมาะสมกว่าการใช้คลาสสิคอลเซตมาก

2.4.3 โอเปอร์เรชันของฟัซซีเซต

โอเปอร์เรชันพื้นฐานที่ใช้ในฟัซซีเซตนั้นจะมีเหมือนกับที่ใช้ในเซตแบบฉบับ ได้แก่ ยูเนียน, อินเตอร์เซกชัน และคอมพลีเมนท์ เป็นต้น ซึ่งโอเปอร์เรชันเหล่านี้มีประโยชน์สำหรับใช้รวมฟัซซีเซตหลายเซตเข้าด้วยกัน วิธีหาผลลัพธ์ของโอเปอร์เรชันแสดงในสมการที่ 2.5 – 2.7

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min(\mu_A(x),\mu_B(x)) \quad (2.6)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.7)$$

สมการที่ 2.5 คือ การหาฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซีเซต A ยูเนียนกับฟัซซีเซต B (AUB) หาได้โดยการเลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$ สำหรับทุกค่า x ใดๆ

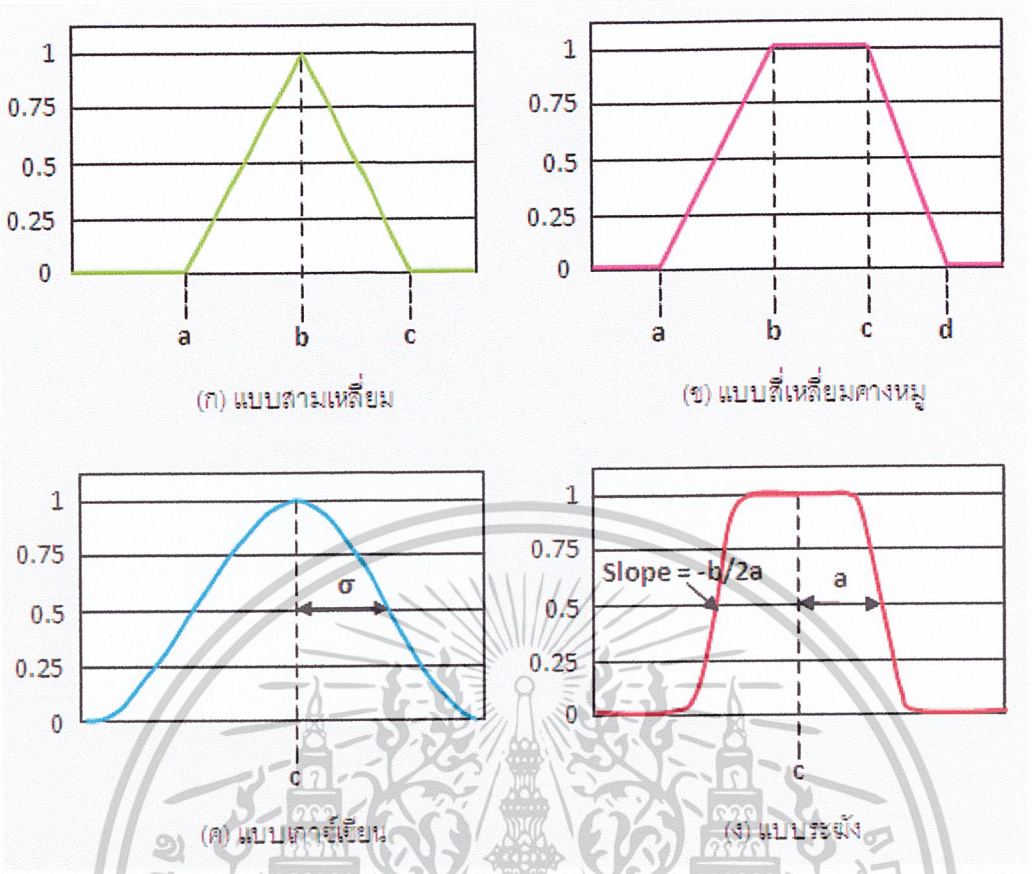
สมการที่ 2.6 คือ การหาฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซีเซต A อินเตอร์เซกชันกับฟัซซีเซต B (A∩B) หาได้โดยการเลือกค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$ สำหรับทุกค่า x ใดๆ

สมการที่ 2.7 คือ การหาฟังก์ชันสมาชิกของคอมพลีเมนท์ของฟัซซีเซต A หาได้โดยเอา 1 ลบกับ $\mu_A(x)$ สำหรับทุกค่า x ใดๆ

2.4.4 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function, MF)

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้กันทั่วไปนั้นมีอยู่หลายแบบแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 4 แบบ ตัวอย่างดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงฟังก์ชันสมาชิกแบบต่างๆ (ก) แบบสามเหลี่ยม (ข) แบบสี่เหลี่ยมคางหมู (ค) แบบเกาซ์เซียน (ง) แบบระฆัง

1) ฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยม (Triangular MF) มีสมการดังนี้

$$\text{Triangle}(x; a,b,c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x \le b \\ (c-x)/(c-b), & b \le x \le c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2.8)$$

2) ฟังก์ชันสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal MF) มีสมการดังนี้

$$\text{Trapezoid}(x; a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x < b \\ 1, & b \le x < c \\ (d-x)/(d-c), & c \le x < d \\ 0, & x \ge d \end{cases} \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ฟังก์ชันสมาชิกแบบเกาซ์เซียน (Gaussian MF) มีสมการดังนี้

$$\text{Gaussian}(x; c,\sigma) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-c)}{\sigma}\right]^2\right] \quad (2.10)$$

4) ฟังก์ชันสมาชิกแบบระฆัง (Bell MF) มีสมการดังนี้

$$\text{Bell}(x; a,b,c) = 1/\left(1+\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}\right) \quad (2.11)$$

ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้กำหนดให้ฟัซซีเซตนั้น เราสามารถกำหนดชื่อ (Linguistic Value) สำหรับแต่ละฟังก์ชันได้ โดยชื่อที่กำหนดนี้มีลักษณะพิเศษคือ เป็นชื่อที่มีความหมายและมนุษย์เข้าใจได้ทันทีไม่ต้องตีความอีก ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชันสมาชิกสำหรับการแบ่งคนตัวสูง อาจมี 3 ฟังก์ชันชื่อว่า สูง กลาง ต่ำ เป็นต้น และการเลือกฟังก์ชันของความเป็นสมาชิกนั้น จะต้องเลือกตามความเหมาะสม ความครอบคลุมของข้อมูลที่จะรับเข้ามา โดยสามารถที่ทับซ้อนกันเพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ ซึ่งมีความเป็นสมาชิกหลายค่าได้ และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติงานหรือตามความต้องการ

2.4.5 คุณสมบัติของฟัซซีเซต

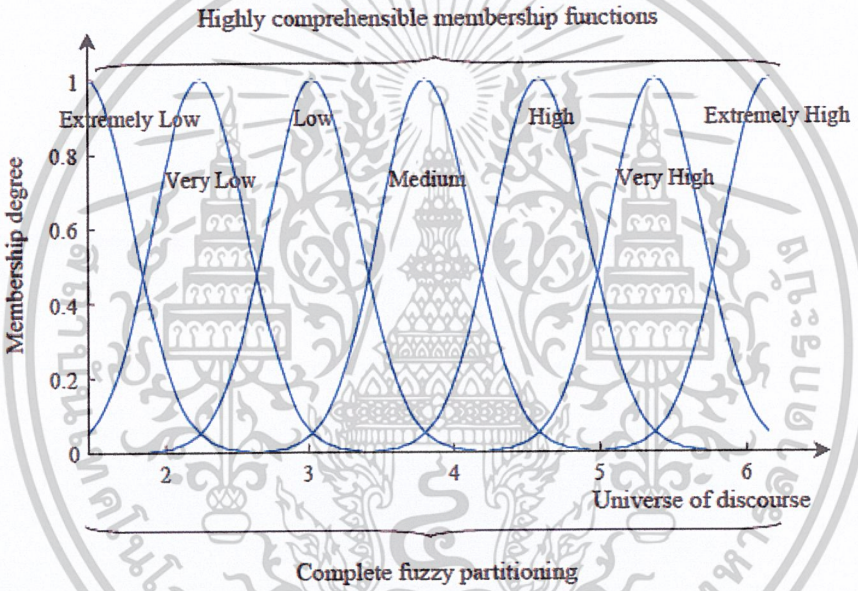
ฟัซซีเซตมีคุณสมบัติตามเซตแบบฉบับ ได้แก่

Commutativity	$A \cup B = B \cup A$ $A \cap B = B \cap A$
Associativity	$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$ $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$
Distributivity	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
Idemptency	$A \cup A = A$ และ $A \cap A = A$
Identity	$A \cup 0 = A$ และ $A \cap X = A$ $A \cap 0 = 0$ และ $A \cup X = X$
Transitivity	ถ้า $A \subseteq B$, $B \subseteq C$ แล้ว $A \subseteq C$
Involution	$\overline{\overline{A}} \subseteq A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 ตัวแปรภาษา (linguistic variable)

เซตแบบฟัซซีสามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบายค่าของตัวแปรเช่นเดียวกับเซตแบบฉบับได้ เช่น ประโยค “อุณหภูมิในห้องเย็น” คำว่า “เย็น” เป็นคำที่ใช้แสดงปริมาณอุณหภูมิ ในทางรูปนัยสามารถเขียนได้เป็นปริมาณอุณหภูมิในห้องเย็นหรือ Temperature Quantity is Cold ตัวแปร Temperature Quantity เป็นตัวแปรทางภาษา (linguistic variable) ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญมากในตรรกะแบบฟัซซี ตัวแปรภาษาช่วยกำหนดค่าของสิ่งที่จะอธิบายทั้งในรูปคุณภาพ โดยใช้พจน์ภาษา (linguistic term) และในรูปปริมาณโดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกซึ่งแสดงความหมายของเซตแบบฟัซซี พจน์ภาษาใช้สำหรับการแสดงแนวคิดและองค์ความรู้ในการสื่อสารของมนุษย์ ส่วนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีประโยชน์ในการจัดการกับอินพุทที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างตัวแปรทางภาษา

ตัวแปรทางภาษาเป็นการประกอบกัน (Composition) ของตัวแปรสัญลักษณ์ (Symbolic variable) และตัวแปรเชิงเลข (Numerical variable) ตัวอย่างตัวแปรสัญลักษณ์ เช่น “รูปร่างเป็นทรงกระบอก” (Shape = Cylinder) คำว่า “รูปร่าง” เป็นตัวแปรที่บอกถึงรูปร่างของวัตถุ ตัวอย่างตัวแปรเชิงเลข เช่น “ความสูงเท่ากับ 4 ฟุต” (Height = 4') ตัวแปรเชิงเลขจะมีใช้กันในสาขางานด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ การแพทย์ และอื่นๆ ส่วนตัวแปรสัญลักษณ์มีความสำคัญในวิทยาการเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์และการตัดสินใจ การใช้ตัวแปรภาษาเป็นการรวมตัวแปรเชิงเลขกับตัวแปรสัญลักษณ์เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 ฐานกฎ (Rule-based) และกฎฟัซซี (Fuzzy rules)

ฐานกฎเป็นส่วนประกอบของระบบที่ประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกแบบหนึ่งที่เรียกว่า ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzy Inference System) โดยฐานกฎเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่เกี่ยวกับระบบ สร้างขึ้นโดยอาศัยความรู้ของผู้เชี่ยวชาญซึ่งเข้าใจระบบเป็นอย่างดี ภายในฐานกฎประกอบไปด้วยกฎฟัซซีหลายกฎ ซึ่งโครงสร้างของกฎฟัซซีที่นิยมและมีการประยุกต์ใช้งานมากที่สุดก็คือกฎฟัซซีแบบถ้า-แล้ว (Fuzzy If-Then Rule) โดยตัวอย่างโครงสร้างของกฎฟัซซีแบบถ้า-แล้ว เช่น

$$\text{IF } x \text{ is } A_i \quad \text{THEN } y \text{ is } B_i$$

ในส่วนของ IF x is A_i เรียกว่า "แอนติซีเดนท์ (Antecedent)" ซึ่งเป็นส่วนที่อธิบายลักษณะอินพุทของระบบมีลักษณะเป็นประโยคเงื่อนไขและส่วนของ THEN y is B_i เรียกว่า "คอนซีเควน (Consequent)" เป็นส่วนที่อธิบายเอาท์พุทของระบบ มีลักษณะเป็นข้อสรุปของระบบหรือผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในระบบเมื่อได้รับอินพุทที่สอดคล้องกับเงื่อนไขในส่วนอินพุทของกฎ โดย x และ y ในกฎฟัซซีคือชื่อของตัวแปรอินพุตและเอาท์พุทของระบบตามลำดับ ซึ่งเป็นชื่อของตัวแปรเชิงภาษา เช่น อุณหภูมิ ราคา เป็นต้น มีความหมายและมนุษย์เข้าใจได้ทันทีเช่นเดียวกับชื่อฟังก์ชันสมาชิก ตามปกติค่าของตัวแปรอินพุทและเอาท์พุทสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มด้วยฟังก์ชันสมาชิกต่างๆ ได้ ดังนั้น A_i และ B_i จึงเป็นส่วนที่ใช้แบ่งอินพุทและเอาท์พุทออกเป็นกลุ่ม ซึ่งจะกำหนดเป็นฟังก์ชันสมาชิกต่างๆ ของตัวแปรอินพุทและเอาท์พุทตามลำดับนั่นเอง ตัวอย่างการใช้ชื่อตัวแปรและชื่อฟังก์ชันสมาชิก เช่น ตัวแปรที่ชื่อว่า อุณหภูมิ อาจมีฟังก์ชันสมาชิกสำหรับแบ่งอุณหภูมิ 3 ฟังก์ชันชื่อว่า สูง, กลาง, ต่ำ เป็นต้น

จำนวนเงื่อนไขของอินพุทในส่วนของแอนติซีเดนท์และจำนวนเอาท์พุทในส่วนของคอนซีเควนนั้นสามารถมีได้มากกว่าส่วนละ 1 ตัว ถ้ามีมากกว่า 1 ตัว จำเป็นต้องมีตัวเชื่อม โดยตัวเชื่อมมีอยู่ 2 แบบคือ AND และ OR การเลือกใช้ AND หรือ OR นั้นจะมีผลกับวิธีการทำงานของระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป การจะกำหนดฐานกฎให้กับระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์นั้น วิธีทั่วไปคือ ให้ผู้เชี่ยวชาญในระบบนั้นเป็นผู้กำหนด

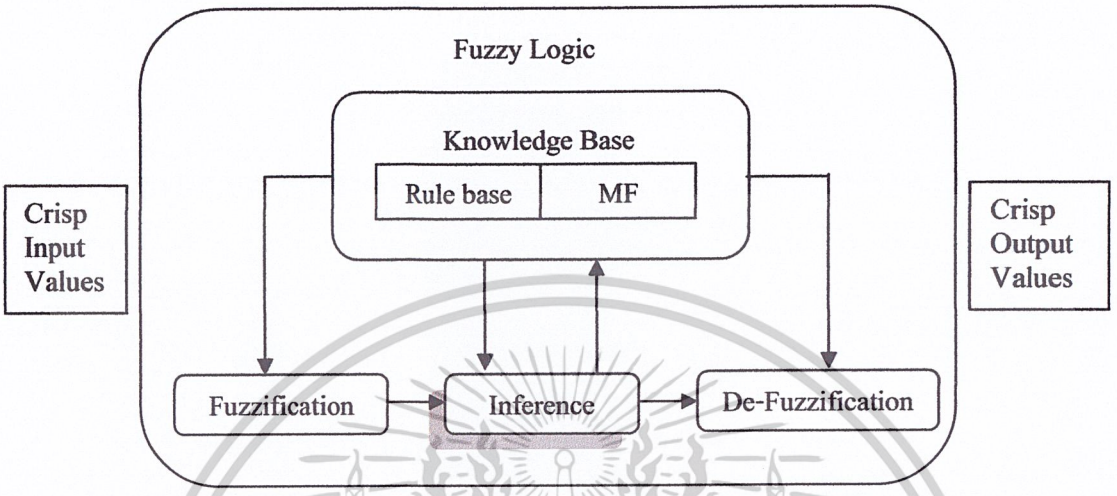
2.4.8 ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzy Rule-based Inferrence)

ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์คือ ระบบที่อาศัยหลักการฟัซซีลอจิกในการประเมินค่าเอาท์พุทที่เหมาะสมออกมา เมื่อได้รับค่าอินพุทลักษณะต่างๆ เข้ามาในระบบ การจะประเมินค่าเอาท์พุทได้ต้องอาศัยฐานกฎ (Rule-based) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) และกลไกการอนุมานฟัซซี (Inference Engine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.9 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้ (รูปที่ 2.9)



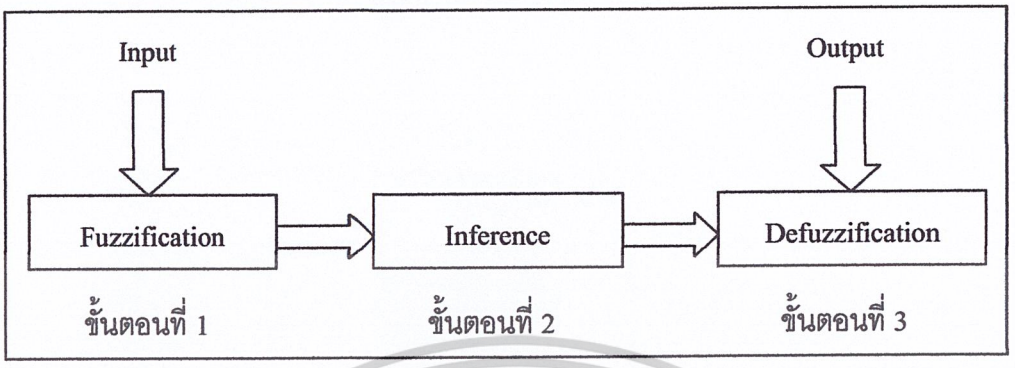
รูปที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี

1) ฟัซซิฟิเคชัน (Fuzzification) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงอินพุททั่วไป (Crisp Input)ไปเป็นอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzy Input)
2) ฐานความรู้ (Knowledge base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุม ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database) ฐานกฎคือ ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic rule) ฐานข้อมูลคือ การจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุมและการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี
3) เครื่องมืออนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎเพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ
4) ดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification) เป็นส่วนที่แปลงข้อมูลเอาท์พุทที่อยู่ในรูปแบบฟัซซีให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

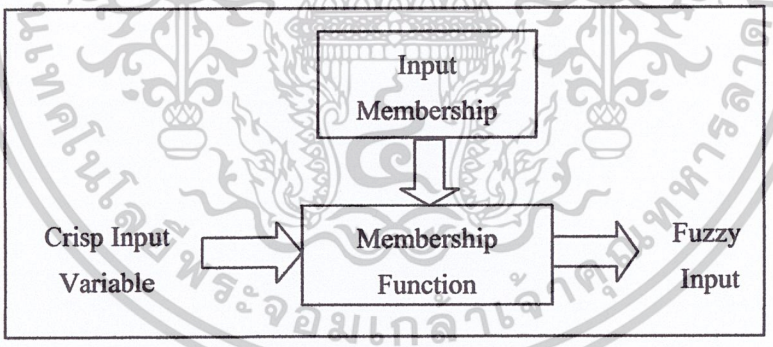
2.4.10 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 3 ส่วนซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

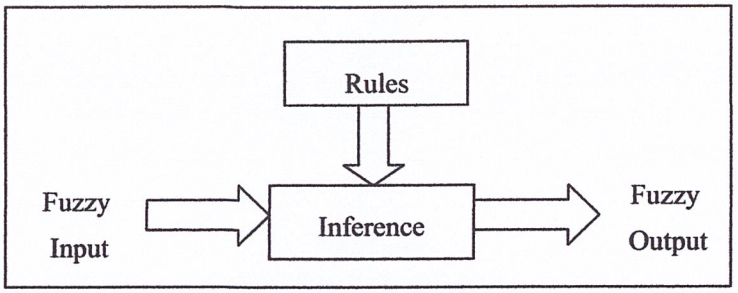
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงอินพุทแบบทวินัยไปเป็นอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี โดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละอินพุทและความสำคัญต่อเอาท์พุท ซึ่งฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะเป็นตัวกำหนดการแปลงอินพุทแบบทวินัย ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนที่ 1 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

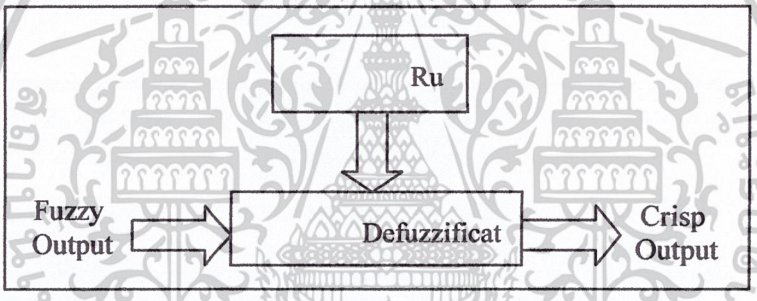
ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุททั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาท์พุทที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล อาจจะสร้างจากการเก็บข้อมูล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อหาการตัดสินใจที่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
06595



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนที่ 2 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซีโดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาท์พุทให้เป็นทวินัยเอาท์พุทตามรูปที่ 2.13 และด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Area) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนที่ 3 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Area: COA) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุผลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์ถ่วงโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการ

$$y = \frac{\sum_i \mu_A(y_i) \times y_i}{\sum_i \mu_A(y_i)} \qquad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสมการได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

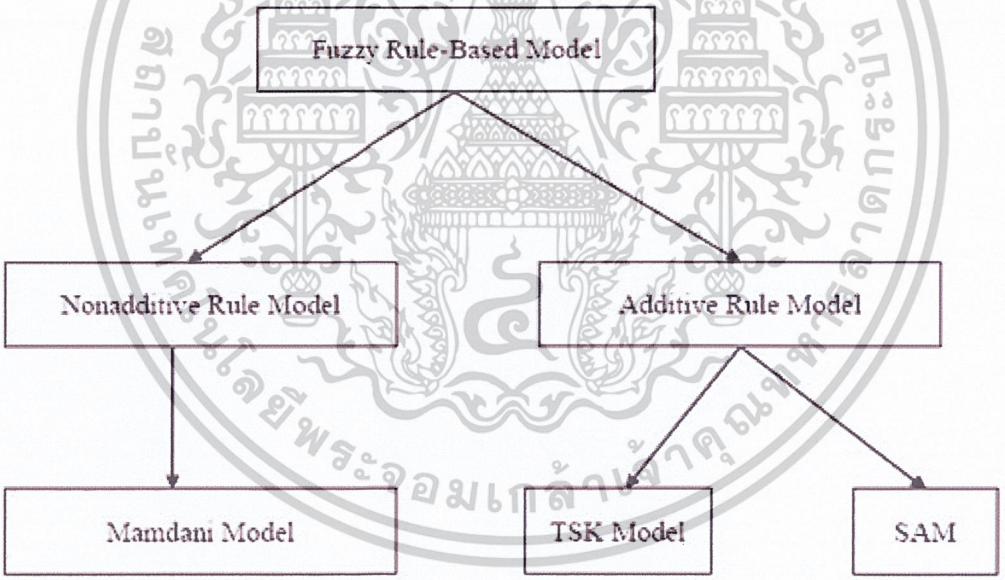
y แทนค่าของจุดศูนย์ถ่วง (Center of Area)

(y_i) แทนค่าเอาท์พุทตำแหน่งที่ i

$\mu_A(y_i)$ แทนค่าระดับความเป็นสมาชิกของเอาท์พุทตำแหน่งที่ i

2.4.11 ชนิดของระบบฟัซซี

ในการประมาณค่าฟังก์ชัน (Function approximation) ระบบฟัซซีที่ใช้มี 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ 1) รูปแบบแมมดานิ (Mamdani) 2) รูปแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) และ 3) รูปแบบ Standard Additive Model (SAM) โดยรูปแบบแมมดานิรวมผลการอนุมาน (inference) ของกฎโดยวิธีการซ้อนทับ (superimposition) จากกฎหลายๆ ข้อซึ่งไม่เป็นแบบบวกกันจึงเรียกระบบแบบนี้ว่าเป็น Nonadditive Rule Model แต่สำหรับ TSK และ SAM มีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนัก (weighted sum) จากหลายๆ กฎเพื่อรวมเป็นข้อสรุปสุดท้าย จึงเรียกระบบแบบนี้ว่า Additive Rule Model



รูปที่ 2.14 กลุ่มของระบบฟัซซี

1) ระบบกฎฟัซซีของแมมดานิ

ระบบกฎฟัซซีแบบแมมดานิเป็นระบบที่มีความนิยมใช้มากที่สุดระบบหนึ่งในทางปฏิบัติ เป็นระบบที่ใช้ตัวแปรภาษาทั้งในข้อตั้งและข้อตามเพื่อจัดเทียบฟังก์ชันจาก $U_1 \times U_2 \times \ldots \times U_n$ เป็น W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎที่ 1: IF (x_1 is A_{11}) AND (x_2 is A_{12}) AND ... AND (x_n is A_{1n}) THEN y is C_1

กฎที่ 2: IF (x_1 is A_{21}) AND (x_2 is A_{22}) AND ... AND (x_n is A_{2n}) THEN y is C_2

...

กฎที่ L: IF (x_1 is A_{L1}) AND (x_2 is A_{L2}) AND ... AND (x_n is A_{Ln}) THEN y is C_L

เมื่อ x_j, j =1, ..., n, เป็นตัวประกอบที่ j ของตัวแปรอินพุท x, y เป็นตัวแปรเอาท์พุท, A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของข้อตั้ง (Consequence linguistic term) หรือเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตั้ง (Antecedent membership function) ในกฎที่ i, i = 1, ..., L, C_i เป็นพจน์ภาษาของข้อตามหรือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตาม (Consequent membership function) ของกฎที่ i กำหนดให้ A^s เป็นฟัซซีเซตใหม่ สำหรับกฎข้อที่ i, i = 1, ..., L

$$A_i^s = A_{i1} \cap A_{i1} \cap ... \cap A_{in} \tag{2.13}$$

แสดงในรูปฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้เป็น

$$\mu_{A_i^s}(x) = \min(\mu_{A_{i1}}(x_1), \mu_{A_{i2}}(x_2), ..., \mu_{A_{in}}(x_n)) \tag{2.14}$$

ถ้าหากมีอินพุทเข้ามาในรูป

$$(x_1 = x_1'), (x_2 = x_2'), ..., (x_n = x_n') \tag{2.15}$$

โดยที่ $x_1', x_2', ..., x_n'$ เป็นค่าอินพุทใดๆ จะได้ค่าฟัซซีในส่วนของข้อตั้งเป็น

$$\alpha_i = \min\left(\mu_{A_{i1}}(x_1'), \mu_{A_{i2}}(x_2'), ..., \mu_{A_{in}}(x_n')\right) \tag{2.16}$$

ค่าเอาท์พุทของกฎแต่ละข้อของระบบฟัซซีแบบแมมดานิที่เป็นค่าฟัซซีสามารถหาได้จากสมการ

$$\mu_{C_t'}(y) = \alpha_i \wedge \mu_{C_t}(y) \tag{2.17}$$

ค่าเอาท์พุทของระบบเป็นผลรวมจากเอาท์พุทจากกฎแต่ละข้อโดยใช้สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_C(y) = \max\left(\mu_{C_1'}(y), \mu_{C_2'}(y),\ldots,\mu_{C_L'}(y)\right) \quad (2.18)$$

ฟัซซีเอาท์พุท สามารถแปลงเป็นค่าปกติได้โดยใช้วิธี Defuzzification แบบเฉลี่ยน้ำหนัก

$$y^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{y})\times\bar{y}}{\sum \mu_C(\bar{y})} \quad (2.19)$$

เมื่อ $\bar{y}$ เป็น Centriod ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่สมมาตร

วิธีการอนุมานแบบแมมดานิ

กำหนดให้ระบบฟัซซีแบบแมมดานิมี 2 อินพุท x_1 และ x_2 (Antecedent) และ 1 เอาท์พุท y (Consequence) ซึ่งมีกฎฟัซซีเป็น

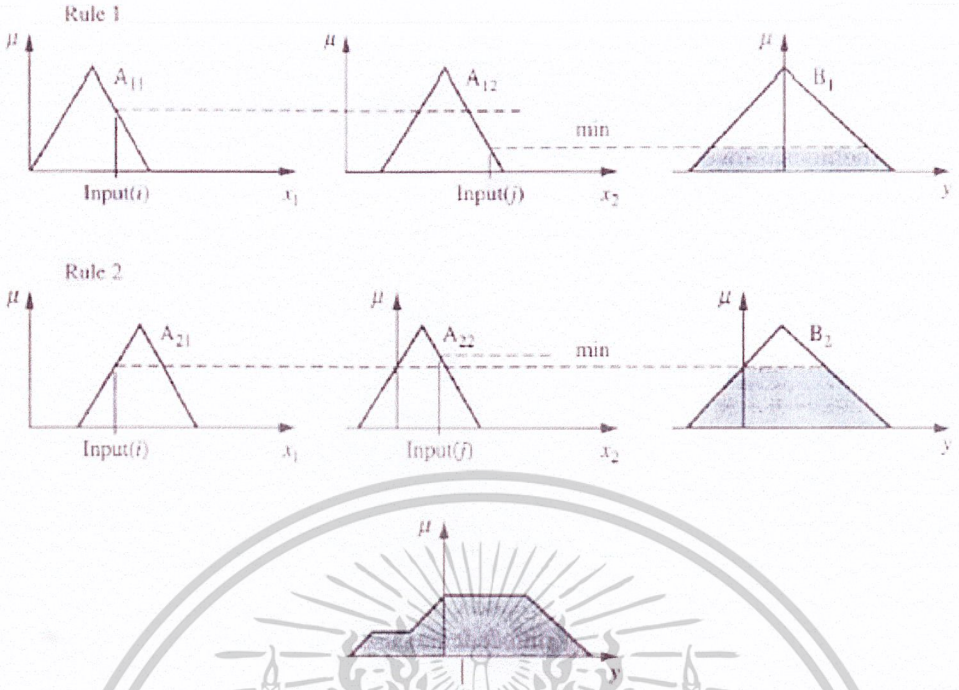
IF x_1 is A_{k1} and x_2 is A_{k2} THEN y is B_k สำหรับ $k = 1, 2, \ldots, r$

ผลรวมเอาท์พุทหาได้โดยการใช้วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด (max-min composition) และวิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ผลคูณ (max-product composition)

วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด

$$\mu_{B_k}(y) = \max\left[\min\left(\mu_{A_{k1}}(\text{input(i)}),\mu_{A_{k2}}(\text{input(j)})\right)\right] \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \ldots, r \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

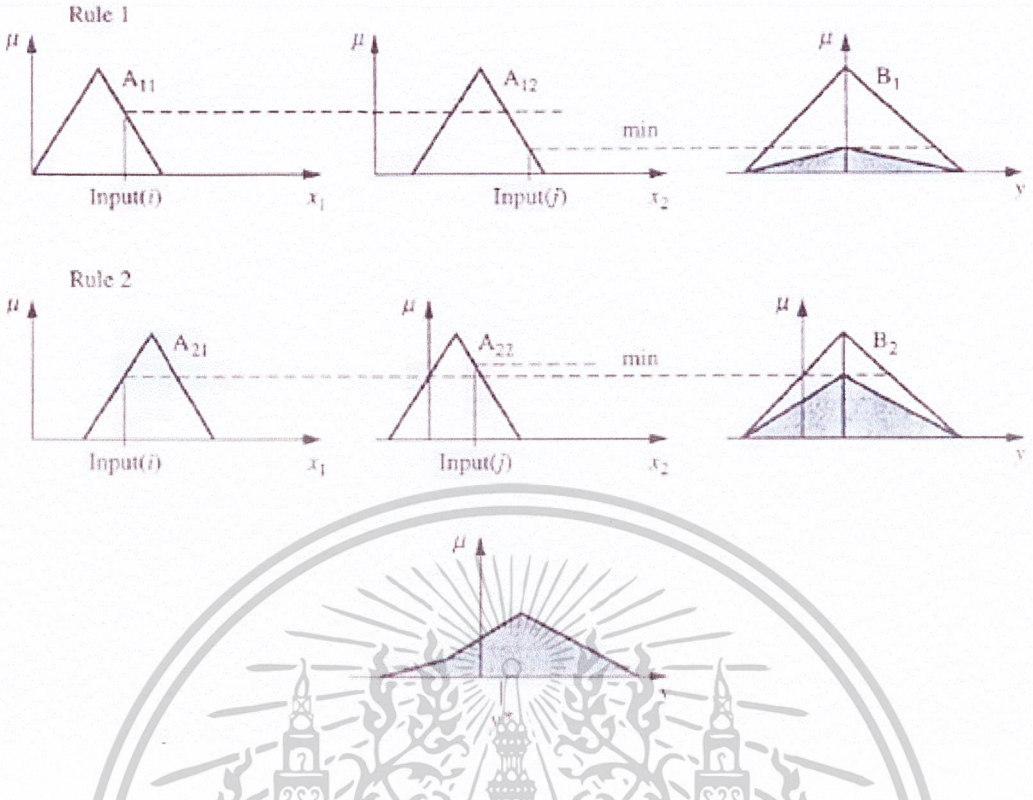


รูปที่ 2.15 วิธีการอนุมานแบบแมมดานิ (Max-Min)

วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ผลคูณ

$$\mu_{B_k}(y) = \max\left(\mu_{A_{k1}}(\text{input(i)}), \mu_{A_{k2}}(\text{input(j)})\right) \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \ldots, r \qquad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 วิธีการอนุมานแบบแมมดานี (Max-Product)

2) ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK

ระบบฟัซซีแบบ TSK ซึ่งนำเสนอโดย Takagi และ Sugeno ในปี ค.ศ.1984 และต่อมา Sugeno และ Kang ได้วิจัยต่อมา ระบบฟัซซีแบบ TSK จะอยู่ในรูป

กฎที่ 1: IF (x_1 is A_{11}) AND (x_2 is A_{12}) AND ... AND (x_n is A_{1n})

THEN $y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_{10} + b_{11}x_1 + \cdots + b_{1n}x_n$

กฎที่ 2: IF (x_1 is A_{21}) AND (x_2 is A_{22}) AND ... AND (x_n is A_{2n})

THEN $y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_{20} + b_{21}x_1 + \cdots + b_{2n}x_n$

...

กฎที่ L: IF (x_1 is A_{L1}) AND (x_2 is A_{L2}) AND ... AND (x_n is A_{Ln})

THEN $y_L = f_L(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_{L0} + b_{L1}x_1 + \cdots + b_{Ln}x_n$

เมื่อ x_j, j =1 , ... , n , เป็นตัวประกอบที่ j ของตัวแปรอินพุท x, y เป็นตัวแปรเอาท์พุท A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของข้อตั้ง (Consequence linguistic term) หรือเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้ง (Antecedent membership function) ในกฎที่ i , i = 1 , ... , L , f_i เป็นสมการเชิงเส้นของข้อตาม (Consequence Linear Function) ตามกฎข้อที่ i

ถ้าหากมีอินพุทเข้ามาในรูป

$$(x_1 = x_1'),(x_2 = x_2'), \ldots ,(x_n = x_n') \tag{2.22}$$

โดยที่ $x_1', x_2', \ldots, x_n'$ เป็นค่าอินพุทใดๆ จะได้ค่าฟัซซีในส่วนของข้อตั้งเป็น

$$\alpha_i = \min\left(\mu_{A_{i1}}(x_1'),\ \mu_{A_{i2}}(x_2'), \ldots, \mu_{A_{in}}(x_n')\right) \tag{2.23}$$

ค่าเอาท์พุทของกฎแต่ละข้อของระบบฟัซซีแบบ TSK สามารถหาได้จากสมการ

$$y_i = b_{i0} + b_{i1}x_1 + \ldots + b_{in}x_n \tag{2.24}$$

ค่าเอาท์พุทของระบบเป็นผลรวมจากเอาท์พุทจากกฎแต่ละข้อโดยใช้สมการ

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{L} \alpha_i \times y_i}{\sum_{i=1}^{L} \alpha_i} \tag{2.25}$$

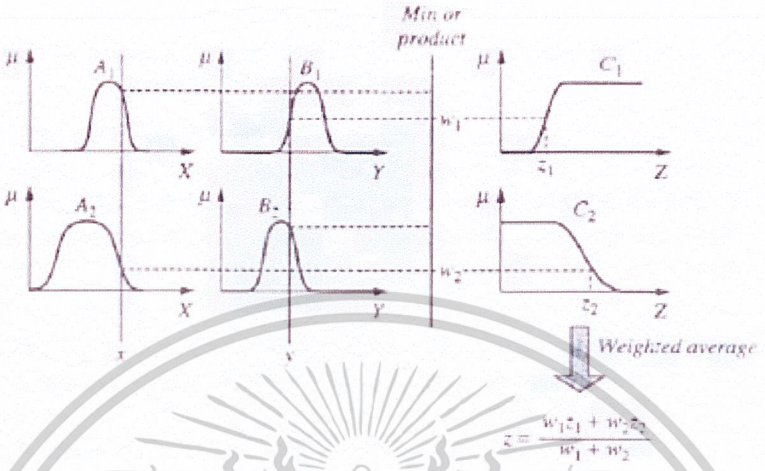
3) ระบบฟัซซีแบบบวกมาตรฐาน (Standard Additive Model : SAM)

ระบบฟัซซีแบบบวกมาตรฐาน เช่น ระบบฟัซซีแบบซูกาโมโต หรือ Tsukamoto's Fuzzy System (Tsukamoto, 1979) ในระบบนี้ส่วนข้อตั้งและข้อตามจะเป็นพจน์ภาษาคล้ายกับระบบฟัซซีของแมมดานิแต่ส่วนของคอนซีเควนของกฎฟัซซีจะถูกแสดงเป็นฟัซซีเซตซึ่งมีฟังก์ชันสมาชิกแบบทางเดียว (Monotonic membership function) ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบทางเดียวบางครั้งเรียกว่า "ฟังก์ชันโชว์เดอร์ (Shoulder function)" เป็นค่าอนุมานเอาท์พุทของแต่ละกฎที่เป็นค่าธรรมดาทั่วไป (Crisp value) ผลเอาท์พุททั้งหมดสามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเอาท์พุทจากแต่ละกฎดังสมการ

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{L} W_i \times Z_i}{\sum_{i=1}^{L} W_i} \tag{2.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกฎแต่ละข้อมีค่าเอาท์พุทเป็นค่าใช้งานทั่วไปแล้ว ระบบจะรวมเอาท์พุททั้งหมดได้อย่างรวดเร็วไม่ต้องอาศัยวิธีการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าธรรมดา การทำฟัซซิฟายเออร์จึงเป็นการประหยัดเวลามากขึ้น



รูปที่ 2.17 Tsukamoto Fuzzy Model

2.4.12 กระบวนการหาเหตุผลแบบฟัซซี

1) การหาเหตุผลแบบฟัซซีทั่วไป

กำหนดให้ระบบฟัซซีหนึ่งมี n อินพุท และ 1 เอาท์พุท ประกอบด้วยกฎดังนี้

กฎที่ 1: IF (x_1 is A_{11}) AND (x_2 is A_{12}) AND ... AND (x_n is A_{1n}) THEN y is B_1

กฎที่ 2: IF (x_1 is A_{21}) AND (x_2 is A_{22}) AND ... AND (x_n is A_{2n}) THEN y is B_2

...

กฎที่ L: IF (x_1 is A_{L1}) AND (x_2 is A_{L2}) AND ... AND (x_n is A_{Ln}) THEN y is B_L

เมื่อ $x = [x_1, x_2, \ldots, x_n]^T$ เป็นตัวแปรอินพุท และ y เป็นตัวแปรเอาท์พุทของระบบ A_{ij} เป็นพจน์ภาษา (linguistic term) ของข้อตั้ง (Consequence) เมื่อ i เป็นกฎที่ i, i = 1, ...,L และ j เป็นมิติที่ j, j = 1, ..., n และให้ B_i เป็นพจน์ภาษา (linguistic term) ของข้อตาม (Antecedent) จากรูปประโยค IF-THEN สามารถตีความโดยแยกเป็นส่วนๆ ซึ่งประกอบด้วย ตัวเชื่อมตรรกะ "and" และ "or" ตัวอนุมาน "then" ตัวจัดองค์ประกอบ "∘"

อินพุทใดๆ สามารถสรุปผลได้จากระบบฟัซซีดังกล่าว ตัวอย่างเช่น ถ้ามีอินพุทที่ต้องการหาข้อสรุปผลคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(x_1 = x_1'), (x_2 = x_2'), \ldots, (x_n = x_n') \tag{2.27}$$

จากกฎฟัซซีข้างต้น สามารถสรุปผลได้ว่า $y = B$

กฎข้อที่ 1 : IF (x_1 is A_{i1}) AND (x_2 is A_{i2}) AND ... AND (x_n is A_{in}) THEN y is B_i

มีความสัมพันธ์ฟัซซี R_i ตามสมการ

$$\begin{aligned} R_i(x_1,x_2,\ldots,x_n,y) &= (A_{i1}\times A_{i2}\times\ldots\times A_{in}\rightarrow B_i)(x_1,x_2,\ldots,x_n,y) \\ &= (A_{i1}(x_1)\wedge A_{i2}(x_2)\wedge\ldots\wedge A_{in}(x_n))\rightarrow B_i(y) \end{aligned} \tag{2.28}$$

จาก $(x_1 = x_1'), (x_2 = x_2'), \ldots, (x_n = x_n')$ อินพุท สามารถสรุปหา $y = B$ โดยหาเอาท์พุทของกฎแต่ละข้อ

$$B_i' = \left(\mu(x_1')\times\mu(x_2')\times\ldots\times\mu(x_n')\right)\circ R_i \tag{2.29}$$

$$B_i'(y) = \left(A_{i1}(x_1')\wedge A_{i2}(x_2')\wedge\ldots\wedge A_{in}(x_n')\right)\rightarrow B_i(y) \tag{2.30}$$

จากนั้นรวม B_i' จากกฎแต่ละข้อเข้าด้วยกันด้วยการยูเนียน ดังสมการ

$$B(y) = U_{i=1}^{L} B_i(y) = B_1'(y)\vee B_2'(y)\vee\ldots\vee B_L'(y) \tag{2.31}$$

ดังนั้นฟัซซีเซตเอาท์พุทจะหาได้จาก

$$\begin{aligned} B(y) = &\left[\left(A_{11}(x_1')\wedge A_{12}(x_2')\wedge\ldots\wedge A_{1n}(x_n')\right)\rightarrow B_1(y)\right] \\ &\vee\left[\left(A_{21}(x_1')\wedge\right)\left(A_{22}(x_2')\wedge\ldots\wedge A_{2n}(x_n')\right)\rightarrow B_2(y)\right]\vee \\ &\ldots\vee\left[(A_{L1}(x_1')\wedge)(A_{L2}(x_2')\wedge\ldots\wedge A_{Ln}(x_n'))\rightarrow B_L(y)\right] \end{aligned} \tag{2.32}$$

สรุปขั้นตอนการประมวลผลเพื่อหาเหตุผลแบบฟัซซี

1. รับข้อมูลอินพุท $x_1 = x_1', x_2 = x_2', \ldots, x_n = x_n'$
2. ทำการแปลงค่าอินพุทเป็นค่าฟัซซี $\mu(x_1'), \mu(x_2'), \ldots, \mu(x_n')$
3. หาค่าฟัซซี (Firing Strength) จากข้อตั้งของกฎแต่ละข้อ $(A_{i1}(x_1')\wedge A_{i2}(x_2')\wedge\ldots\wedge A_{in}(x_n'))$
4. คำนวณค่าฟัซซีเอาท์พุทจากกฎแต่ละข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B_i'(y) = \left(A_{i1}(x_1') \wedge A_{i2}(x_2') \wedge \ldots \wedge A_{in}(x_n')\right) \rightarrow B_i(y)$$

5. คำนวณค่าฟัซซีเอาท์พุทรวมจากทุกกฎในระบบ

$$B(y) = B_1'(y) \vee B_2'(y) \vee \ldots \vee B_L'(y)$$

2) การหาเหตุผลแบบฟัซซีตามวิธีแมมดานิ

เพื่อความเข้าใจง่ายจะยกตัวอย่างกฎฟัซซี IF-THEN สองกฎที่อยู่ในรูป

กฎที่ 1: IF x is A_1 and y is B_1 THEN z is C_1

กฎที่ 2: IF x is A_2 and y is B_2 THEN z is C_2

สำหรับอินพุทใดๆ x is x_0 and y is y_0 ดังนั้นผลสรุป z is C

การหาผลสรุปฟัซซีในรูปแบบแมมดานิเป็นการใช้ตัวนำเนินการค่าต่ำสุด (Minimum Opertor) สำหรับการเชื่อมประโยคแบบ "and" และใช้ตัวนำเนินการค่าสูงสุดสำหรับการเชื่อมประโยคแบบ "or"

ระดับค่าฟัซซีของกฎแต่ละข้อในส่วนข้อตั้ง หาได้โดยการคำนวณจากสมการ

$$\alpha = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0) \tag{2.33}$$

$$\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0) \tag{2.34}$$

เอาท์พุทของกฎแต่ละข้อ สามารถคำนวณได้จาก

$$C_1(W) = \left(\alpha_1 \wedge C_1(W)\right) \tag{2.35}$$

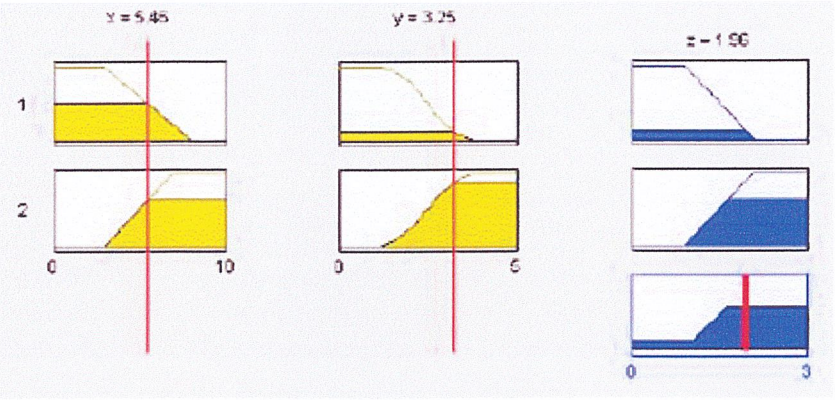
$$C_2(W) = \left(\alpha_2 \wedge C_2(W)\right) \tag{2.36}$$

ผลรวมของเอาท์พุทฟัซซีทั้งหมดหาได้จากการยูเนียนผลลัพธ์จากแต่ละกฎ

$$C(W) = C_1'(W) \vee C_2'(W) = \left(\alpha_1 \wedge C_1(W)\right) \vee \left(\alpha_2 \wedge C_2(W)\right) \tag{2.37}$$

สุดท้าย หากต้องการผลเอาท์พุทที่เป็นค่าทั่วไปสามารถหาโดยวิธีการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าทั่วไป (Defuzzification method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การอนุมานผลระบบฟัซซีแบบแมมดานิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

ในโครงงานนี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนที่ 1 ส่วนของการสร้างฐานความรู้ (Knowledge base) จากข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อนำฐานความรู้ที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาเดียวกันโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ฐานความรู้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- การสร้างฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function)
- การสร้างฐานกฎ (Rule base)

ส่วนที่ 2 ส่วนของการพยากรณ์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือจากข้อมูลของอนุกรมเวลาเดียวกัน

ส่วนที่ 3 ส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพยากรณ์ โดยการปรับปรุงฟังก์ชันสมาชิก

การเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 อ่านข้อมูลราคาน้ำมันดิบที่จะใช้ในขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ จากเท็กซ์ไฟล์ (Text file)

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลที่อ่านจากขั้นตอนที่ 1 มาแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามรูปแบบ n อินพุทหนึ่งเอาท์พุท (Multiple Input Single Output: MISO) ซึ่งจำนวนอินพุทจะถูกกำหนดโดยผู้ใช้ เช่น ถ้าผู้ใช้กำหนดให้มีจำนวนอินพุทและเอาท์พุท คือ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท จะได้ผลลัพธ์จากการแบ่งข้อมูล ดังนี้

$$(X_{11}, X_{21}, X_{31}, X_{41}, Y_1); (X_{12}, X_{22}, X_{32}, X_{42}, Y_2); \ldots; (X_{1k}, X_{2k}, X_{3k}, X_{4k}, Y_k);$$

โดยที่ X คือ อินพุทข้อมูลราคาน้ำมันดิบ
Y คือ เอาท์พุทข้อมูลราคาน้ำมันดิบ
k คือ ลำดับของชุดข้อมูล

ตัวอย่างระบบพยากรณ์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งมีข้อมูลดังนี้

{22.1, 23.73, 24.78, 24.76, 26.88, 25.4, …}

กำหนดให้มีจำนวนอินพุทและเอาท์พุท คือ 4 อินพุทและ 1 เอาท์พุท จะได้ผลลัพธ์จากการแบ่งข้อมูล คือ {(22.1, 23.73, 24.78, 24.76, 26.88), (23.73, 24.78, 24.76, 26.88, 25.4), …}

ขั้นตอนที่ 3 นำข้อมูลที่แบ่งเป็นรูปแบบ n อินพุท 1 เอาท์พุทตามขั้นตอนที่ 2 ทั้งหมด มาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ (Training data) 80% และส่วนของข้อมูลที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Testing data) 20% โดยข้อมูลในส่วนนี้ได้จากการสุ่มข้อมูลขึ้นมา 20% จากจำนวนข้อมูลทั้งหมด เช่น ข้อมูลที่แบ่งได้จากขั้นตอนที่ 2 มีดังนี้

(22.1, 23.73, 24.78, 24.76, 26.88),

(23.73, 24.78, 24.76, 26.88, 25.4),

(24.78, 24.76, 26.88, 25.4, 25.6),

(24.76, 26.88, 25.4, 25.6, 27.32),

(26.88, 25.4, 25.6, 27.32, 29.50),

(25.4, 25.6, 27.32, 29.50, 30.25),

(25.6, 27.32, 29.50, 30.25, 28.33),

(27.32, 29.50, 30.25, 28.33, 29.66),

(29.50, 30.25, 28.33, 29.66, 28.88),

(30.25, 28.33, 29.66, 28.88, 29.55)

แบ่งออกเป็น ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ (Training data) 80% คือ

(22.1, 23.73, 24.78, 24.76, 26.88),

(24.78, 24.76, 26.88, 25.4, 25.6),

(24.76, 26.88, 25.4, 25.6, 27.32),

(26.88, 25.4, 25.6, 27.32, 29.50),

(25.4, 25.6, 27.32, 29.50, 30.25),

(25.6, 27.32, 29.50, 30.25, 28.33),

(29.50, 30.25, 28.33, 29.66, 28.88),

(30.25, 28.33, 29.66, 28.88, 29.55)

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Testing data) 20% คือ

(23.73, 24.78, 24.76, 26.88, 25.4),

(27.32, 29.50, 30.25, 28.33, 29.66)

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> หาค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลราคาน้ำมันดิบในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ที่ได้ทำการแบ่งไว้ในขั้นตอนที่ 3 โดยจะเรียกค่าต่ำสุดนั้นว่า X_{lo} และค่าสูงสุดว่า X_{hi}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ส่วนของการสร้างฐานความรู้

3.1.1 การสร้างฟังก์ชันสมาชิก

เตรียมข้อมูลตามขั้นตอนการเตรียมข้อมูลที่ได้กล่าวไปข้างต้น จากนั้นหาช่วงของข้อมูลที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต โดยการหาผลต่างของค่าสูงสุดและต่ำสุดที่หาได้จากการเตรียมข้อมูลในขั้นตอนที่ 4 แล้วนำมาแบ่งออกเป็น N – 1 ส่วน ดังสมการที่ 3.1

$$\text{ช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต} = \frac{X_{hi} - X_{lo}}{N-1} \quad (3.1)$$

โดยที่ N คือ จำนวนฟัซซีเซตซึ่งถูกกำหนดโดยผู้ใช้

ตัวอย่างระบบพยากรณ์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งมีข้อมูลดังนี้

X_{lo} = 16.61

X_{hi} = 137.11

N = 5

จะได้ช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต คือ

$$\text{ช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต} = \frac{X_{hi} - X_{lo}}{N-1}$$

$$= \frac{137.11 - 16.61}{5-1}$$

$$= 30.125$$

กำหนดช่วงของข้อมูลที่ซ้อนทับกันให้กับแต่ละฟัซซีเซต โดยช่วงแรกที่ซ้อนทับกันจะเริ่มจาก X_{lo} ถึง X_{lo} บวกด้วยค่าที่ได้จากสูตรการหาช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต (16.61 ถึง 16.61 + 30.125 ซึ่งก็คือ 16.61 ถึง 46.735) และช่วงต่อไปจะเริ่มต้นที่ค่าสุดท้ายของช่วงก่อนหน้าถึงค่าสุดท้ายของช่วงก่อนหน้าบวกด้วยค่าที่ได้จากสูตรการหาช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต (46.735 ถึง 46.735 + 30.125 ซึ่งก็คือ 46.735 ถึง 106.985) จะเป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าค่าสุดท้ายจะสิ้นสุดที่ X_{hi} และช่วงที่แบ่งได้จากกรณีตัวอย่างเป็นดังนี้ (รูปที่ 3.1)

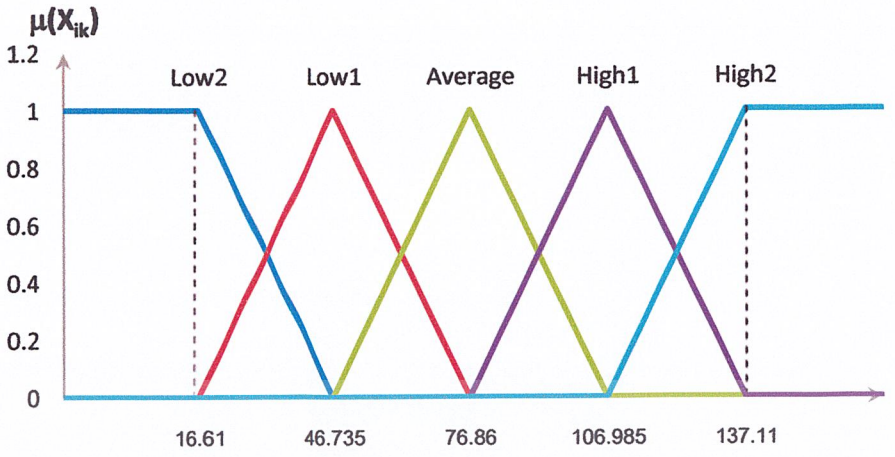
ช่วงที่ซ้อนทับกันของ Low2 และ Low1 คือ 16.61 ถึง 46.735

ช่วงที่ซ้อนทับกันของ Low1 และ Average คือ 46.735 ถึง 76.86

ช่วงที่ซ้อนทับกันของ Average และ High1 คือ 76.86 ถึง 106.985

ช่วงที่ซ้อนทับกันของ High1 และ High2 คือ 106.985 ถึง 137.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การแบ่งช่วงที่ซ้อนทับกันของแต่ละฟัซซีเซต

3.1.2 การสร้างฐานกฎ

3.1.2.1 สร้างกฎ

กำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกของ X_{1k}, X_{2k}, X_{3k} X_{4k}, Y_k ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ (Training data) ที่ถูกแบ่งในขั้นตอนที่ 2 ของการเตรียมข้อมูล โดยวิธีการคำนวณค่าระดับความเป็นสมาชิกจะขึ้นอยู่กับชนิดของฟังก์ชันสมาชิก และหาก X_{1k}, X_{2k}, X_{3k} X_{4k} หรือ Y_k อยู่ในฟังก์ชันสมาชิกมากกว่า 1 ฟังก์ชันสมาชิก เราจะเลือกใช้ค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกสูงกว่า ชนิดของฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้มี 2 ชนิดคือ

3.1.2.1.1 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function)

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c\}$

$$\text{Triangle}(x; a,b,c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x \le b \\ (c-x)/(c-b), & b \le x \le c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (3.2)$$

3.1.2.1.2 ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function)

ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ {a, b, c, d}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Trapezoid}(x; a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x < b \\ 1, & b \le x < c \\ (d-x)/(d-c), & c \le x < d \\ 0, & x \ge d \end{cases} \quad (3.3)$$

เช่น การกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูลชุดที่ 1 (k = 1) ซึ่งมีข้อมูลคือ 22.1, 35.6, 88.9, 103, 113.5 จะได้ค่าระดับความเป็นสมาชิกคือ

X_{11} มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.81 ใน Low2
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.18 ใน Low1
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0 ในฟังก์ชันสมาชิกอื่น

X_{21} มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.37 ใน Low2
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.63 ใน Low1
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0 ในฟังก์ชันสมาชิกอื่น

X_{31} มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.6 ใน Average
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.4 ใน High1
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0 ในฟังก์ชันสมาชิกอื่น

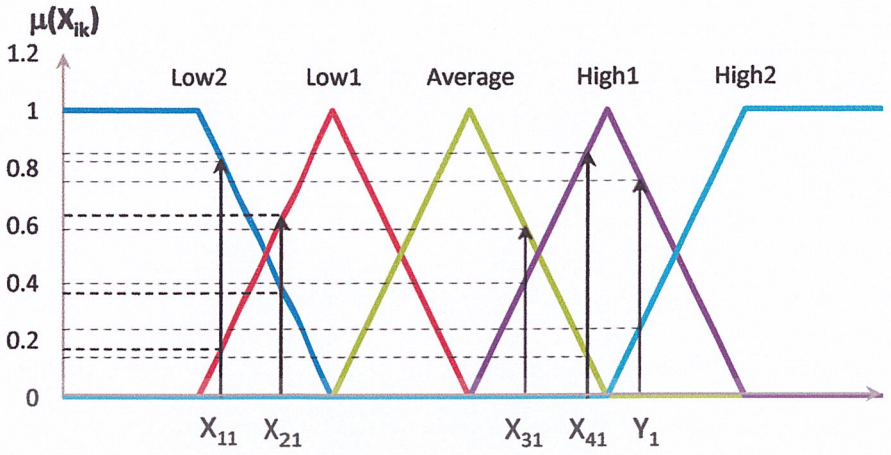
X_{41} มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.13 ใน Average
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.86 ใน High1
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0 ในฟังก์ชันสมาชิกอื่น

Y_1 มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.78 ใน High1
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0.22 ใน High2
มีค่าระดับความเป็นสมาชิก 0 ในฟังก์ชันสมาชิกอื่น

จะเห็นว่าข้อมูลแต่ละตัวอยู่ในฟังก์ชันสมาชิกมากกว่า 1 ฟังก์ชันสมาชิก ดังนั้น เราจะเลือกใช้ค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกสูงกว่า คือ [X_{11} (0.81 ใน Low2), X_{21} (0.63 ใน Low1), X_{31} (0.6 ใน Average), X_{41} (0.86 ใน High1), Y_1 (0.78 ใน High1)] และจะได้กฎ R1 ดังนี้ (รูปที่ 3.2)

R1: IF X_{11} is Low2 AND X_{21} is Low1 AND X_{31} is Average AND X_{41} is High1 THEN Y1 is High1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ระดับความเป็นสมาชิกในแต่ละฟังก์ชันสมาชิกของอินพุทและเอาท์พุท

3.1.2.2 กำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกของกฎ

ในกรณีที่กฎบางข้อมีความขัดแย้งกันคือ มีเงื่อนไขเหมือนกันแต่ได้ผลลัพธ์ต่างกัน จะทำการเลือกกฎที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกของกฎสูงกว่า โดยระดับความเป็นสมาชิกของกฎสามารถคำนวณได้จากการนำค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูลทุกตัวในชุดเดียวกันมาคูณกัน เช่น

R1: IF X_{11} is Low2 AND X_{21} is Low1 AND X_{31} is Average AND X_{41} is High1 THEN Y1 is High1

R2: IF X_{11} is Low2 AND X_{21} is Low1 AND X_{31} is Average AND X_{41} is High1 THEN Y1 is High2

$$D(R1) = \mu_{Low2}(X_{11}) \times \mu_{Low1}(X_{21}) \times \mu_{Average}(X_{31}) \times \mu_{High1}(X_{41}) \times \mu_{High1}(Y_1)$$
$$= 0.81 \times 0.63 \times 0.6 \times 0.86 \times 0.78$$
$$= 0.205$$

$$D(R2) = \mu_{Low2}(X_{12}) \times \mu_{Low1}(X_{22}) \times \mu_{Average}(X_{32}) \times \mu_{High1}(X_{42}) \times \mu_{High2}(Y_2)$$
$$= 0.66 \times 0.87 \times 0.73 \times 0.8 \times 0.79$$
$$= 0.264$$

ค่าระดับความเป็นสมาชิกของกฎ R2 มีค่าสูงกว่าค่าระดับความเป็นสมาชิกของกฎ R1 ดังนั้นจะเลือกกฎ R2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 รวมกฎ

นำกฎที่ได้ทั้งหมดไปเก็บไว้ในฐานกฎของระบบ จากตัวอย่างจะได้ฐานกฎดังนี้

R1: IF X_{11} is Low2 AND X_{21} is Low2 THEN Y_1 is Low2

R2: IF X_{12} is Low2 AND X_{22} is Low1 THEN Y_2 is Low1

R3: IF X_{13} is Low1 AND X_{23} is Low1 THEN Y_3 is Low1

R4: IF X_{14} is Low1 AND X_{24} is Low2 THEN Y_4 is Low2

R5: IF X_{15} is Low1 AND X_{25} is Average THEN Y_5 is Average

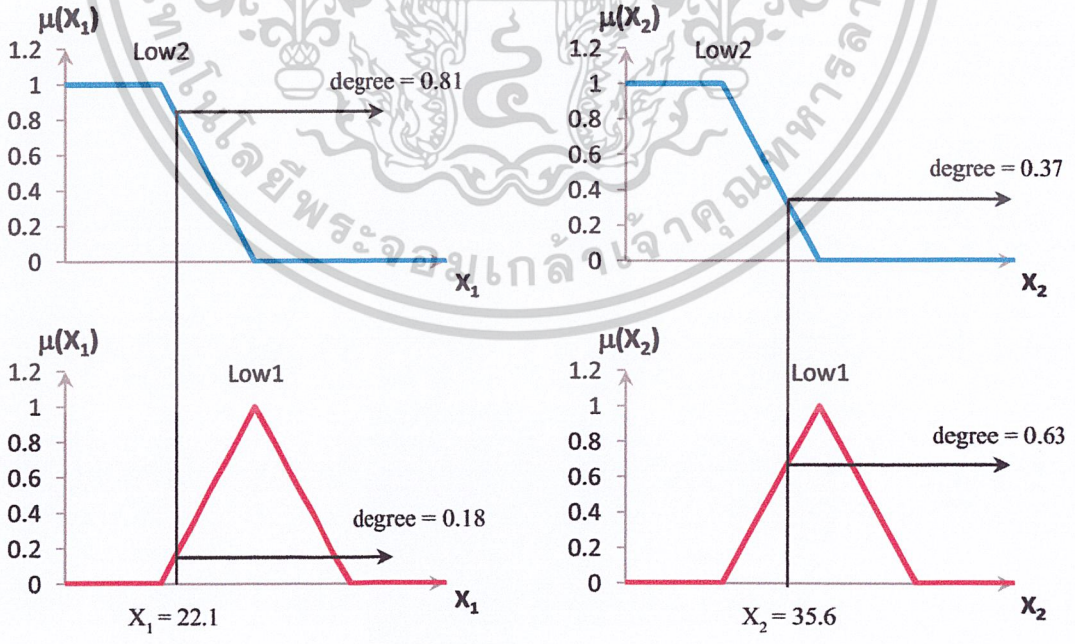
...

3.2 ส่วนของการพยากรณ์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือจากข้อมูลของอนุกรมเวลาเดียวกัน

3.2.1 แปลงอินพุททั่วไป (Crisp Input) ให้เป็นอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzy Input)

3.2.1.1 หาค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูลที่เป็นอินพุทแต่ละตัว โดยคำนวณตามสมการที่ 3.2 หากชนิดของฟังก์ชันสมาชิกคือฟังก์ชันสามเหลี่ยม และคำนวณตามสมการที่ 3.3 หากชนิดของฟังก์ชันสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

เช่น มีข้อมูล 1 ชุด ดังนี้ 22.1, 35.6, 32.0 ค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูล $X_1 = 22.1$, $X_2 = 35.6$ จะมีระดับความเป็นสมาชิกแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูล X_1, X_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 ในกรณีที่กฎมีหลายเงื่อนไข จะเชื่อมแต่ละเงื่อนไขด้วยแอนด์ (AND) หรือมินโอเปอร์เรชัน (min operation)

จากรูปที่ 3.3 ใช้แอนด์หรือมินโอเปอร์เรชันในการเชื่อมแต่ละเงื่อนไขเข้าด้วยกัน จะได้แอนติซีเดนท์ (Antecedent) ดังนี้

IF X1 is *Low2* AND X2 is *Low2* THEN…

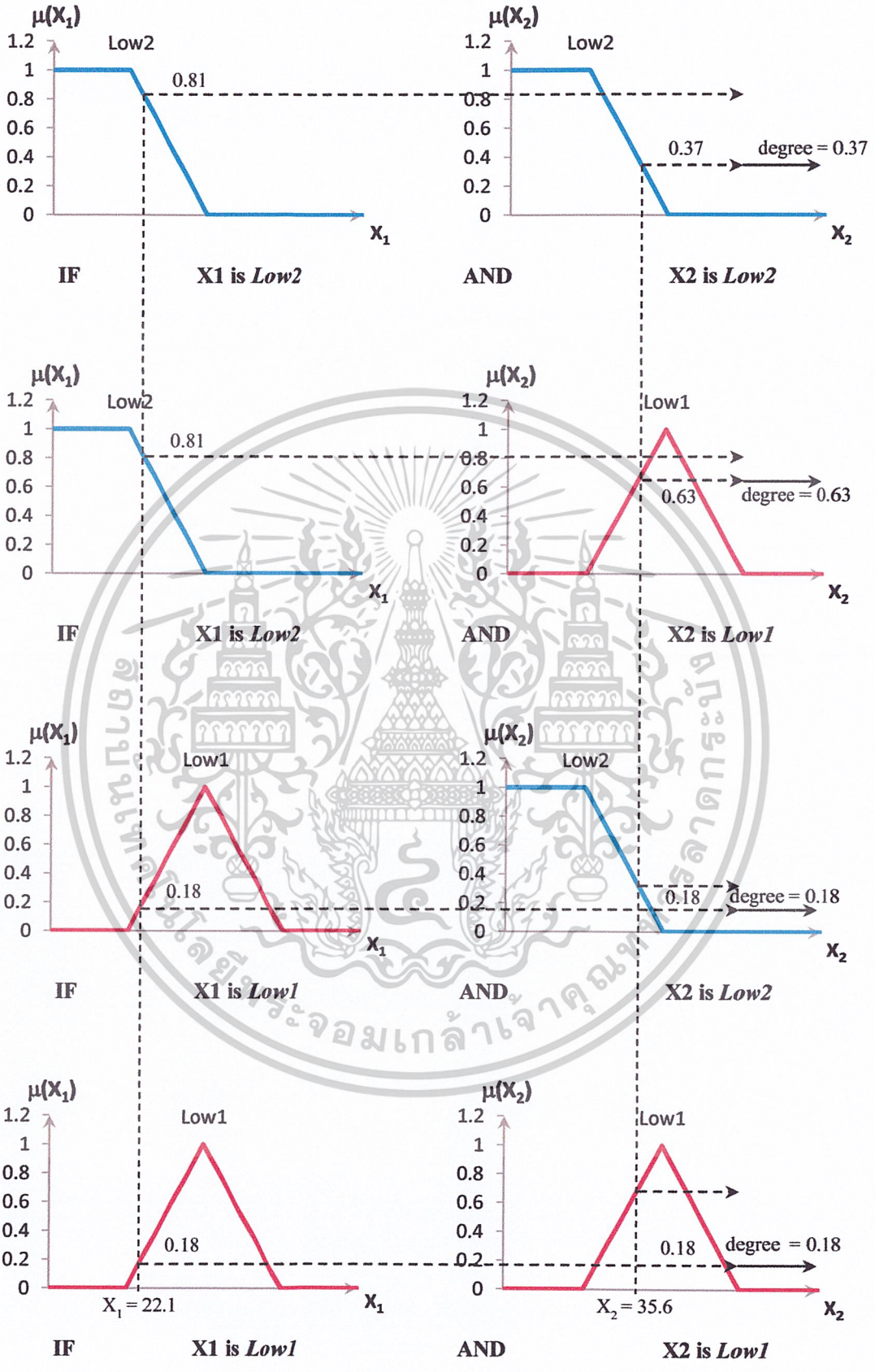
IF X1 is *Low2* AND X2 is *Low1* THEN…

IF X1 is *Low1* AND X2 is *Low2* THEN…

IF X1 is *Low*1 AND X2 is *Low*1 THEN…

3.2.1.3 หาค่าระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละแอนติซีเดนท์ โดยใช้มินโอเปอเรชั่น คือ ค่าระดับสมาชิกรวมจะเท่ากับค่าระดับสมาชิกที่น้อยที่สุดของเงื่อนไขทั้งหมดในแอนติซีเดนท์เดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



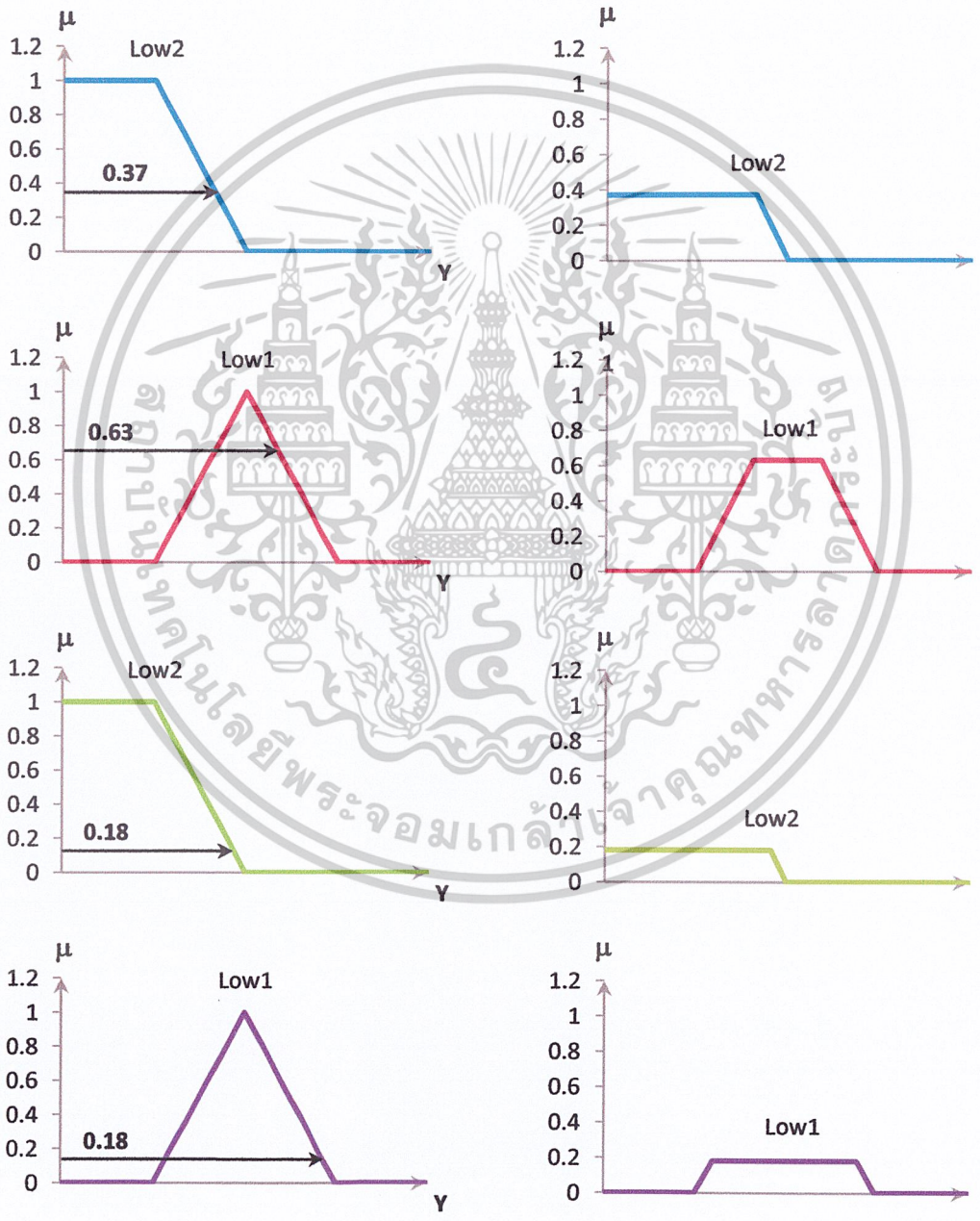
รูปที่ 3.4 การใช้มินโอเปอเรชั่นเพื่อหาค่าระดับความเป็นสมาชิกรวมของแต่ละแอนติซีเดนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อนุมานข้อสรุป

3.2.2.1 หาฟัซซีเอาท์พุตของแต่ละแอนติซีเดนท์ซึ่งหาได้จากขั้นตอนที่ 3.2.1.2 โดยการนำแอนติซีเดนซ์ไปเทียบกับฐานกฎที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3.1.2

3.2.2.2 อนุมานข้อสรุปโดยใช้วิธีคลิปปิงเมธอด (Clipping Method) โดยการตัดส่วนบนของฟังก์ชันสมาชิกซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าระดับความเป็นสมาชิกของแอนติซีเดนท์ที่หาได้จากขั้นตอนที่ 3.2.1.3

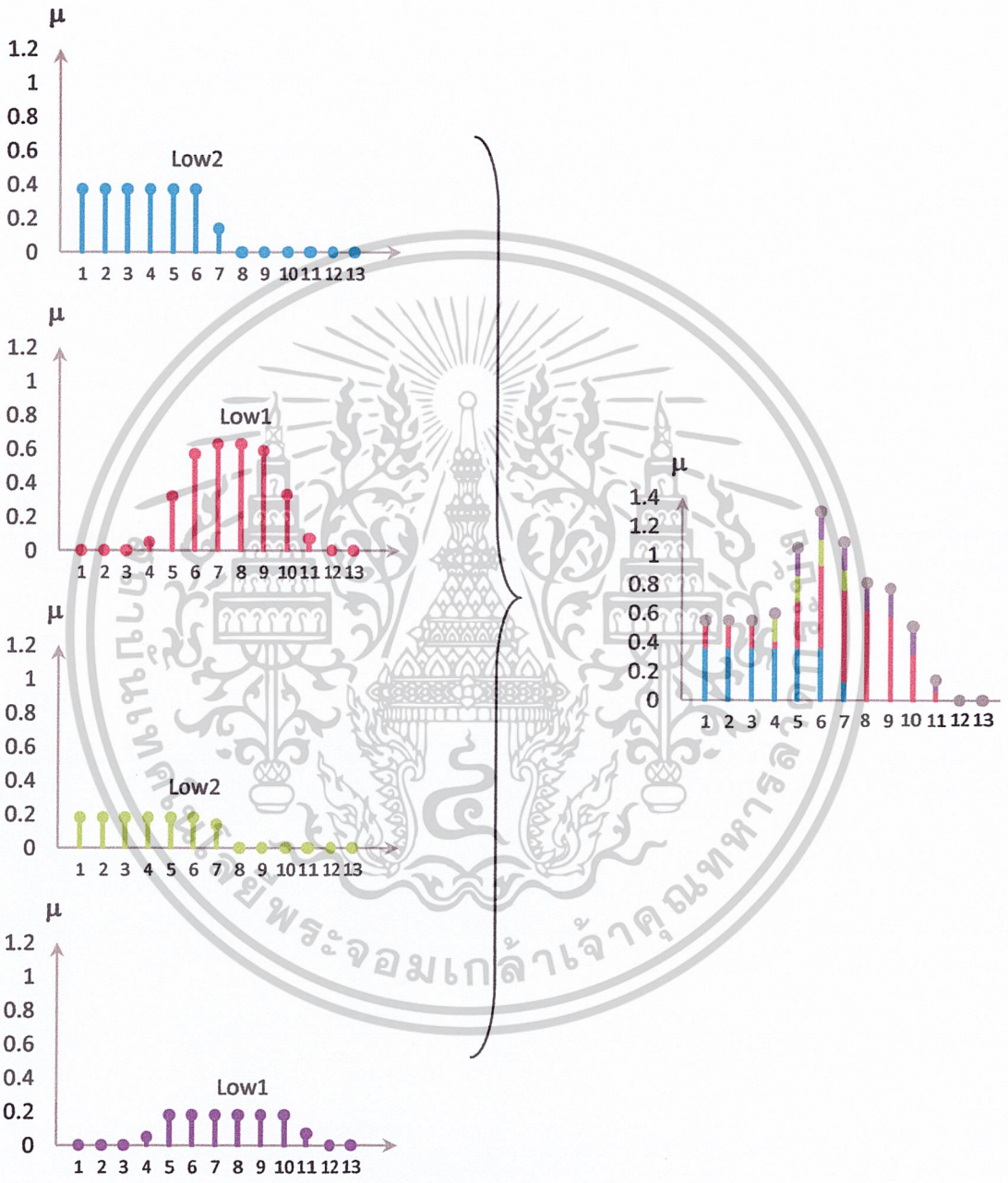


รูปที่ 3.5 การอนุมานข้อสรุปโดยใช้วิธีคลิปปิงเมธอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 รวมข้อสรุป

รวมข้อสรุปของทุกฟังก์ชันสมาชิกที่หาได้จากขั้นตอนที่ 3.2.2 โดยการบวกค่าระดับความเป็นสมาชิกของทุกฟังก์ชันสมาชิก ณ จุดเดียวกันเข้าด้วยกัน ทำขั้นตอนนี้จนครบทุกจุด



รูปที่ 3.6 การรวมข้อสรุป

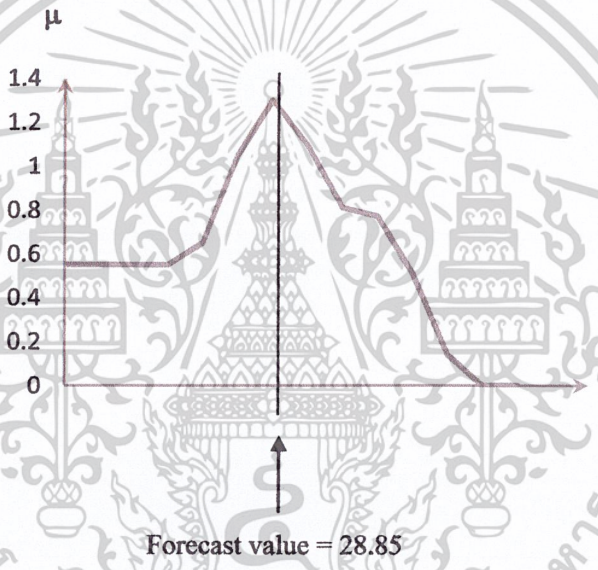
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 แปลงฟัซซีเอาท์พุตให้อยู่ในรูปของทวินัยเอาท์พุท

แปลงฟัซซีเอาท์พุตให้อยู่ในรูปของทวินัยเอาท์พุท โดยใช้เทคนิคค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่ (the Center of Area: COA) หรือเซนทรอยด์ (The centroid method) ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.3

$$y = \frac{\sum_i \mu_A(y_i) \times y_i}{\sum_i \mu_A(y_i)} \qquad (3.4)$$

จากตัวอย่างก่อนหน้านี้ในขั้นตอนที่ 3.2.3 เมื่อคำนวณตามสมการที่ 3.4 แล้วจะได้ค่า y (Forecast value) คือ 28.85 และตำแหน่งของ y แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แปลงฟัซซีเอาท์พุตให้อยู่ในรูปของทวินัยเอาท์พุทโดยใช้เทคนิคค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพยากรณ์ โดยการปรับปรุงฟังก์ชันสมาชิก

3.3.1 พยากรณ์ข้อมูล

จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูล n อินพุท 1 เอาท์พุท ข้อมูลที่เป็นอินพุทในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการสร้างฐานกฎทีละชุด เมื่อได้ฐานกฎมาแล้ว จะทำการพยากรณ์ชุดข้อมูลในส่วนของอินพุทของข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างฐานความรู้ที่ได้ทำการแบ่งไว้ในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูล จากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (forecast value) มาเปรียบเทียบกับข้อมูลเอาท์พุท ซึ่งเป็นเอาท์พุทเป้าหมาย (actual value) ของชุดข้อมูลนั้นๆ เช่น ชุดข้อมูลในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ คือ (23.73, 24.78, 24.76, 26.88, 25.4) จะได้อินพุทที่นำไปพยากรณ์คือ 23.73, 24.78, 24.76, 26.88 เมื่อได้ผลลัพธ์ออกมาก็จะนำไปเปรียบเทียบกับเอาท์พุทของชุดข้อมูลนี้ ซึ่งก็คือ 25.4 เพื่อดูว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มีค่ามากหรือน้อยเกินไป โดยคำนวณตามสมการที่ 3.5

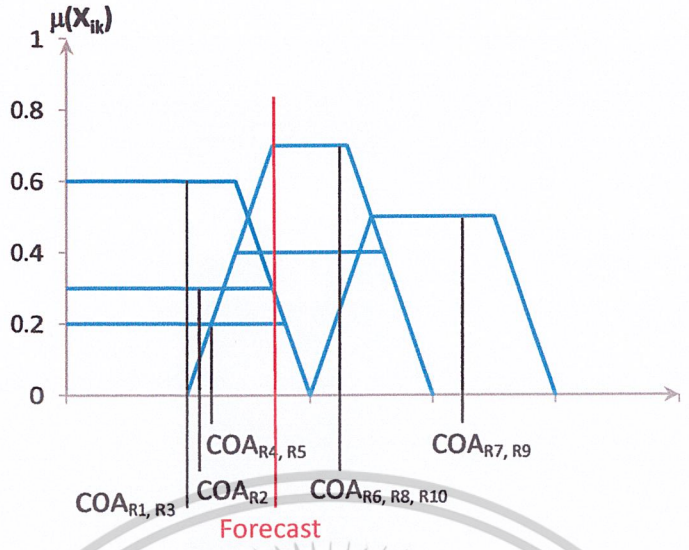
$$\text{Error} = \text{Forecast value} - \text{Actual value} \tag{3.5}$$

ถ้าค่า Error	เป็นลบ	แสดงว่าผลลัพธ์ที่พยากรณ์ได้นั้นมีค่าน้อยเกินไป
ถ้าค่า Error	เป็น 0	แสดงว่าผลลัพธ์ที่พยากรณ์ได้นั้นถูกต้อง
ถ้าค่า Error	เป็นบวก	แสดงว่าผลลัพธ์ที่พยากรณ์ได้นั้นมีค่ามากเกินไป

3.3.2 ปรับฟังก์ชันสมาชิก

ในกระบวนการพยากรณ์จะมีขั้นตอนที่สำคัญอยู่ 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนการแปลงอินพุททั่วไปให้เป็นอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzification) ซึ่งทำให้กฎในส่วนของแอนติซีเดนท์ของอินพุทแต่ละชุดถูกสร้างขึ้นมา ขั้นตอนที่สองคือ ขั้นตอนการอนุมานข้อสรุป (Inference) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้กฎมีความสมบูรณ์ เนื่องจากมีการเพิ่มส่วนของคอนซีเควนท์ ซึ่งก็คือคำตอบของแต่ละกฎที่ระบบสร้างขึ้นจากขั้นตอนแรก โดยใช้วิธีคลิปปิงเมธอด (ศึกษาในหัวข้อที่ 3.3.2) จากนั้นจะนำกฎที่ได้ทั้งหมดมารวมกันในขั้นตอนที่สาม คือ ขั้นตอนของการรวมกฎ (Combine) และทำขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นตอนการแปลงฟัซซีเอาท์พุทให้อยู่ในรูปของทวินัยเอาท์พุท ซึ่งจะได้ผลการพยากรณ์ที่เป็นตัวเลขออกมา (Forecast value) โดยใช้เทคนิคค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่ (the Center of Area : COA) แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.8 ส่วนกระบวนการพยากรณ์โดยละเอียดสามารถศึกษาได้ในหัวข้อที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งของค่า COA ของแต่ละกฎและตำแหน่งของ Forecast value

จากรูป เส้นสีแดงแสดงตำแหน่งของ Forecast value ซึ่งในที่นี้จะใช้เป็นเส้นแบ่งรูปของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้มาจากขั้นตอนการรวมกฎของกระบวนการพยากรณ์ (ศึกษารายละเอียดในหัวข้อที่ 3.2.3) ดังกล่าวออกเป็น 2 ฝั่ง คือ ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา จากนั้นจะนำกฎที่ได้จากขั้นตอนการอนุมานข้อสรุป (Inference) มาหาค่า COA ของแต่ละกฎ และพิจารณาว่าค่า COA ของแต่ละกฎนั้นน้อยกว่าหรือมากกว่าค่า Forecast value ถ้าน้อยกว่าค่า COA นั้นจะอยู่ฝั่งซ้าย แต่ถ้ามากกว่าค่า COA นั้นจะอยู่ฝั่งขวา ดังนั้นจากรูปที่ 3.8 ฝั่งซ้ายจึงประกอบไปด้วยกฎ 5 กฎด้วยกันคือ R1, R2, R3, R4, R5 และฝั่งขวาจะประกอบไปด้วยกฎ 5 กฎเช่นกัน คือ R6, R7, R8, R9, R10

ในส่วนของการปรับฟังก์ชันสมาชิก จะทำก็ต่อเมื่อ ค่า Error ที่หาได้จากสมการที่ 3.5 นั้นไม่เท่ากับ 0 กล่าวคือ ถ้าค่า Error เป็นลบ แสดงว่า Forecast value นั้นมีค่าน้อยเกินไป ส่วนถ้าค่า Error เป็นบวก แสดงว่า Forecast value นั้นมีค่ามากเกินไป การเพิ่มหรือลด Forecast value สามารถทำได้โดยการเพิ่มหรือลดค่าระดับความเป็นสมาชิก (degree) ของอินพุท (X_i) ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาว่าจะเพิ่ม หรือลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวใด และ อินพุทดังกล่าวนั้นอยู่ในฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวาของ Forecast value การปรับฟังก์ชันสมาชิกจึงมีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 เลือกอินพุทที่จะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิก

การเลือกอินพุทที่จะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิก (X_i) จะพิจารณาจากอินพุทตัวที่มีผลกระทบต่อฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวามากที่สุด โดยจะเริ่มพิจารณาจากกฎแต่ละฝั่ง ทีละกฎก่อน โดย 1 กฎ จะมีอินพุทเพียงตัวเดียวที่ถูกเลือกขึ้นมา และอินพุทตัวนั้นจะต้องเป็นอินพุทที่ส่งผลกระทบต่อกฎนั้นมากกว่าอินพุทตัวอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกฎที่ระบบสร้างขึ้นนั้น ใช้ตัวเชื่อมอินพุทแบบมินโอเปอร์เรชัน (AND) ดังนั้น อินพุทตัวที่จะมีผลกับกฎมากที่สุดก็คือ อินพุทที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกน้อยที่สุดของกฎนั้นๆ เมื่อได้อินพุทที่มีผลกระทบต่อกฎมากที่สุดจนครบทุกกฎของแต่ละฝั่งแล้ว จะพิจารณาทีละฝั่ง โดยทำการนับจำนวนของอินพุทที่ถูกเลือกขึ้นมาว่า อินพุทตัวใดถูกเลือกขึ้นมาบ่อยครั้งที่สุดในบรรดากฎของฝั่งนั้น โดย 1 ฝั่ง จะมีอินพุทที่ถูกเลือกขึ้นมาเพียง 1 ตัวเท่านั้น (ในกรณีที่นับแล้วเท่ากัน จะเลือกอินพุทตัวใดตัวหนึ่ง) จากนั้นจะนำอินพุททั้งสองที่ได้จากฝั่งซ้ายและฝั่งขวามาเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกเลือกขึ้นมา โดยจะเลือกอินพุทที่มีจำนวนครั้งที่ถูกเลือกมากกว่ามาใช้ในการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกต่อไป ตัวอย่างเช่น

ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา
R1: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_2	R6: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_1
R2: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_2	R7: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_1
R3: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_1	R8: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_1
R4: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_3	R9: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_3
R5: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_2	R10: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_1
นับจำครั้งที่ถูกเลือก	นับจำครั้งที่ถูกเลือก
X_1 ถูกเลือก 1 ครั้ง	X_1 ถูกเลือก 4 ครั้ง
X_2 ถูกเลือก 3 ครั้ง	X_2 ถูกเลือก 0 ครั้ง
X_3 ถูกเลือก 1 ครั้ง	X_3 ถูกเลือก 1 ครั้ง

Forecast value

อินพุทที่มีผลกระทบต่อฝั่งซ้ายมากที่สุด คือ X_2 และฝั่งขวา คือ X_1 แต่ X_1 มีจำนวนครั้งที่ถูกเลือกมากกว่า X_2 ดังนั้น อินพุทที่จะถูกนำมาปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกคือ X_1 ซึ่งอยู่ฝั่งขวาของ Forecast value

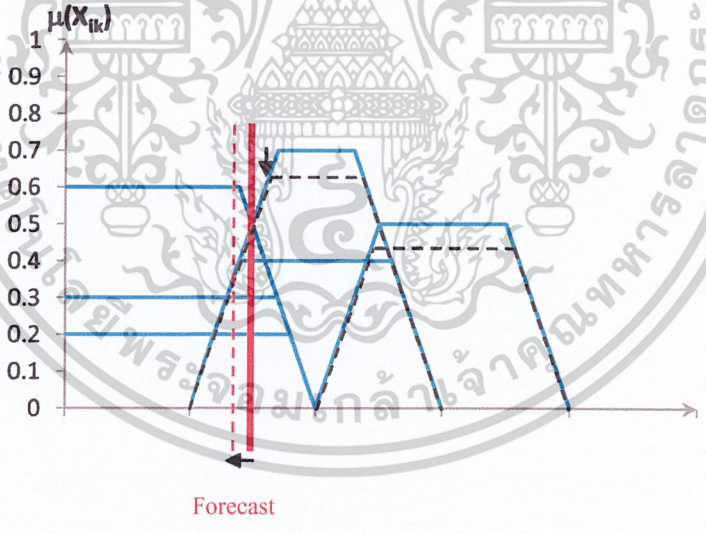
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 ปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก

จากขั้นตอนที่แล้ว ทำให้ทราบอินพุทที่จะนำมาปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกแล้ว แต่การจะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทได้นั้น จะต้องทราบว่าอินพุทนั้นอยู่ในฟังก์ชันสมาชิกใดก่อนซึ่งเป็นสิ่งที่ได้จากขั้นตอนการแปลงอินพุททั่วไปให้เป็นอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzification) ของกระบวนการพยากรณ์ เมื่อทราบแล้วก็จะทำการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกนั้น ค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทที่เลือกมาจากขั้นตอนที่แล้วจึงจะเปลี่ยนไป

ในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก จะต้องพิจารณาค่าของ Error ที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.5 ก่อนว่าเป็นค่าบวก หรือค่าลบ ประกอบกับตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกว่าอยู่ฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวาของ Forecast value ดังนี้

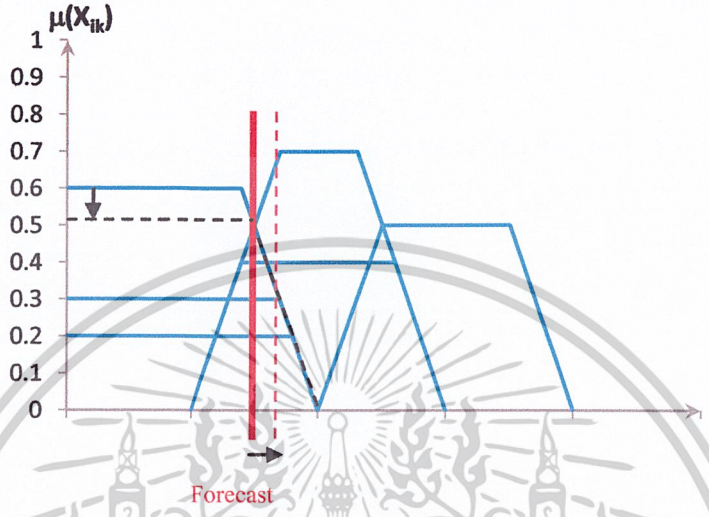
ถ้า Error เป็น บวก และตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกอยู่ฝั่งขวาของ Forecast value จะต้องปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้รับผลกระทบจากอินพุทนั้นให้น้อยลง เพื่อให้ค่าระดับความเป็นสมาชิกโดยรวมของฝั่งขวาลดลง ทำให้ตำแหน่งของค่าที่พยากรณ์ได้ (Forecast value) ขยับไปทางซ้าย ค่าที่พยากรณ์ได้ก็จะมีค่าน้อยลง แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ค่า Forecast value ลดลงจากการลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งขวา

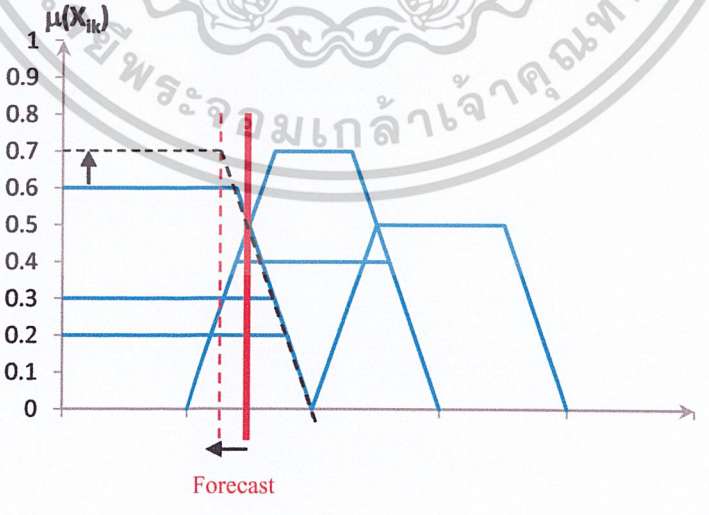
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า Error เป็น ลบ และตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกอยู่ฝั่งซ้ายของ Forecast value จะต้องปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้รับผลกระทบจากอินพุทนั้นให้น้อยลง เพื่อให้ค่าระดับความเป็นสมาชิกโดยรวมของฝั่งซ้ายลดลง ทำให้ตำแหน่งของค่าที่พยากรณ์ได้ขยับไปทางขวา ค่าที่พยากรณ์ได้ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ค่า Forecast value เพิ่มขึ้นจากการลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งซ้าย

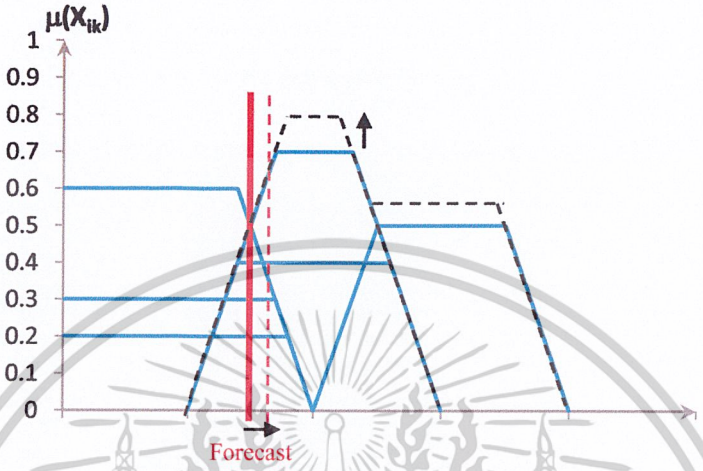
ถ้า Error เป็น บวก และตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกอยู่ฝั่งซ้ายของ Forecast value จะต้องปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้รับผลกระทบจากอินพุทนั้นให้เพิ่มขึ้น เพื่อให้ค่าระดับความเป็นสมาชิกโดยรวมของฝั่งซ้ายเพิ่มขึ้น ทำให้ตำแหน่งของค่าที่พยากรณ์ได้ขยับไปทางซ้าย ค่าที่พยากรณ์ได้ก็จะมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ค่า Forecast value ลดลงจากการเพิ่มค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า Error เป็น ลบ และตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกอยู่ฝั่งขวาของ Forecast value จะต้องปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้รับผลกระทบจากอินพุทนั้นให้เพิ่มขึ้น เพื่อให้ค่าระดับความเป็นสมาชิกโดยรวมของฝั่งขวาเพิ่มขึ้น ทำให้ตำแหน่งของค่าที่พยากรณ์ได้ขยับไปทางขวา ค่าที่พยากรณ์ได้ก็จะมีค่ามากขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.12

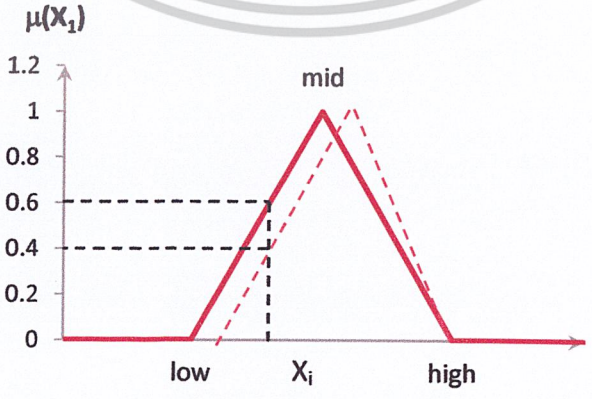


รูปที่ 3.12 ค่า Forecast value เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งขวา

วิธีการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้นนั้น จะต้องพิจารณาตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิก โดยกำหนดให้ค่า d = 0.001 ดังนี้

ถ้า X_i < mid และต้องการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวนั้นให้น้อยลง จะทำการปรับขอบเขตดังนี้

$$low = low + d, mid = mid + d \quad (3.6)$$

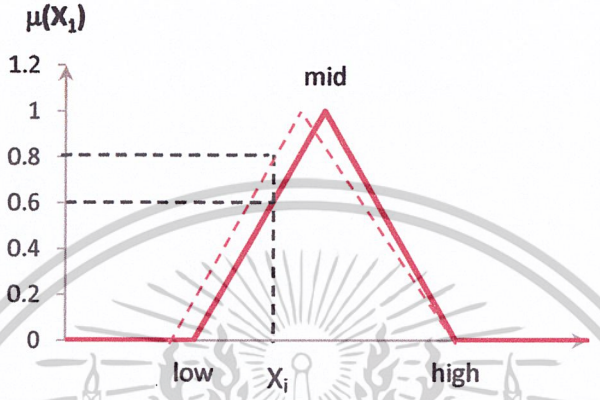


รูปที่ 3.13 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า X_i < mid และต้องการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวนั้นให้เพิ่มขึ้น จะทำการปรับขอบเขตดังนี้

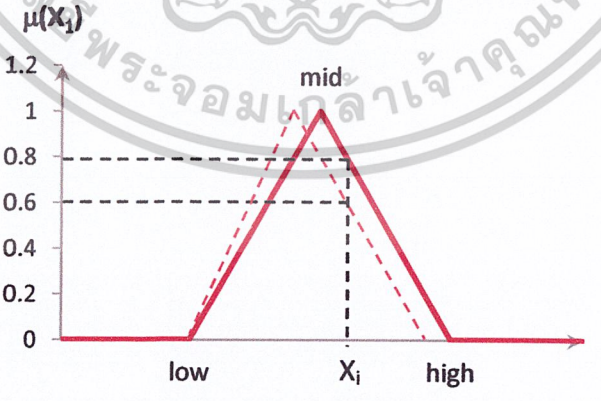
$$low = low - d, mid = mid - d \quad (3.7)$$



รูปที่ 3.14 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก

ถ้า X_i > mid และต้องการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวนั้นให้น้อยลง จะทำการปรับขอบเขตดังนี้

$$mid = mid - d, high = high - d \quad (3.8)$$

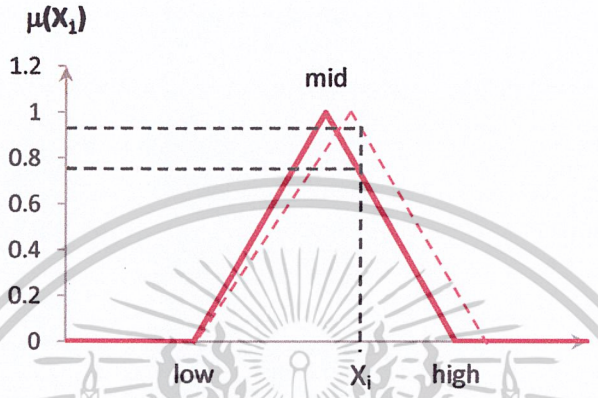


รูปที่ 3.15 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า X_i > mid และต้องการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวนั้นให้เพิ่มขึ้น จะทำการปรับขอบเขตดังนี้

$$mid = mid + d, high = high + d \quad (3.9)$$



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก

3.3.3 ตัวอย่างการปรับฟังก์ชันสมาชิก

จากตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.2 เมื่อพยากรณ์ชุดข้อมูล 22.1, 35.6, 32.0 ออกมาแล้วจะได้คำตอบจากการพยากรณ์ หรือค่า Forecast value คือ 28.85 เมื่อเข้าสู่กระบวนการปรับฟังก์ชันสมาชิก จะมีขั้นตอนดังนี้ คือ

3.3.3.1 นำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (Forecast value) ไปเปรียบเทียบกับเอาท์พุทเป้าหมาย เพื่อดูว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มีค่ามากหรือน้อยเกินไป ตามสมการที่ 3.5 จะได้

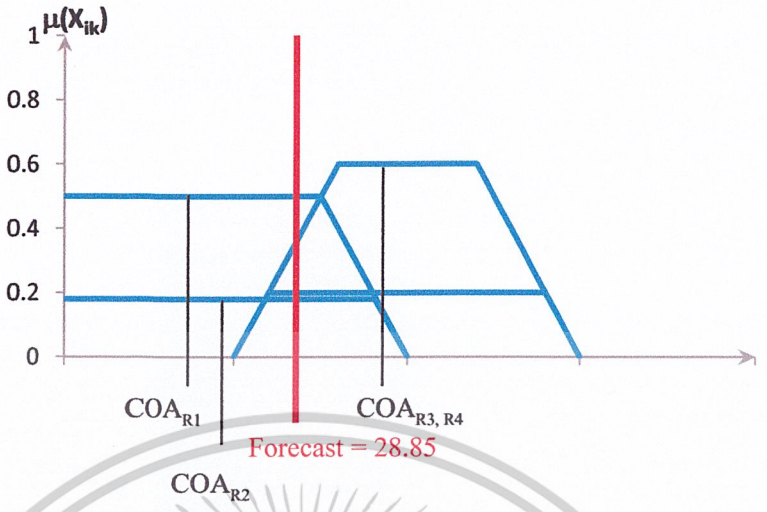
$$\text{Error} = 28.85 - 32.0$$
$$= -3.15$$

ค่า Error ที่ได้เป็นลบ แสดงว่าผลลัพธ์ที่พยากรณ์ได้นั้นมีค่าน้อยเกินไป เราก็จะต้องทำการปรับค่าฟังก์ชันสมาชิก

3.3.3.2 เลือกอินพุทที่จะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิก

จากตัวอย่างกระบวนการพยากรณ์ในหัวข้อที่ 3.2 สามมารถแสดงตำแหน่งของค่า COA ของแต่ละกฎ และตำแหน่งของ Forecast value ได้ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งของค่า COA ของแต่ละกฎ และตำแหน่งของ Forecast value

จะเห็นได้ว่า ฝั่งซ้ายประกอบไปด้วย 2 กฎคือ R1 และ R2 ส่วนฝั่งขวาก็ประกอบไปด้วย 2 กฎเช่นกัน คือ R3 และ R4 จากนั้นก็ทำการพิจารณาทีละฝั่ง เพื่อเลือกอินพุทที่จะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิก

ฝั่งซ้าย	ฝั่งขวา
R1: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_2	R3: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_1
R2: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_2	R4: X ที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ X_2
นับจำครั้งที่ถูกเลือก	นับจำครั้งที่ถูกเลือก
X_1 ถูกเลือก 0 ครั้ง	X_1 ถูกเลือก 2 ครั้ง
X_2 ถูกเลือก 2 ครั้ง	X_2 ถูกเลือก 0 ครั้ง

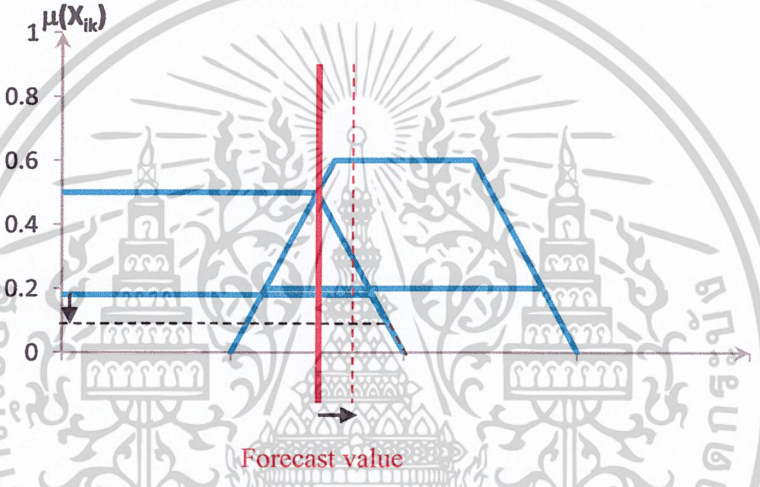
Forecast value

อินพุทที่มีผลกระทบต่อฝั่งซ้ายมากที่สุดคือ X_2 และฝั่งขวาคือ X_1 จะเห็นได้ว่า X_2 ในฝั่งซ้ายมีจำนวนครั้งที่ถูกเลือกเท่ากับ X_1 ในฝั่งขวา กรณีนี้ให้ทำการเลือกตัวใดตัวหนึ่ง ในตัวอย่างนี้จะเลือก X_2 ดังนั้นอินพุทที่จะถูกนำมาปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกคือ X_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.3 ปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก

เนื่องจากค่า Error ที่คำนวณได้ก่อนหน้านี้นั้นมีค่าเป็นลบ และตำแหน่งของอินพุทที่จะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกอยู่ฝั่งซ้ายของ Forecast value ก็จะเข้าเงื่อนไขที่ 2 ในหัวข้อที่ 3.2.2.2 คือ ถ้า Error เป็น ลบ และตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกอยู่ฝั่งซ้ายของ Forecast value จะต้องปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้รับผลกระทบจากอินพุทนั้นให้น้อยลง เพื่อให้ค่าระดับความเป็นสมาชิกโดยรวมของฝั่งซ้ายลดลง ทำให้ตำแหน่งของค่าที่พยากรณ์ได้ (Forecast value) ขยับไปทางขวา ค่าที่พยากรณ์ได้ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงได้ดังรูปที่ 3.18



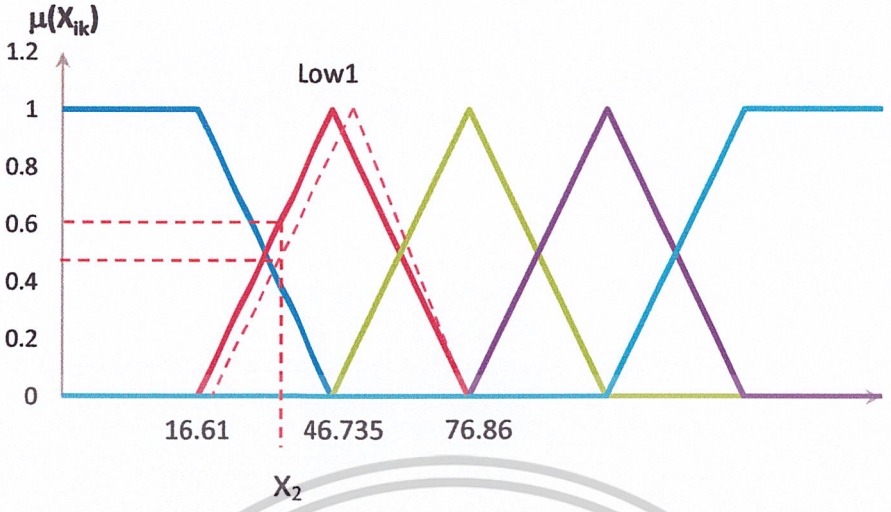
รูปที่ 3.18 ค่า Forecast value เพิ่มขึ้นจากการลดค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทฝั่งซ้าย

วิธีการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขข้างต้น จะต้องพิจารณาตำแหน่งของอินพุทที่จะปรับค่าระดับความเป็นสมาชิก โดยกำหนดให้ d = 0.001

ตัวอย่างนี้จะตรงกับวิธีการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกกรณีที่ 1 ในหัวข้อที่ 3.2.2.2 ซึ่งก็คือ ถ้า $X_2 <$ mid และต้องการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวนั้นให้ลดลง จะทำการปรับขอบเขตของ low 1 ดังรูปที่ 3.19 ดังนี้

low = 16.61 + 0.001, mid = 46.735 + 0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกจากกรณีตัวอย่าง

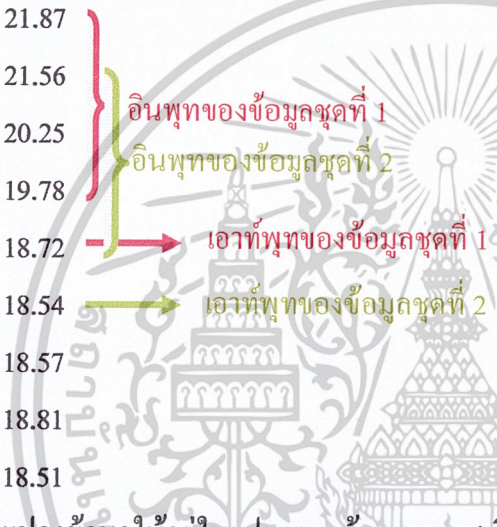
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลก่อนนำมาเข้ากระบวนการพยากรณ์นั้น จะต้องนำข้อมูลราคาน้ำมันดิบจากเท็กซ์ไฟล์มาทำการแปลงให้อยู่ในรูปของชุดข้อมูลแบบ n อินพุท 1 เอาท์พุทก่อน ในที่นี้จะนำเสนอการแปลงข้อมูลให้เป็นชุดข้อมูลแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท โดยการแปลงข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้ดังนี้

อ่านข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์



แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของชุดข้อมูลแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเตรียมข้อมูลก่อนนำเข้ากระบวนการพยากรณ์

ข้อมูลชุดที่	อินพุท				เอาท์พุท
1	21.87	21.56	20.25	19.78	18.72
2	21.56	20.25	19.78	18.72	18.54
3	20.25	19.78	18.72	18.54	18.57
4	19.78	18.72	18.54	18.57	18.81
5	18.72	18.54	18.57	18.81	18.51

จากการนำทฤษฎีของฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบ (Forecasting Crude Oil Price Changes) นั้น ผลการดำเนินงานมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลจากการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลในส่วนของการสร้างฐานความรู้ (Training)

จากตารางที่ 4.1 เอาท์พุทที่ได้คือ ค่าของผลลัพธ์จริง (Actual value) โดยชุดข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้ และเมื่อได้ชุดข้อมูลที่เป็นรูปแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุทออกมาแล้ว ข้อมูลแต่ละชุดจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการพยากรณ์ต่อไปเพื่อหาผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (Forecast value) ออกมา

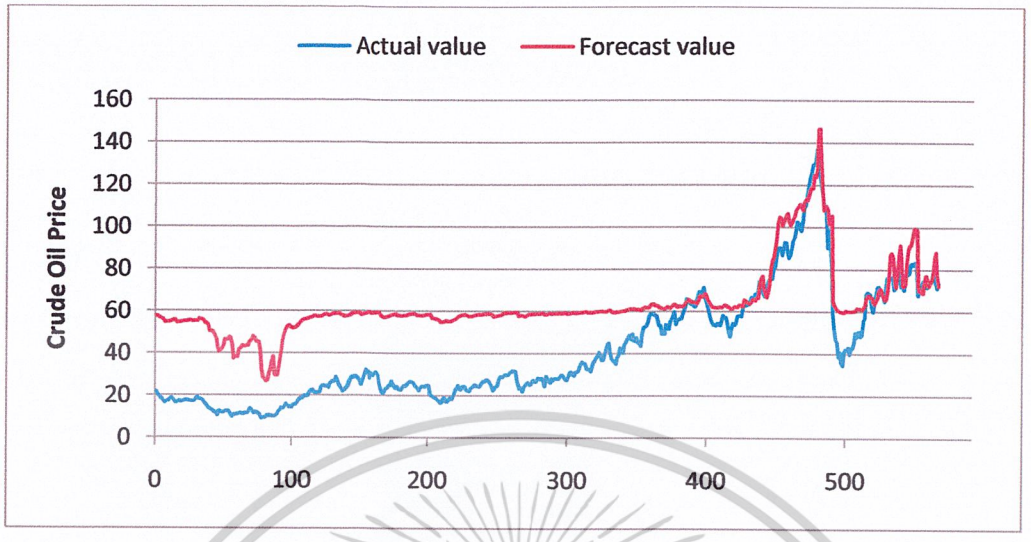
การเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์สามารถทำได้โดยการนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (Forecast value) มาเปรียบเทียบกับค่าของผลลัพธ์จริง (Actual value) เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการพยากรณ์ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยการเปรียบเทียบจะแบ่งเป็น ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก และหลังจากการปรับฟังก์ชันสมาชิกแล้ว โดยใช้ข้อมูลในการทดสอบการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก 4 ชุด และหลังการปรับฟังก์ชันสมาชิก 4 ชุดเช่นกัน ซึ่งการทดสอบทั้งก่อนและหลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกนี้จะใช้ข้อมูลในการทดสอบชุดเดียวกันทั้ง 4 ชุด สามารถแสดงการเปรียบเทียบดังกล่าวได้ในรูปของกราฟเส้น โดยเส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงค่าของผลลัพธ์จริง ซึ่งเกิดจากการนำค่าของผลลัพธ์จริงที่ได้จากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของชุดข้อมูลแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท มาทำการสร้างกราฟทีละค่าตามลำดับของชุดข้อมูล ส่วนเส้นกราฟสีแดงแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ซึ่งเกิดจากการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการนำชุดข้อมูลแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท ไปเข้ากระบวนการพยากรณ์ มาทำการสร้างกราฟทีละค่าตามลำดับของชุดข้อมูลเช่นเดียวกัน

4.1.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก

4.1.1.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1

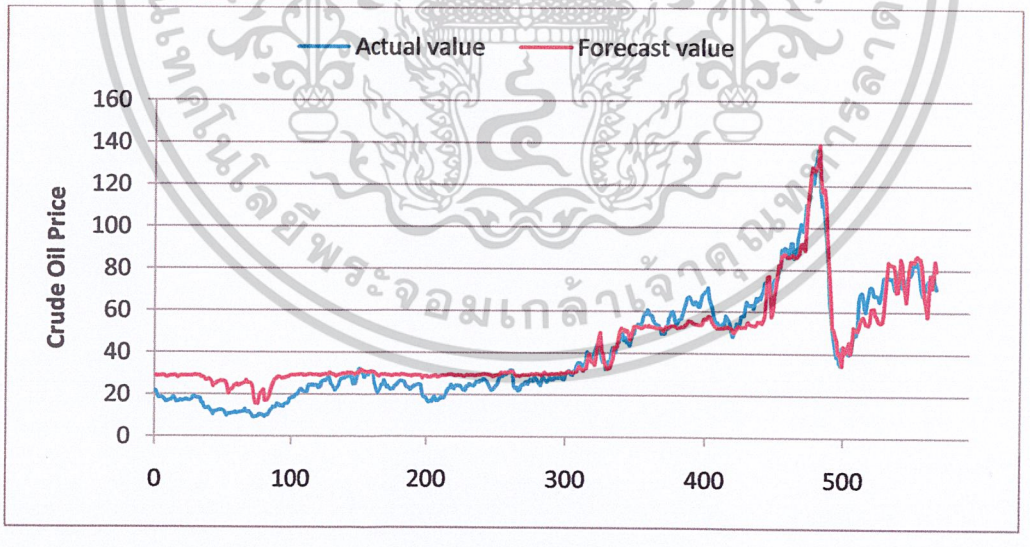
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

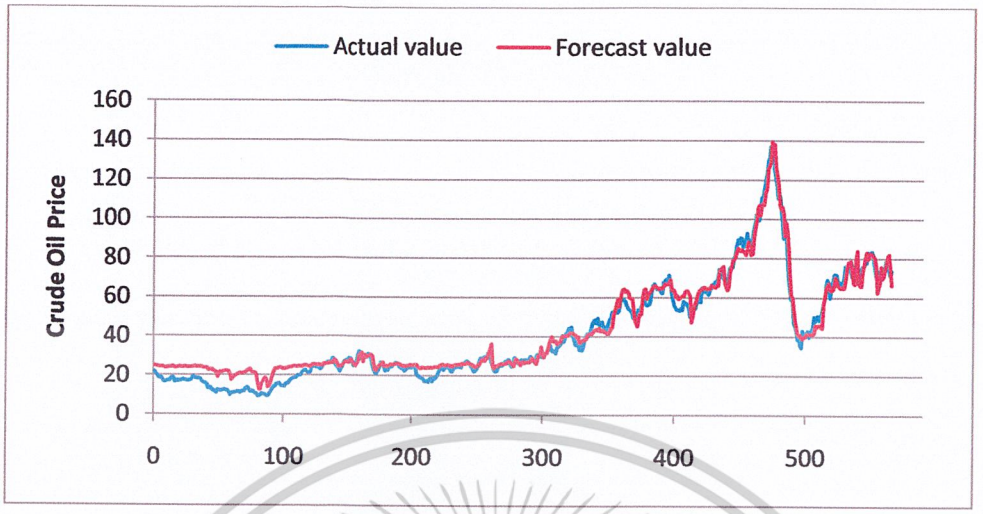
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

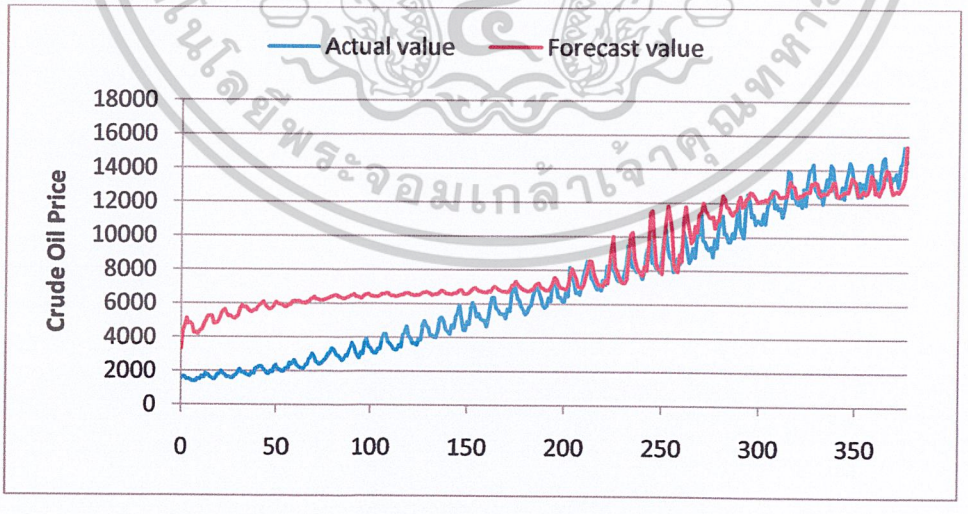
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

4.1.1.2 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2

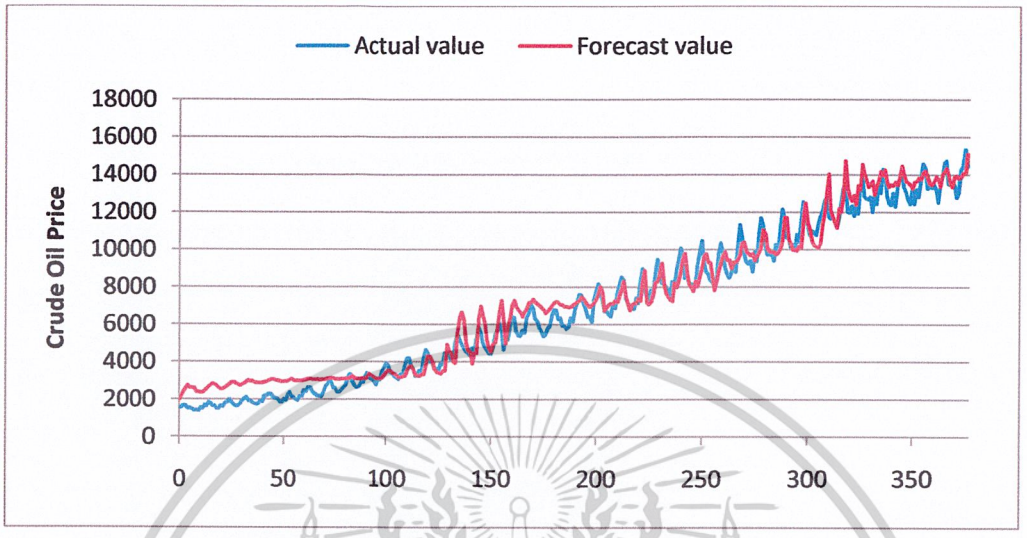
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

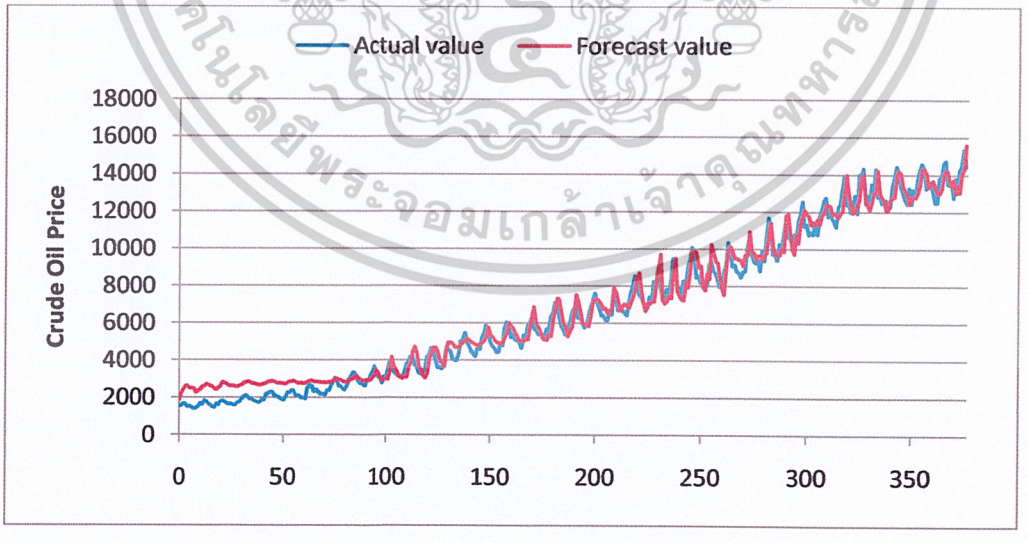
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7

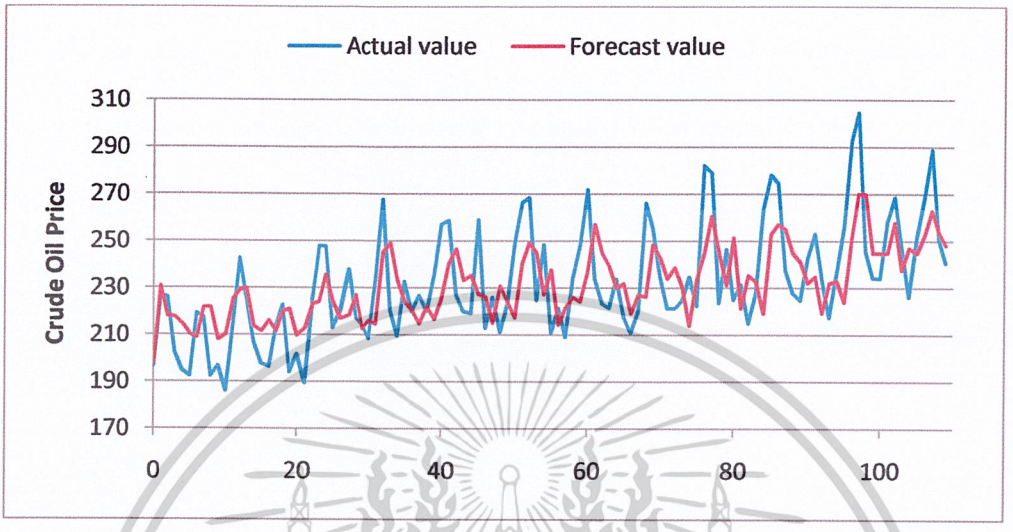


รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

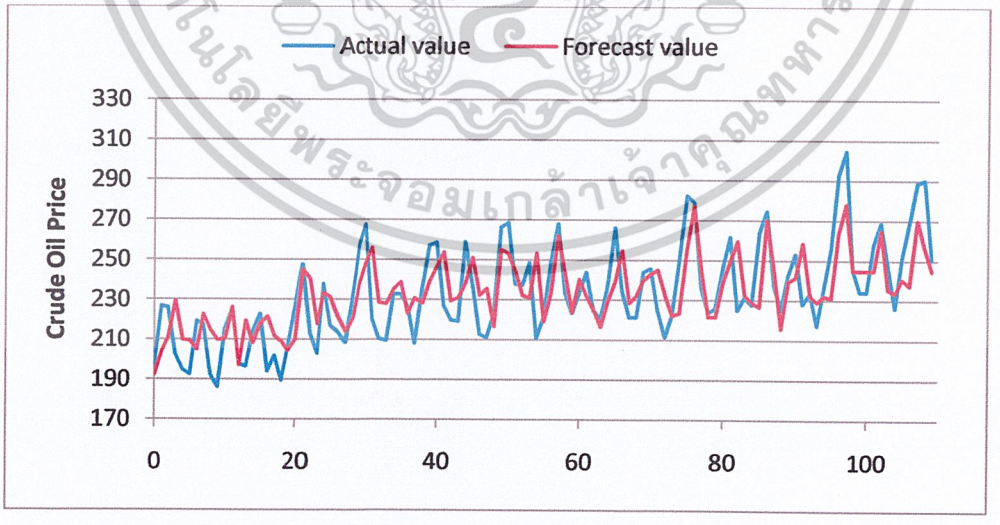
4.1.1.3 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3

<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

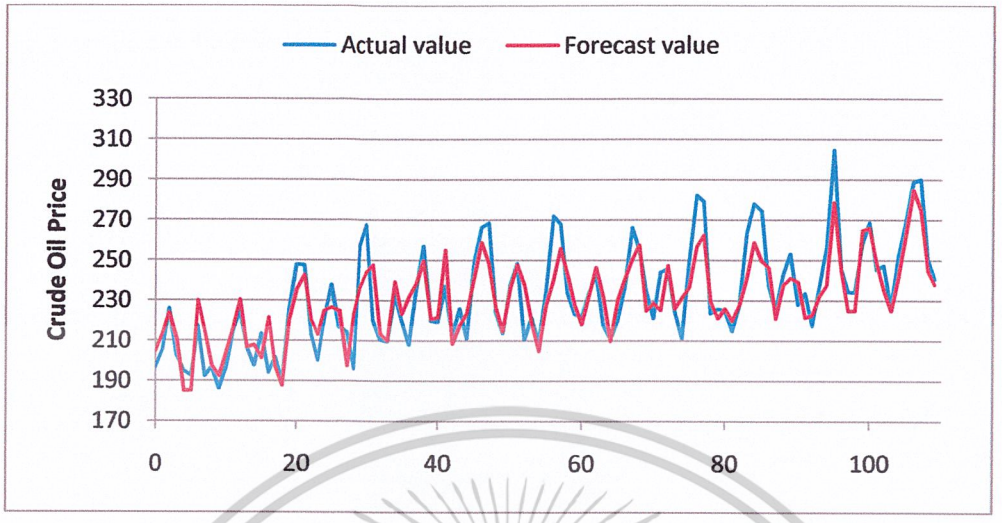
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5</u>



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

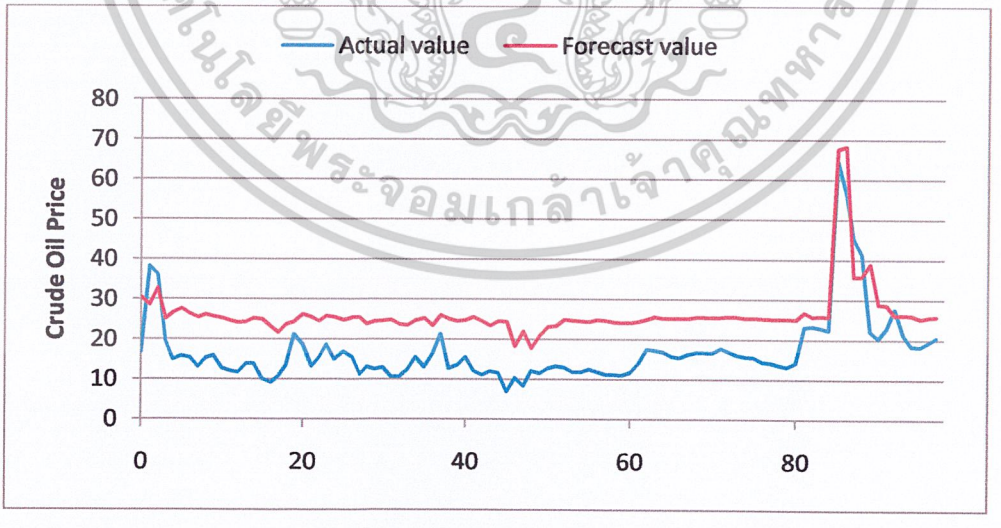
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

4.1.1.4 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4

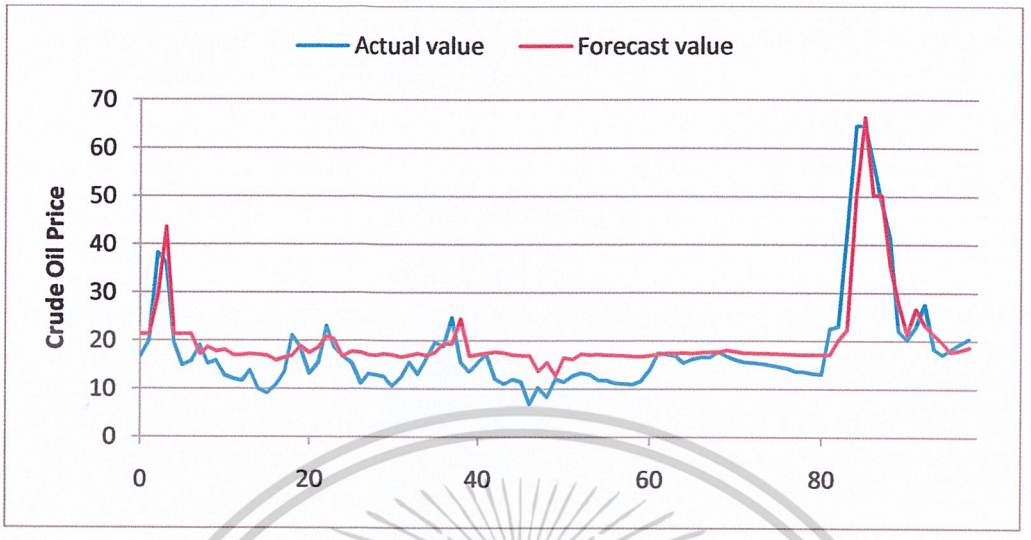
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

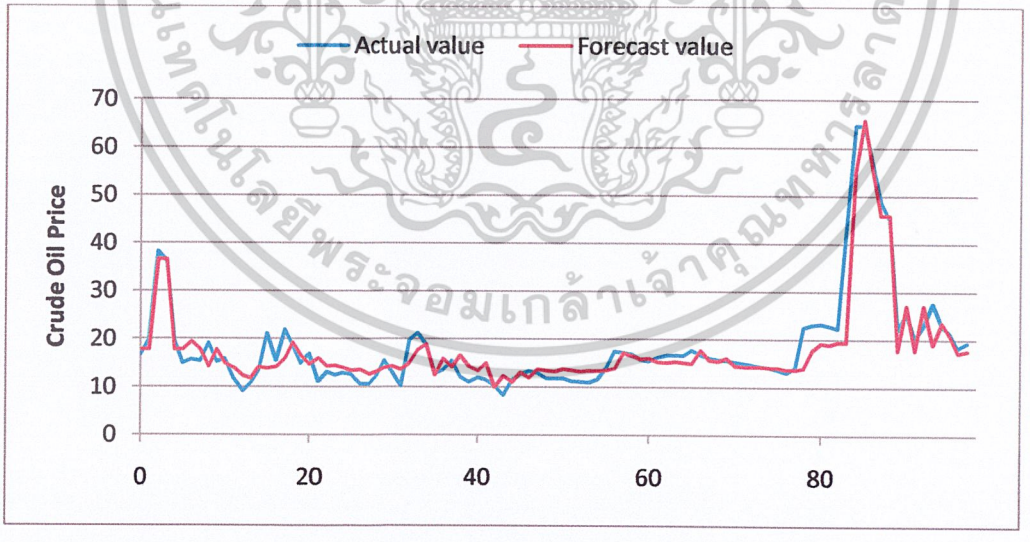
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



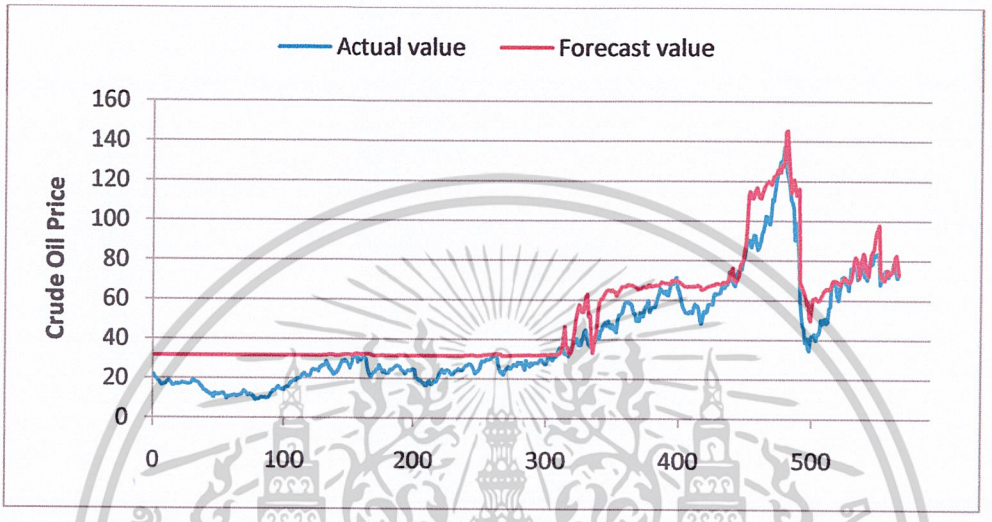
รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิก

4.1.2.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1

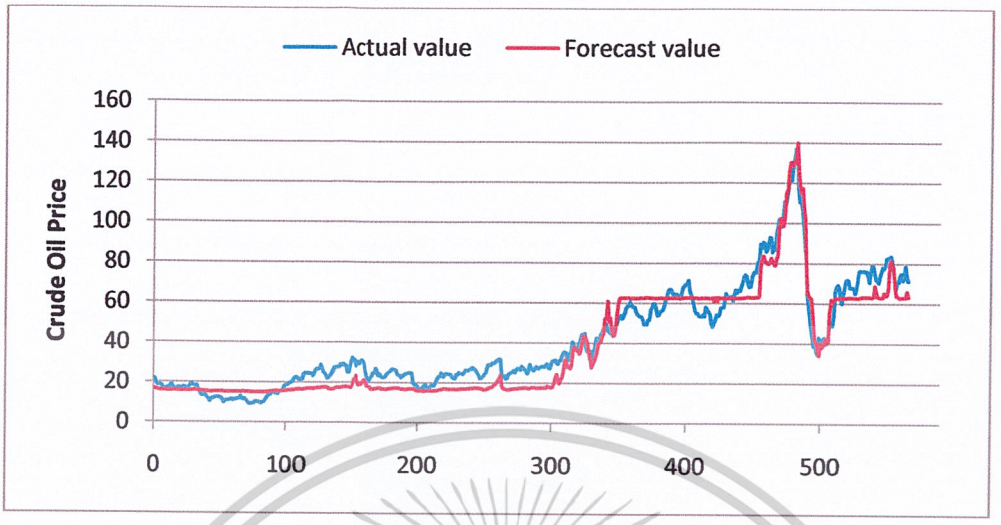
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

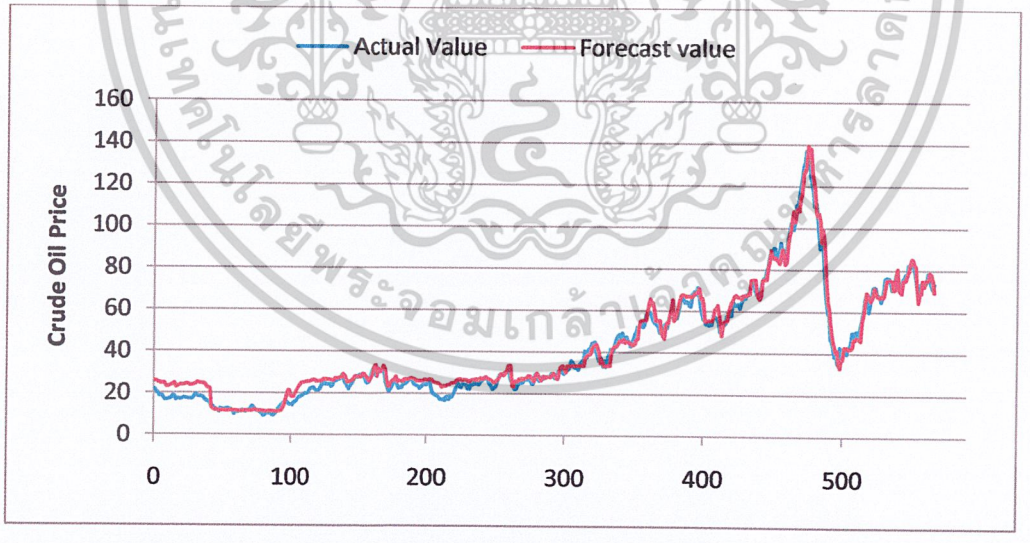
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7

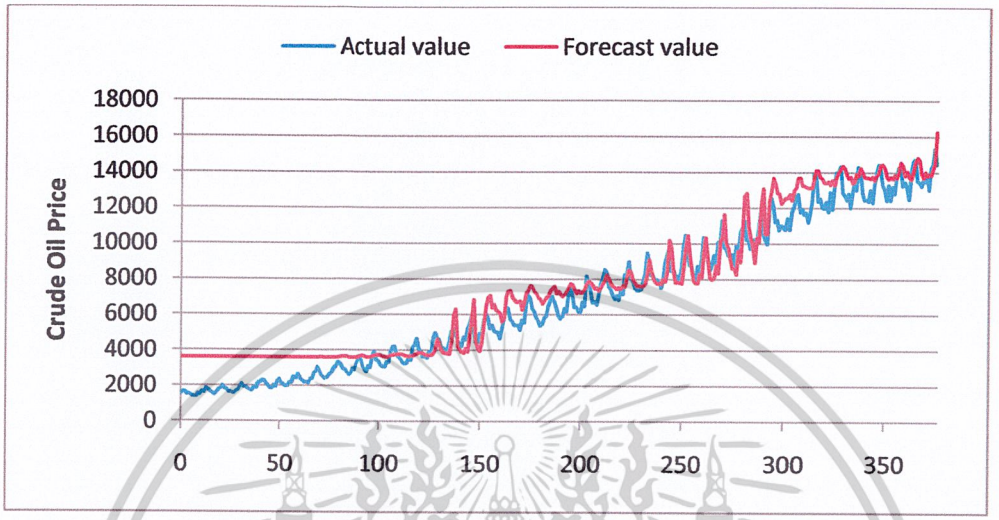


รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 567 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

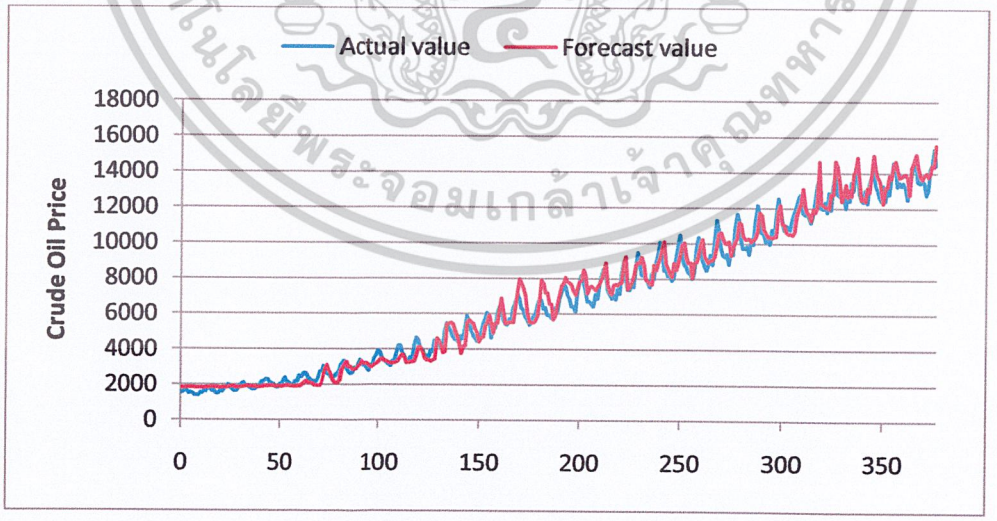
4.1.2.2 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2

<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

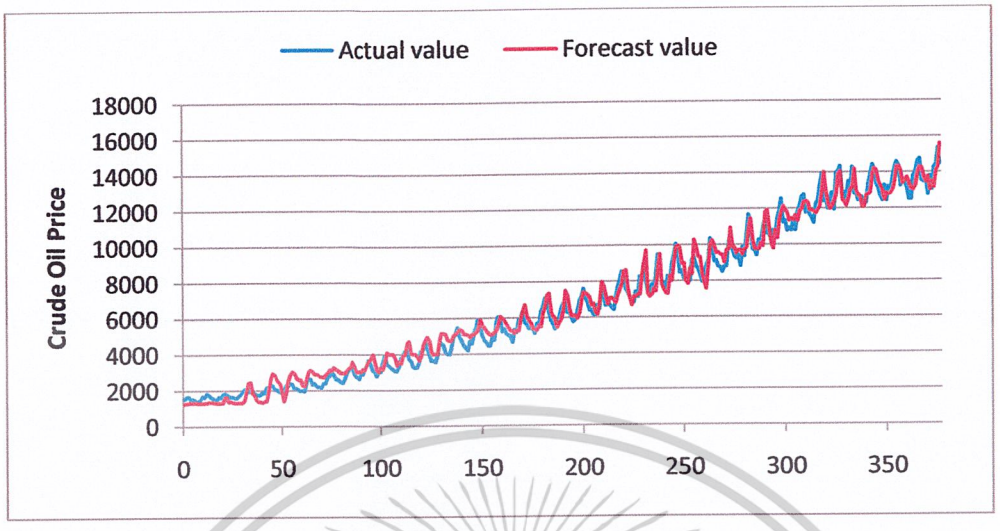
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5</u>



รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

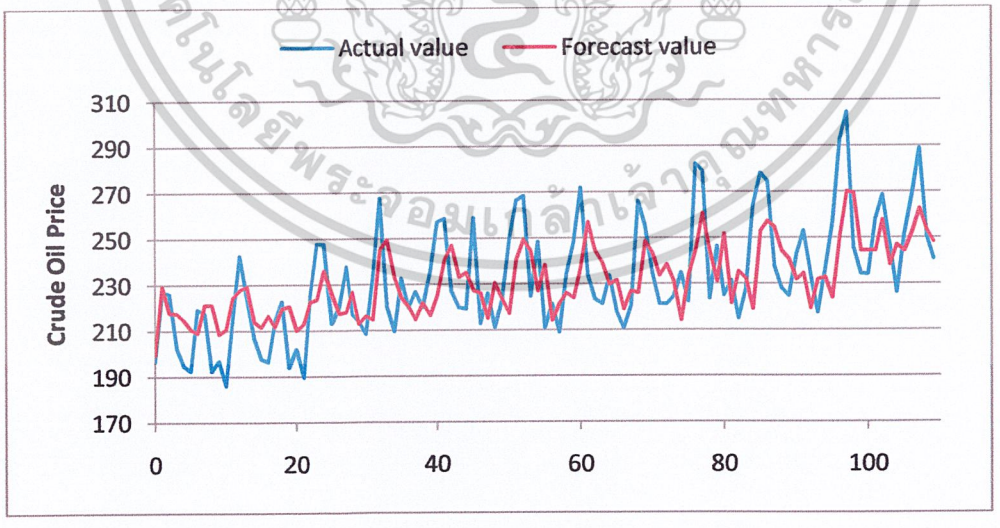
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 377 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

4.1.2.3 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3

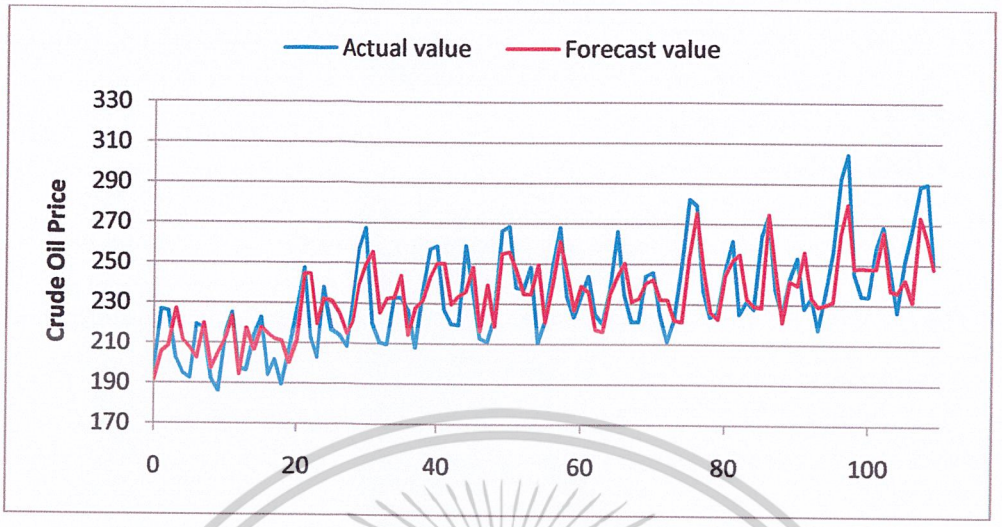
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3



รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

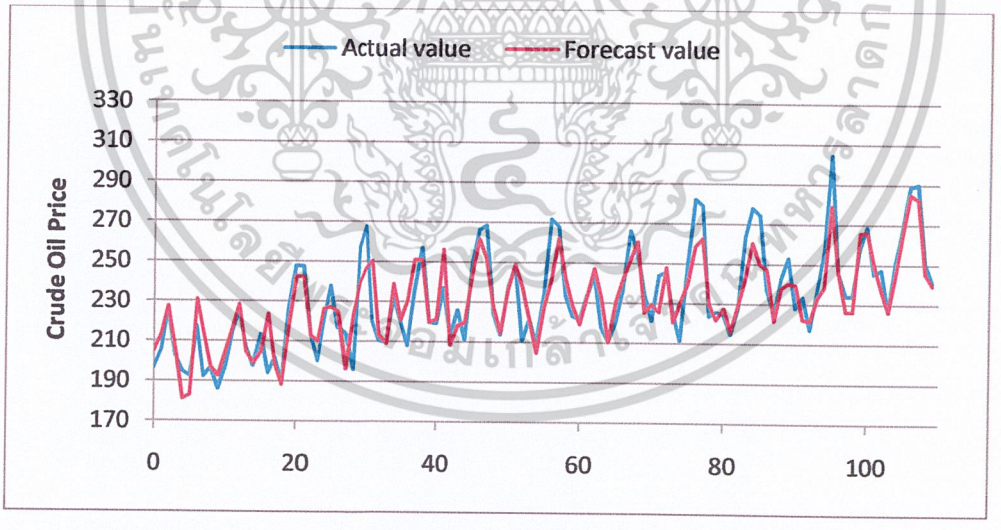
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7

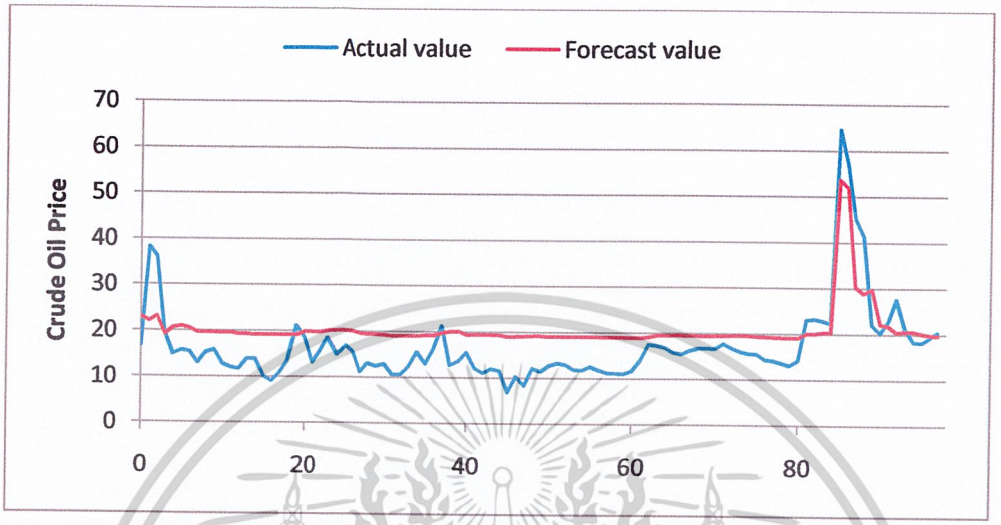


รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 110 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

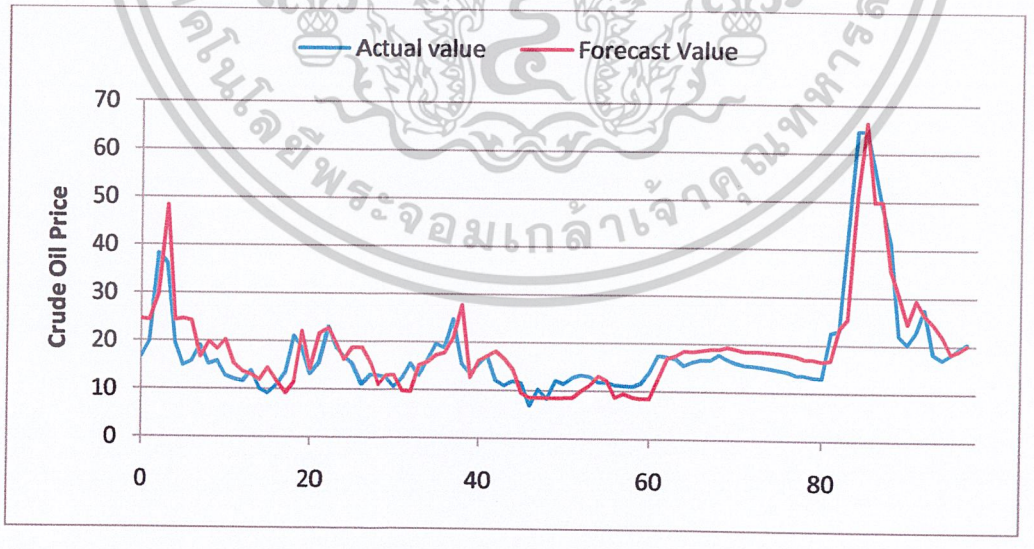
4.1.2.4 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4

<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

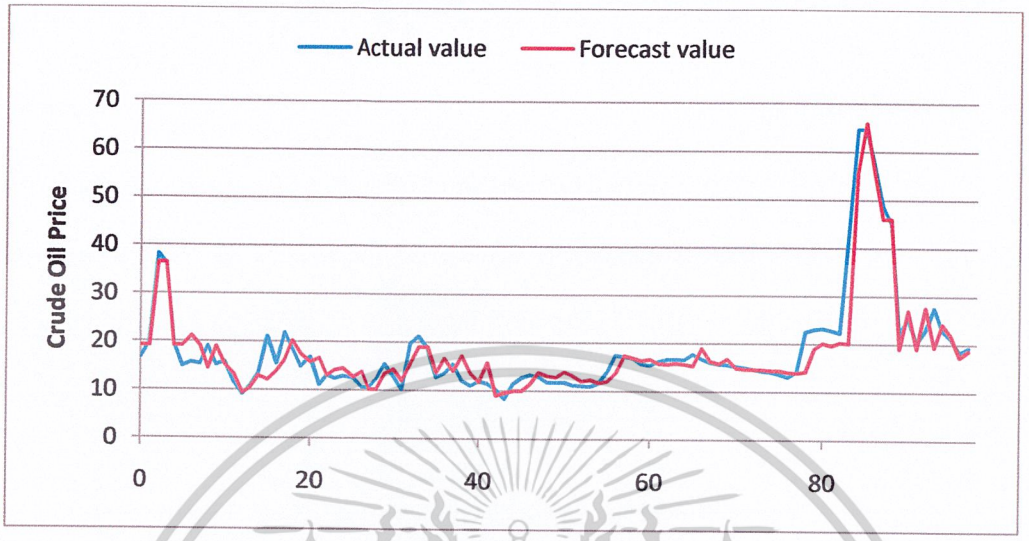
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5</u>



รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 98 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

4.1.3 ผลการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์โดยอาศัยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพโดยอาศัยตัวชี้วัดประสิทธิภาพจะใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพทั้งหมด 4 ตัวด้วยกัน ดังนี้

1) **The mean of square error (MSE)** คือ ค่าเฉลี่ยของความคาดเคลื่อนกำลังสอง ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ทั้งหมดโดยรวมแล้ว มีค่าความคาดเคลื่อนไปเท่าไหร่ ซึ่งถ้า ยิ่งน้อย แสดงว่าผลลัพธ์จากการพยากรณ์ยิ่งมีความแม่นยำ การคำนวณหาค่า MSE แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\text{actual value} - \text{forecast value}\right)^2}{n} \qquad (4.1)$$

2) **The square root mean of square error (RMSE)** คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคาดเคลื่อนกำลังสอง ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ค่าหนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพยากรณ์นั้นๆ มีค่าความคาดเคลื่อนไปเท่าไหร่ ถ้าค่ายิ่งน้อย แสดงว่าผลลัพธ์จากการพยากรณ์ยิ่งมีความแม่นยำ การคำนวณหาค่า RMSE แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{MSE} \tag{4.2}$$

3) **The mean of absolute error (MAE)** คือ ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Errors) โดยมีความถี่สัมพัทธ์ (relative frequencies) เป็นปัจจัยถ่วงน้ำหนัก ซึ่งแสดงถึงค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ ถ้าค่ายิ่งน้อย แสดงว่าผลลัพธ์จากการพยากรณ์ยิ่งมีความแม่นยำ การคำนวณหาค่า MAE แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\text{actual value}_i - \text{forecast value}_i\right| \tag{4.3}$$

4) **The mean of absolute percentage error (MAPE)** คือ ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ แสดงถึงค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ ซึ่งแสดงค่าอยู่ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ ถ้าค่ายิ่งน้อย แสดงว่าผลลัพธ์จากการพยากรณ์ยิ่งมีความแม่นยำ การคำนวณหาค่า MAPE แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\text{actual value}_i - \text{forecast value}_i}{\text{actual value}_i}\right| \tag{4.4}$$

สามารถแบ่งผลการวัดประสิทธิภาพออกเป็น 2 ช่วงของการดำเนินงานคือ ผลจากการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก และ ผลจากการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิก โดยใช้ข้อมูลในการทดสอบการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก 4 ชุด และหลังการปรับฟังก์ชันสมาชิก 4 ชุดเช่นกัน โดยการทดสอบทั้งก่อนและหลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกนี้จะใช้ข้อมูลในการทดสอบชุดเดียวกันทั้ง 4 ชุด ดังนี้

4.1.3.1 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิก

เมื่อนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบ (Forecast value) มาทำการวัดประสิทธิภาพโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพนั้น ผลที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพสามารถแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ก่อนการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้

ชุดข้อมูล	จำนวนข้อมูล	จำนวนฟัซซีเซต	MSE	RMSE	MAE	MAPE
1	567	3	669.3196	25.8712	22.3356	1.0116
		5	57.2285	7.5650	6.2553	0.2670
		7	23.0115	4.7970	3.7762	0.1627
2	377	3	4698372.8197	2167.5730	1742.5702	0.5779
		5	559937.7823	748.2899	614.7923	0.1567
		7	376143.8166	613.3056	516.2931	0.1335
3	110	3	347.9644	18.6538	15.9457	0.0679
		5	269.9576	16.4304	13.1633	0.0568
		7	145.5878	12.0660	9.2662	0.0397
4	98	3	107.7743	10.3814	9.8607	0.7160
		5	24.0107	4.9001	3.8720	0.2590
		7	13.6604	3.6960	2.3092	0.1300

4.1.3.2 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิก

เมื่อนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบ (Forecast value) มาทำการวัดประสิทธิภาพหลังจากทำการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกแล้ว โดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพนั้น ผลที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพสามารถแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์หลังการปรับฟังก์ชันสมาชิกในส่วนของการสร้างฐานความรู้

ชุดข้อมูล	จำนวนข้อมูล	จำนวนฟัซซีเซต	MSE	RMSE	MAE	MAPE	เวลาที่ใช้ (hh:mm:ss)
1	567	3	141.1236	11.8795	9.9229	0.4243	00:05:28
		5	53.0379	7.2827	6.2380	0.1952	00:14:53
		7	13.2981	3.6467	2.8030	0.0970	00:05:13
2	377	3	1180332.2878	1086.4310	890.5048	0.2555	00:14:19
		5	323524.8153	568.7924	440.7350	0.0766	00:03:40
		7	303458.5016	550.8706	463.2096	0.0965	00:01:19
3	110	3	347.9704	18.6540	15.9344	0.0678	00:00:49
		5	241.7158	15.5472	12.3784	0.0534	00:01:57
		7	134.4060	11.5934	8.6318	0.0371	00:00:32
4	98	3	41.3689	6.4319	5.6310	0.4002	00:02:18
		5	23.1409	4.8105	3.6364	0.2156	00:00:18
		7	13.0907	3.6181	2.2116	0.1222	00:00:11

4.2 ผลจากการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Testing)

จากตารางที่ 4.1 เอาท์พุทที่ได้คือ ค่าของผลลัพธ์จริง (Actual value) โดยชุดข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ และเมื่อได้ชุดข้อมูลที่เป็นรูปแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุทออกมาแล้ว ข้อมูลแต่ละชุดจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการพยากรณ์ต่อไปเพื่อหาผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (Forecast value) ออกมา

การเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์สามารถทำได้โดยการนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (Forecast value) มาเปรียบเทียบกับค่าของผลลัพธ์จริง (Actual value) เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการพยากรณ์ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยใช้ข้อมูลในการทดสอบผลการพยากรณ์ทั้งหมด 4 ชุด สามารถแสดงการเปรียบเทียบดังกล่าวได้ในรูปของกราฟเส้น โดยเส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงค่าของผลลัพธ์จริง ซึ่งเกิดจากการนำค่าของผลลัพธ์จริงที่ได้จากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของชุดข้อมูลแบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท มาทำการสร้างกราฟทีละค่าตามลำดับของชุดข้อมูล ส่วนเส้นกราฟสีแดงแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ซึ่งเกิดจากการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการนำชุดข้อมูล

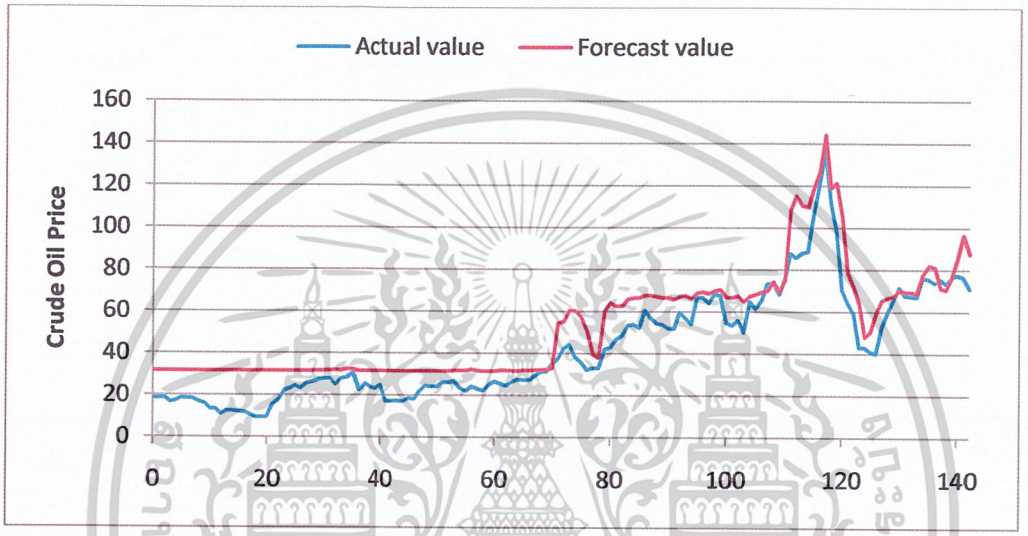
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ 4 อินพุท 1 เอาท์พุท ไปเข้ากระบวนการพยากรณ์ มาทำการสร้างกราฟทีละค่าตามลำดับของชุดข้อมูลเช่นเดียวกัน

4.2.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์

4.2.1.1 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1

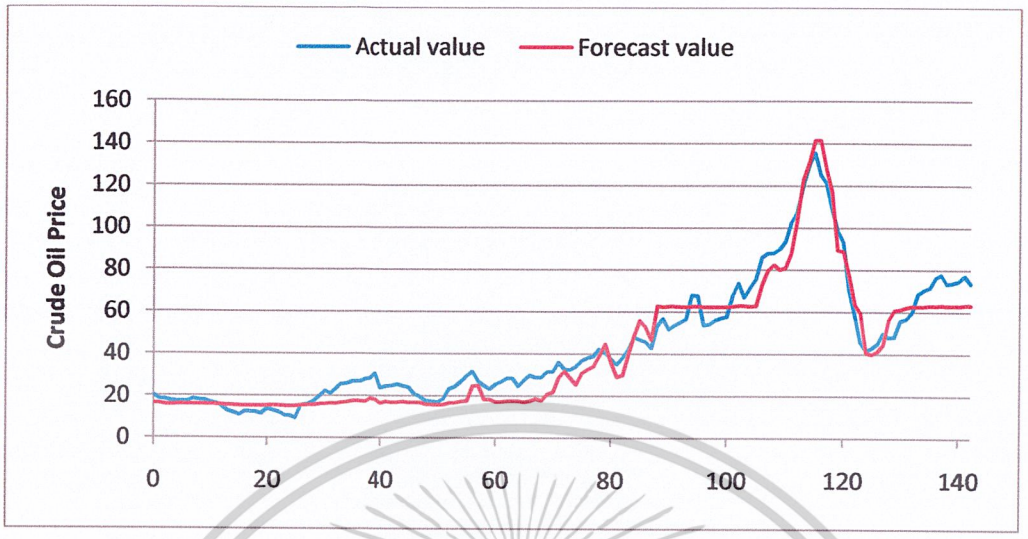
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 143 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

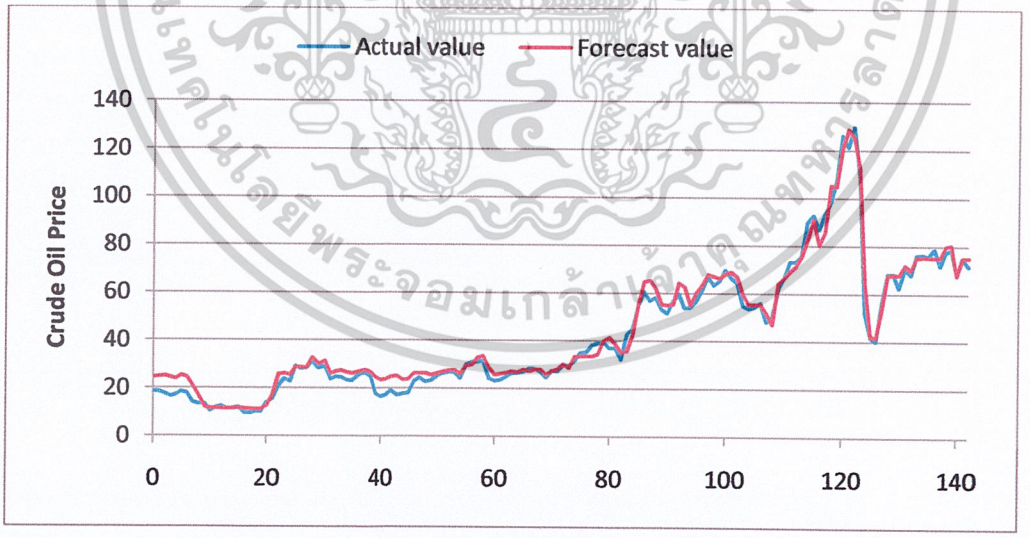
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 143 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7

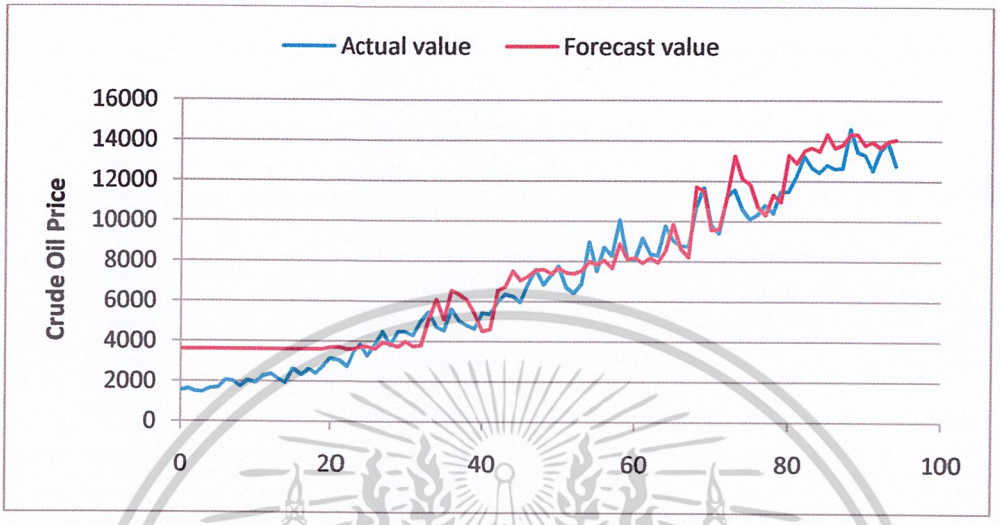


รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 143 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

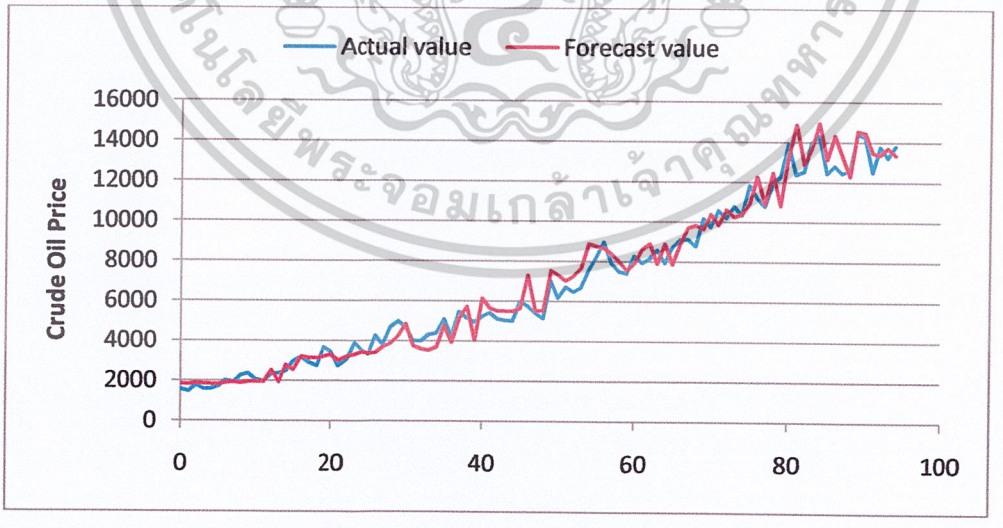
4.2.1.2 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2

<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 95 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

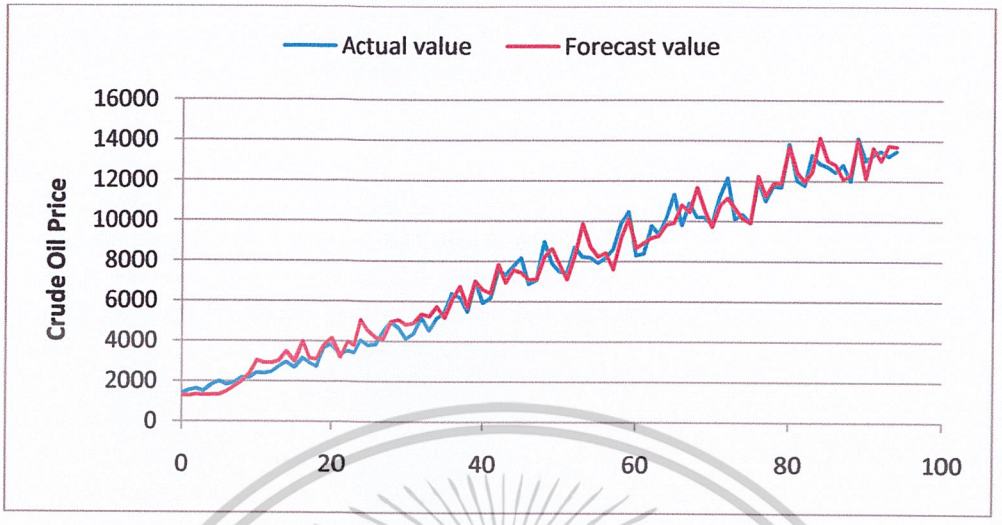
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5</u>



รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 95 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

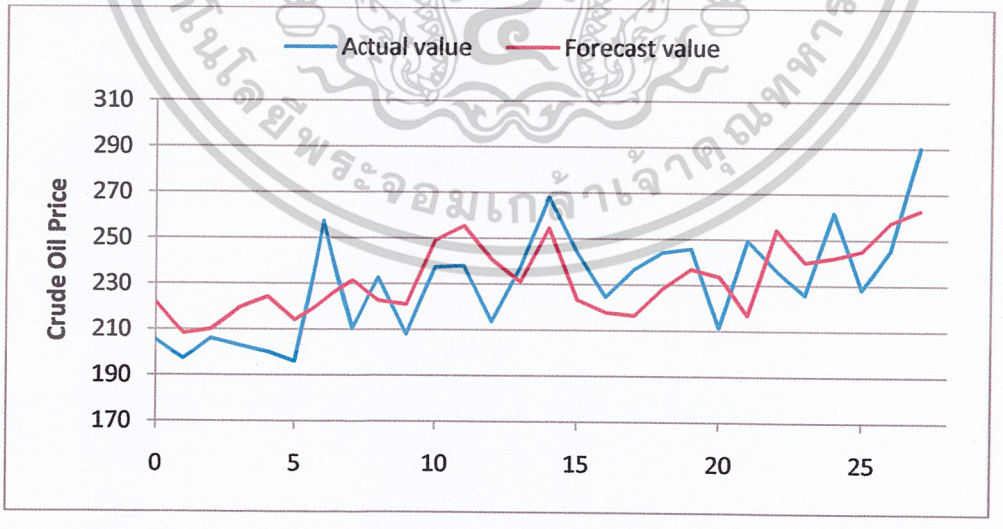
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 95 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

4.2.1.3 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3

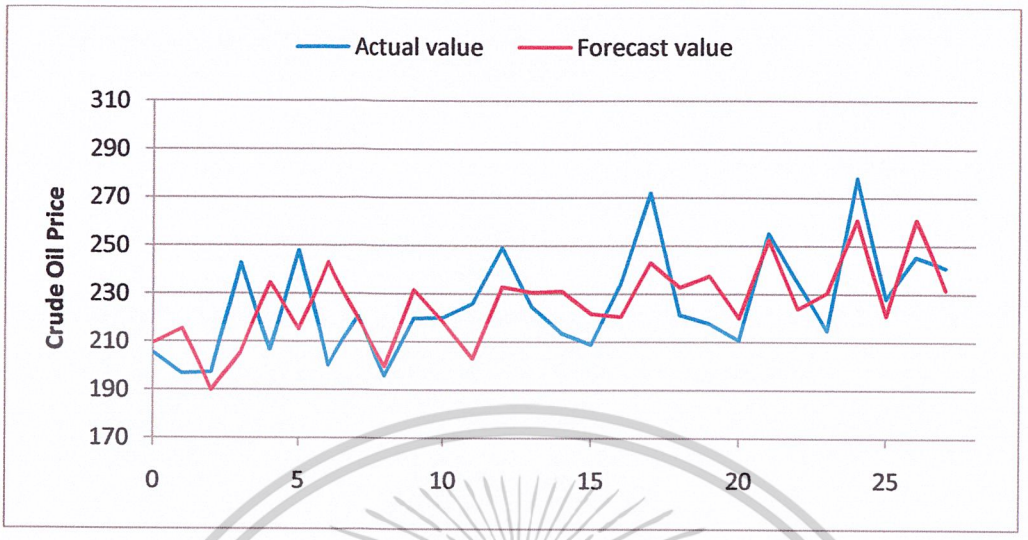
จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3



รูปที่ 4.31 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 28 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

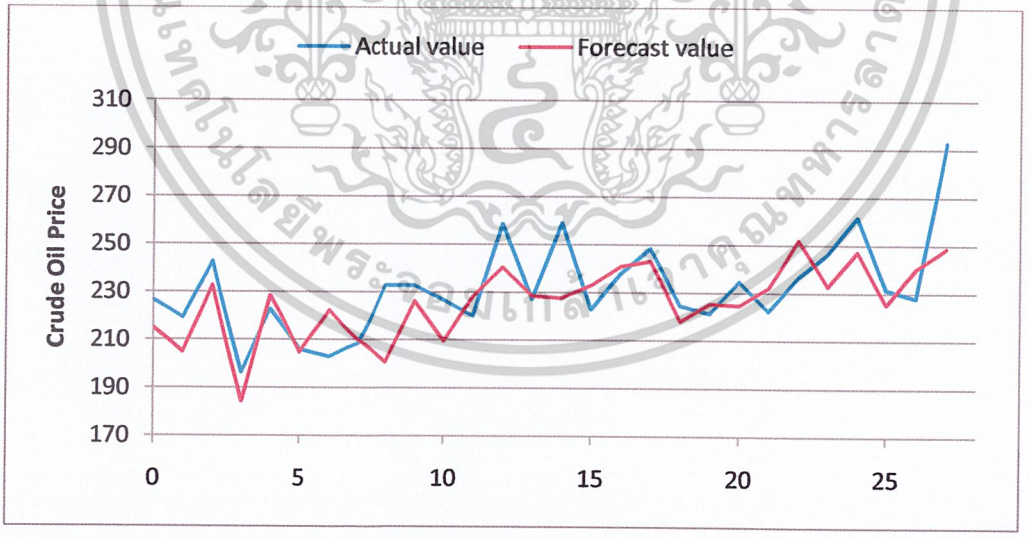
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 28 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7

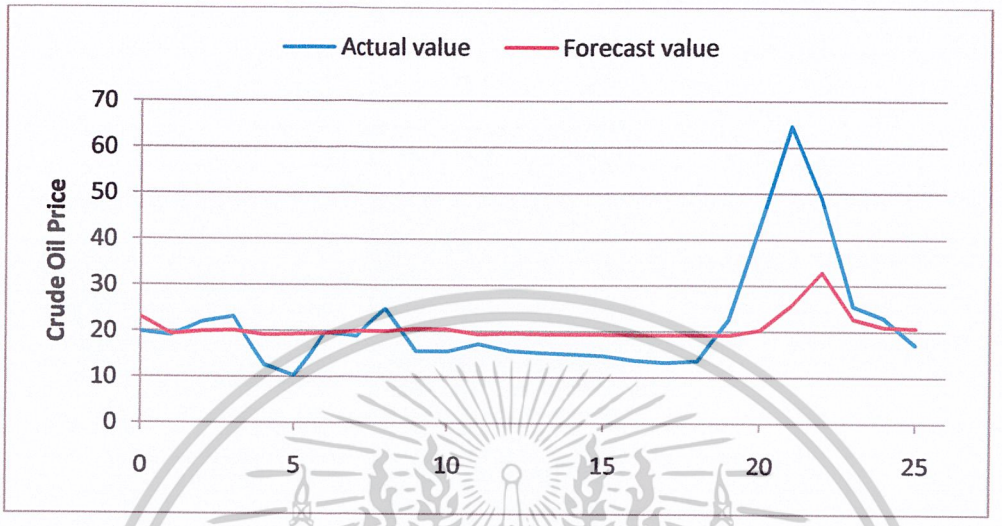


รูปที่ 4.33 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 28 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

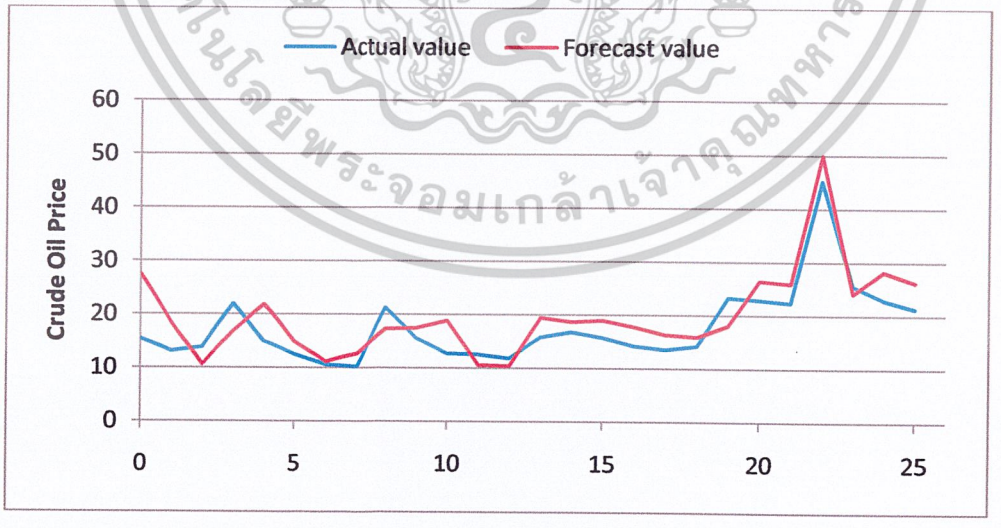
4.2.1.4 ผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4

<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 3</u>



รูปที่ 4.34 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 26 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 3

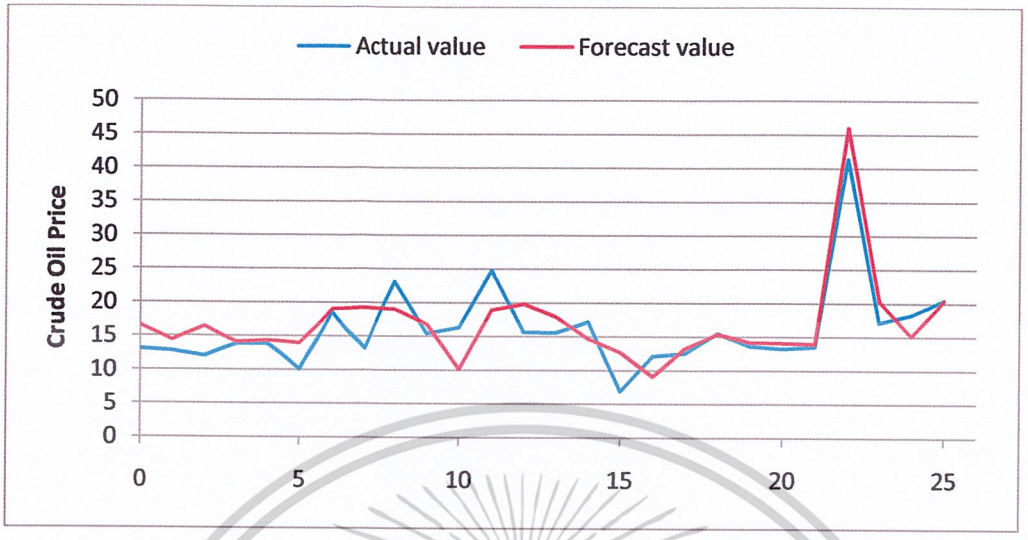
<u>จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 5</u>



รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 26 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุท = 4, จำนวนฟัซซีเซต = 7



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จริงและผลลัพธ์จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 26 ชุด และกำหนดจำนวนอินพุทเท่ากับ 4 จำนวนฟัซซีเซตเท่ากับ 7

4.2.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์โดยอาศัยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

เมื่อนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบ (Forecast value) มาทำการวัดประสิทธิภาพโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ผลที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพสามารถแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

ชุดข้อมูล	จำนวนข้อมูล	จำนวนฟัซซีเซต	MSE	RMSE	MAE	MAPE
1	143	3	155.8552	12.4842	10.5164	0.4102
		5	53.8452	7.3379	6.3278	0.1810
		7	13.5259	3.6778	2.8054	0.0951
2	95	3	1094702.3366	1046.2802	875.5412	0.2500
		5	423046.2656	650.4201	513.9000	0.08665
		7	300208.3497	547.9127	444.6995	0.0820
3	26	3	348.9556	18.6804	17.1628	0.0745
		5	342.4453	18.5053	15.1904	0.0672
		7	246.7974	15.7098	12.3717	0.0519
4	28	3	104.5344	10.2242	6.3610	0.2772
		5	19.7560	4.4448	3.8125	0.2294
		7	11.3026	3.3619	2.6855	0.1881

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองใช้หลักการของฟัซซีลอจิกเพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบ จากการดำเนินงานในส่วนของโครงการที่หนึ่งพบว่า หลักการของฟัซซีลอจิกสามารถทำการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบได้ แต่ก็มีข้อด้อยบางประการคือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์นั้นยังไม่แม่นยำมากเท่าที่ควร เนื่องจากในส่วนของการกำหนดขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกเป็นการกำหนดด้วยค่าใดค่าหนึ่งที่ตายตัว ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกนั้นแล้ว ซึ่งค่าดังกล่าวอาจยังไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ดังนั้นจึงได้มีการคิดวิธีการในการปรับปรุงขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกขึ้นมาในโครงการที่สอง เพื่อหาค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ และทำให้การพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำมากขึ้นกว่าเดิม

การปรับปรุงขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกนั้น มีเป้าหมายเพื่อทำให้ค่าที่ได้จากการพยากรณ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยจะทำการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกหลังจากได้ทำการพยากรณ์ไปแล้วหนึ่งรอบ จากนั้นก็จะทำการพิจารณาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นซึ่งได้มาจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ (Forecast value) กับเอาท์พุทเป้าหมายของชุดข้อมูลนั้นๆ (Actual value) ว่าควรจะทำการปรับค่าฟังก์ชันสมาชิกหรือไม่ ซึ่งค่าความผิดพลาดตรงนี้จะทำให้สามารถทราบได้ว่าค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยถ้ามีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น แสดงว่าค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้กำหนดไว้นั้นยังไม่เหมาะสม ก็จะทำการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก และเมื่อทราบแล้วว่าต้องทำการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก ต่อไปก็จะต้องพิจารณาว่าจะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุทตัวใดเพื่อให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเหมาะสมได้ กล่าวคือถ้าการเปรียบเทียบระหว่างค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์กับเอาท์พุทเป้าหมายของชุดข้อมูลนั้นๆ ให้ค่าเป็นลบ แสดงว่าค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มีค่าน้อยเกินไป แต่ถ้าเป็นบวก แสดงว่าค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มีค่ามากเกินไป ซึ่งการเพิ่มหรือลดค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์นั้น สามารถทำได้โดยการเพิ่มหรือลดค่าระดับความเป็นสมาชิก (degree) ของอินพุท (X_i) โดยวิธีการในการพิจารณาเลือกอินพุทที่จะนำมาปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกนั้นจะพิจารณาจากอินพุทที่มีผลกระทบต่อฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวาของค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มากที่สุด และเมื่อได้อินพุทที่จะทำการปรับค่าระดับความเป็นสมาชิกแล้วก็จะต้องทราบด้วยว่าอินพุทนั้นอยู่ในฟังก์ชันสมาชิกใด เมื่อทราบแล้วจึงจะทำการปรับขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการนำวิธีการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกดังกล่าวมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการพยากรณ์ในโครงการที่หนึ่งให้ดีขึ้นนั้น พบว่าสามารถให้ผลการดำเนินงานที่ดีขึ้นได้ กล่าวคือ ในโครงการที่สอง ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งในการทดสอบผลจากการพยากรณ์ ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของการสร้างฐานความรู้ (Training) และส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Testing) ซึ่งได้ทำการทดสอบกับข้อมูลทั้งหมดสี่ชุด โดยทำการพิจารณาจากตัวชี้วัดประสิทธิภาพสี่ตัวด้วยกัน

ในส่วนของการสร้างฐานความรู้ (Training) พบว่าหลังจากทำการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกแล้ว ค่าของตัวชี้วัดประสิทธิภาพทั้งสี่ตัวนี้ของข้อมูลทั้งสี่ชุด มีค่าน้อยกว่าก่อนปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก นั่นหมายความว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการพยากรณ์เมื่อทำการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกแล้วนั้นลดน้อยลงและจากการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตที่แตกต่างกันคือ 3, 5 และ 7 ฟัซซีเซตนั้น พบว่ายิ่งกำหนดจำนวนฟัซซีเซตมาก ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตน้อยๆ กล่าวคือ กำหนด 7 ฟัซซีเซต ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่ากำหนด 5 ฟัซซีเซต และ 3 ฟัซซีเซต เนื่องจากการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตน้อยๆ ช่วงของฟัซซีเซตหนึ่งๆ จะกว้าง ทำให้ฟัซซีเซตหนึ่งๆ นั้นต้องครอบคลุมค่าของข้อมูลจำนวนมาก เป็นผลให้ความละเอียดในการกำหนดฟัซซีเซตให้กับค่าของข้อมูลลดน้อยลง ค่าความผิดพลาดจึงมีมากขึ้น แต่ในทางกลับกัน ถ้ากำหนดจำนวนฟัซซีเซตมาก ช่วงของฟัซซีเซตหนึ่งๆ จะแคบ ทำให้ฟัซซีเซตหนึ่งๆ นั้นครอบคลุมค่าของข้อมูลจำนวนหนึ่งที่เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น เป็นผลให้ความละเอียดในการกำหนดฟัซซีเซตให้กับค่าของข้อมูลเพิ่มขึ้น ค่าความผิดพลาดจึงลดลง และอีกส่วนหนึ่งที่ได้ทำการเปรียบเทียบคือ การเปรียบเทียบการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตกับเวลาที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้นั้นพบว่า ถ้ากำหนดจำนวนฟัซซีเซตน้อยๆ จะใช้เวลาในการสร้างฐานความรู้มากกว่าการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตมาก เนื่องจากการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตน้อยๆ การปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกนั้น จะต้องทำการปรับหลายรอบ จึงจะได้ค่าขอบเขตที่เหมาะสมกับค่าของข้อมูล เวลาที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้จึงมากขึ้น แต่ถ้ากำหนดจำนวนฟัซซีเซตมาก การปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก จะมีจำนวนรอบในการปรับน้อยลง เวลาที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้จึงน้อยลงไปด้วย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น การกำหนดจำนวนฟัซซีเซตมากก็อาจใช้เวลาในการสร้างฐานความรู้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมื่อจำนวนฟัซซีเซตมาก เวลาที่ใช้ในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกในหนึ่งรอบนั้นจะใช้เวลานาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจำนวนฟัซซีเซตนั้นแปรผกผันกับจำนวนรอบในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิก และแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้ในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกในหนึ่งรอบ กล่าวคือ ถ้ากำหนดจำนวนฟัซซีเซตมาก จำนวนรอบในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกจะน้อย แต่เวลาที่ใช้ในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกในหนึ่งรอบจะมาก ในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับกัน ถ้ากำหนดจำนวนฟัซซีเซตน้อยๆ จำนวนรอบในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกจะมาก แต่เวลาที่ใช้ในการปรับค่าขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกในหนึ่งรอบจะน้อย

ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Testing) ด้วยการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตที่แตกต่างกันคือ 3, 5 และ 7 ฟัซซีเซตนั้น พบว่ายิ่งกำหนดจำนวนฟัซซีเซตมาก ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตน้อยๆ ซึ่งจะเห็นได้จากค่าของตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่มีค่าน้อยกว่าการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตมากๆ โดยการทดสอบในส่วนนี้นั้นให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดสอบในส่วนของการสร้างฐานความรู้ (Training) แต่เนื่องจากข้อมูลชุดที่ 3 และ 4 ที่ใช้ในส่วนของการสร้างฐานความรู้นั้นมีจำนวนน้อย ทำให้ฐานกฎที่สร้างขึ้นไม่ครอบคลุมถึงข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ทั้งหมด จึงทำให้ข้อมูลบางส่วนที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์นั้น ไม่สามารถพยากรณ์ได้ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาตรงนี้ได้โดยการเพิ่มจำนวนข้อมูลย้อนหลังที่ใช้ในการพยากรณ์ให้มากขึ้น เพื่อให้ฐานกฎที่สร้างได้มีความครอบคลุมถึงข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ทั้งหมด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากขั้นตอนการดำเนินงานที่ผ่านมา เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าผลลัพธ์จริงแล้ว พบว่าค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์นั้นจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าตามค่าผลลัพธ์จริง กล่าวคือ ในขณะที่ค่าผลลัพธ์จริงได้มีการเปลี่ยนแปลงในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นแล้ว แต่ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์จะยังไม่เพิ่มขึ้นพร้อมกัน และเมื่อค่าผลลัพธ์จริงได้มีการเปลี่ยนแปลงในแนวโน้มที่ลดลงแล้ว ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ก็ยังไม่ลดลงในทันทีเช่นกัน กราฟที่ได้จะเป็นในลักษณะที่ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ตามหลังค่าผลลัพธ์จริงตลอดเวลาและในส่วนของการกำหนดจำนวนฟัซซีเซตที่ใช้ในการพยากรณ์ ผู้ใช้ยังต้องกำหนดเองอยู่

เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ดีขึ้น มีความแม่นยำมากขึ้น จึงอาจต้องมีการปรับปรุงอัลกอริทึมให้สามารถพยากรณ์แล้วให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์สามารถเปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆ กับค่าผลลัพธ์จริงได้ และปรับปรุงให้ระบบสามารถกำหนดจำนวนฟัซซีเซตที่เหมาะสมให้กับลักษณะข้อมูลในการพยากรณ์ได้ เพื่อความสะดวกในการใช้งานและเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการพยากรณ์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] พยุง มีสัจ. (2553). **แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับฟัซซีลอจิก**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://202.44.34.134/teacher/FileDL/phayung136255312205.pdf.

[2] Ajoy Kumar Palit * and D. Popovic. (1999). **Fuzzy logic based automatic rule generation and forecasting of time series**. [Online]. Available: http://vhdl.medan-sites.com/web/files/Download/palit-FUZZ-IEEE1999.pdf

[3] John Yen and Reza Langari. (1998). **Fuzzy logic intelligence, control and information**. New Jersey: Prentice Hall.

[4] Tomoharu Nakashima, Gaku Nakai and Hisao Ishibushi. (2000). **Improving the performance of fuzzy classification systems by membership function learning and feature selection**. [Online]. Available: http://62.49.17.3/~streetm/wcci_2002/FUZZ02/PDFFiles/Papers/4241.PDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวกัญญณัช เฉลิมชุติปภา

วัน เดือน ปี เกิด 15 สิงหาคม 2531

ที่อยู่ เลขที่ 136 ถนนสุขุมวิท 105 ซอยลาซาล 32 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260

ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ นางสาวขวัญชนก ตีรถะ

วัน เดือน ปี เกิด 31 สิงหาคม 2531

ที่อยู่ เลขที่ 91/8 ถนนทรงพล ตำบลบ้านโป่ง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี 70110

ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้