ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

การพยากรณ์โดยใช้เทคนิคนิวโรฟัซซี

NEURO-FUZZY TECHNIQUE FOR PREDICTION

โดย

หทัยรัตน์ มีวันดี

HATHAIRAT MEEWANDEE

H003346

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อาริต ธรรมโน

วัน เดือน ปี 22 พ.ค. 2550
เลขทะเบียน 03346
เลขเรียกหนังสือ วน. ห136 ก 2549
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."

b 11762658
i 12925267

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549

NEURO-FUZZY TECHNIQUE FOR PREDICTION

HATHAIRAT MEEWANDEE

A SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1/ 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2006

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	**การพยากรณ์โดยใช้เทคนิคนิวโรฟัซซี**
นักศึกษา	**นางสาวหทัยรัตน์ มีวันดี**
รหัสประจำตัว	47066138
ปริญญา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**เทคโนโลยีสารสนเทศ**
พ.ศ.	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	**รศ.ดร.อาริต ธรรมโน**

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการพยากรณ์มีความสำคัญต่อองค์กรทางธุรกิจเนื่องจากเป็นแนวทางในการดำเนินธุรกิจ การพยากรณ์มีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่ในการศึกษาครั้งนี้สนใจการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคนิวโรฟัซซี ซึ่งเป็นการพยากรณ์ที่ประกอบด้วยระบบนิวโรฟัซซีและหลักการทางเจเนติกอัลกอริทึม โดยแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการพัฒนากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีของระบบนิวโรฟัซซี เพื่อให้ได้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ดีที่สุดมาใช้ในระบบพยากรณ์ ในส่วนที่สองนำกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ได้จากส่วนแรกมาฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซีเพื่อทำการปรับพารามิเตอร์บางตัวของระบบ ทำให้ระบบสามารถพยากรณ์ข้อมูลได้อย่างแม่นยำ จากการศึกษาพบว่ายังมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการพยากรณ์ข้อมูล เช่น จำนวนข้อมูล จำนวนอินพุต และค่าความผิดพลาด โดยพบว่าหากทำการเพิ่มปัจจัยดังกล่าวมากเกินไปแล้วจะทำให้การพยากรณ์ใช้เวลานานและผลที่ได้ไม่ดีไปกว่าเดิม โดยผลการทดลองที่ได้พบว่าสามารถพยากรณ์ข้อมูลได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Neuro-fuzzy Technique for Prediction
Student	Miss Hathairat Meewandee
Student ID	47066138
Degree	Master of Science
Programme	Information Technology
Year	2006
Advisor	Assoc.Prof.Dr.Arit Thammano

ABSTRACT

Nowadays, prediction is important for business organization due to it was used as a trace in business. There are many ways to predict but in this study interests neuro-fuzzy technique which comprises Neuro-fuzzy System and Genetic Algorithm for prediction. This system is divided in to two parts. In first part, Genetic Algorithm was used to develop the fuzzy rule base of neuro-fuzzy system in order to receive the best fuzzy rule base for use in the prediction system. In second part, the fuzzy rule base derived from first part was used for neuro-fuzzy training in order to adjust some parameters in system. By this technique, system could predict accuracy data. From this study, it was found that there are many factors including number of data, number of input and error value that have an effect to data prediction. In addition, increasing of factors gave worse result and took long time for prediction. From this testing, the result showed that this system could predict output data as same as real data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาระบบงานเรื่อง การพยากรณ์โดยใช้เทคนิคนิวโรฟัซซี (Neuro-fuzzy Technique for Prediction) สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อาริต ธรรมโน ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำการทดลอง รวมทั้งให้ความช่วยเหลือและแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดี ทำให้ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัวและเพื่อนๆ ทุกท่านที่สละเวลาในการให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบงาน จนทำให้โครงการพัฒนาระบบงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

หทัยรัตน์ มีวันดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ทฤษฎีฟัซซีเซตและระบบฟัซซี.....3

2.2 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network).....10

2.3 ระบบนิวโรฟัซซี (Neuro-Fuzzy System) แบบ Mamdani.....14

2.4 ทฤษฎีเจเนติกอัลกอลิทึม (Genetic algorithm (GA)).....16

บทที่ 3 การประยุกต์.....21

3.1 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับระบบนิวโรฟัซซี.....21

3.2 การทำงานโดยการฝึกหัดกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีด้วยเจเนติกอัลกอริทึมและฝึกหัดระบบฟัซซีแบบนิวโรฟัซซี (Neuro-Fuzzy Training).....21

3.3 การทดลองประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับระบบนิวโรฟัซซี.....23

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการศึกษา.....44

4.1 โครงสร้างแบบจำลอง.....44

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การออกแบบโปรแกรม.....47
4.4 อัลกอริทึมในการทำงาน.....48

บทที่ 5 ผลการทดลอง.....51
5.1 การเตรียมข้อมูล.....51
5.2 การทำงานของโปรแกรม.....53
5.3 ผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบ.....59
5.4 ผลที่ได้จากการทดสอบระบบ.....63

บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....67
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....67
6.2 สรุปผลการทดลอง.....67
6.3 ข้อเสนอแนะ.....68

บรรณานุกรม.....69
ประวัติผู้เขียน.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต young ของแต่ละคน.....5

2.2 ตัวอย่างการครอสโอเวอร์ โดยให้ | เป็นจุดที่ใช้ในการครอสโอเวอร์.....19

2.3 ตัวอย่างการมิวเตชัน.....20

3.1 กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีในแต่ละโครโมโซม.....24

3.2 ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม.....26

3.3 โครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 1.....26

3.4 โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1.....26

3.5 โครโมโซมคู่ที่ 2 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1.....27

3.6 โครโมโซมคู่ที่ 3 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1.....27

3.7 โครโมโซมคู่ที่ 4 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1.....27

3.8 โครโมโซมคู่ที่ 5 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1.....27

3.9 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมในรอบที่ 1.....28

3.10 การมิวเตชันของโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ในรอบที่ 1.....30

3.11 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่กับโครโมโซมรุ่นลูกในรอบที่ 1.....31

3.12 โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 1.....32

3.13 โครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 2.....32

3.14 โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2.....32

3.15 โครโมโซมคู่ที่ 2 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2.....33

3.16 โครโมโซมคู่ที่ 3 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2.....33

3.17 โครโมโซมคู่ที่ 4 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2.....33

3.18 โครโมโซมคู่ที่ 5 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2.....33

3.19 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมในรอบที่ 2.....34

3.20 การมิวเตชันของโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ในรอบที่ 2.....36

3.21 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่กับโครโมโซมรุ่นลูกในรอบที่ 2.....36

3.22 โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 2.....37

3.23 โครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 3.....37

3.24 โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3.25 โครโมโซมคู่ที่ 2 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3.....38

3.26 โครโมโซมคู่ที่ 3 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3.....38

3.27 โครโมโซมคู่ที่ 4 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3.....38

3.28 โครโมโซมคู่ที่ 5 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3.....38

3.29 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมในรอบที่ 3.....39

3.30 การมิวเตชันของโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ในรอบที่ 3.....40

3.31 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่กับโครโมโซมรุ่นลูกในรอบที่ 3.....41

3.32 โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 3.....41

5.1 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลชุดที่ 7) ที่ใช้ในการทดลอง.....52

5.2 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลชุดที่ 7) ที่ผ่านการปรับแนวโน้ม (trend) แล้ว.....53

5.3 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลชุดที่ 7) ที่ผ่านการนอร์มอลไลเซชัน.....53

5.4 แสดงค่าความผิดพลาดของข้อมูลแต่ละชุดที่ได้จากการฝึกหัด.....62

5.5 แสดงค่าความผิดพลาดของข้อมูลแต่ละชุดที่ได้การทดสอบ.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เซตปรกติที่แสดงลักษณะอุณหภูมิของห้อง....3

2.2 ฟัซซีเซตที่แสดงลักษณะอุณหภูมิของห้อง....4

2.3 กราฟของฟัซซีเซต young....4

2.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม....6

2.5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมู....6

2.6 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบเกาส์....6

2.7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบซิงเกิลตัน....7

2.8 ฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B....7

2.9 ฟัซซีเซต A OR B....8

2.10 ฟัซซีเซต A AND B....8

2.11 NOT ฟัซซีเซต A....9

2.12 โครงสร้างของระบบนิวโรฟัซซี....14

2.13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian....14

2.14 กลไกการอนุมานฟัซซี (Fuzzy Inference Engine)....16

2.15 แสดงลักษณะของยีนส์, โครโมโซมและประชากร....17

2.16 แบบจำลองการหมุนวงล้อแบบถ่วงน้ำหนัก....19

3.1 การใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อหากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่เหมาะสม....22

3.2 แสดงการฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซีเพื่อหาค่าเอาท์พุต....23

3.3 โครโมโซมที่ใช้ในการทำงาน....24

4.1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian จำนวน 3 ฟังก์ชัน....46

4.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian จำนวน 5 ฟังก์ชัน....46

4.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน....47

5.1 แสดงหน้าจอสำหรับการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรมและการฝึกหัด....54

5.2 แสดงหน้าจอสำหรับเปิดแฟ้มข้อมูลที่ต้องการนำมาฝึกหัด....55

5.3 แสดงหน้าจอที่พร้อมทำการฝึกหัดให้กับระบบ....56

5.4 แสดงหน้าจอที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรมและการฝึกหัดระบบ....56

5.5 แสดงหน้าจอสำหรับบันทึกข้อมูล หลังจากทำการฝึกหัดเสร็จแล้ว....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.6 แสดงหน้าจอที่เลือก pattern ที่ต้องการทดสอบแล้ว....58

5.7 แสดงหน้าจอที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบระบบ....58

5.8 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 1....59

5.9 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 2....59

5.10 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 3....60

5.11 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 4....60

5.12 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 5....61

5.13 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 6....61

5.14 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 7....62

5.15 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 1....63

5.16 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 2....63

5.17 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 3....64

5.18 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 4....64

5.19 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 5....65

5.20 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 6....65

5.21 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 7....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากขึ้น ทำให้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลาย เช่น งานทางด้านการแพทย์, งานทางด้านการศึกษา, งานทางด้านการทหารและงานทางด้านธุรกิจ เป็นต้น โดยเฉพาะกับงานทางด้านธุรกิจเนื่องจากงานทางด้านนี้มีข้อมูลเกิดขึ้นมากมาย แต่องค์กรส่วนใหญ่ไม่สามารถนำข้อมูลที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ จึงต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับองค์กร ดังนั้นจึงได้มีการนำข้อมูลที่มีอยู่ทั้งในอดีตและปัจจุบันมาทำการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต ซึ่งเป็นการพยากรณ์ข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ โดยการพยากรณ์มีความสำคัญต่อการวางแผนและการตัดสินใจในองค์กร เช่น การพยากรณ์ยอดขายในอนาคต, การพยากรณ์การใช้วัตถุดิบที่มีอยู่เพื่อผลิตสินค้าหรือบริการและการพยากรณ์การชำรุดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น ซึ่งการพยากรณ์สามารถค้นหาแนวโน้มที่เป็นไปได้เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการดำเนินการทางธุรกิจในอนาคต

ในส่วนของการพยากรณ์ที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำระบบนิวโรฟัซซี (Neuro-Fuzzy Systems) ร่วมกับหลักการของเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorirthm) มาใช้พยากรณ์ข้อมูล ในการเรียนรู้ด้วยตัวเองของระบบนิวโรฟัซซีประกอบไปด้วยการเรียนรู้ที่มีการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้เพื่อพัฒนากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี (Fuzzy Rule-Base) ของระบบนิวโรฟัซซี ซึ่งทำให้ได้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี (Fuzzy Rule-Base) ที่ดีที่สุดมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลและใช้การฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซี (Neuro-Fuzzy Training) ในการปรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

การพัฒนาโปรแกรมโดยการจำลองระบบนิวโรฟัซซีร่วมกับหลักการของเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบนี้ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการนำมาประยุกต์ใช้งานสำหรับพยากรณ์ข้อมูลทางธุรกิจ น่าจะเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจและการหาทิศทางของเป้าหมายทางธุรกิจได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การพัฒนาระบบสารสนเทศนี้มีวัตถุประสงค์คือ

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมโดยใช้หลักการของระบบนิวโรฟัซซีร่วมกับหลักการของเจเนติกอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ทางธุรกิจ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาโครงการนี้มีกำหนดขอบเขตในการศึกษาเป็นการพัฒนาระบบด้วยระบบนิวโรฟัซซีร่วมกับหลักการของเจเนติกอัลกอริทึม เพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูล โดยทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าจริงของข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดสอบระบบ

โดยขอบเขตของการศึกษาหลัก ๆ ประกอบด้วย

1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัดระบบและทดสอบระบบเป็นข้อมูลแบบ offline

1.3.2 ไฟล์ข้อมูลต้องเป็น file.txt และข้อมูลที่บันทึกในไฟล์ต้องมีเพียงข้อมูลที่ต้องการใช้ในการฝึกหัดระบบและทดสอบระบบเท่านั้น

1.3.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้ในการแปลงค่าอินพุตให้เป็นค่าฟัซซี กำหนดให้เท่ากับ 3

1.3.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้ในขั้นตอน aggregation กำหนดให้เท่ากับ 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เรียนรู้กระบวนการพยากรณ์ข้อมูล โดยใช้ระบบนิวโรฟัซซีร่วมกับหลักการของเจเนติกอัลกอริทึม

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการนำหลักการทั้งสองมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลทางธุรกิจ

1.4.3 เพิ่มประสิทธิภาพให้กับธุรกิจนั้น ๆ โดยสามารถนำแนวโน้มข้อมูลที่พยากรณ์ได้ไปใช้เป็นแนวโน้มในการดำเนินงานทางธุรกิจ

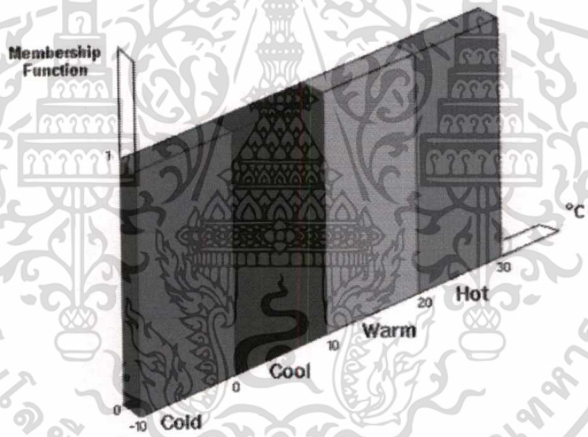
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีฟัซซีเซตและระบบฟัซซี

2.1.1 ฟัซซีเซต (Fuzzy set)

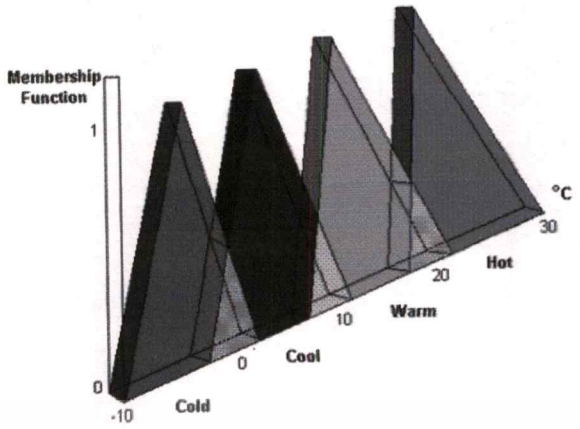
ฟัซซีเซตเป็นส่วนขยายของเซตปรกติ (Crisp set) โดยฟัซซีเซตจะมีลักษณะตามฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ซึ่งจะใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในการแปลงค่าสมาชิกของเอกภพสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 [0, 1] โดยค่า 0 หมายถึง ไม่ได้มีส่วนร่วมอยู่ในสมาชิกของเซตเลย, 1 หมายถึง มีส่วนที่เป็นสมาชิกของเซตอย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างของเซตปรกติที่แสดงลักษณะอุณหภูมิของห้อง



รูปที่ 2.1 เซตปรกติที่แสดงลักษณะอุณหภูมิของห้อง

โดยลักษณะของเซตปรกติมีข้อจำกัดที่ว่าเซตปรกติมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้เพียงเซตเดียว ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮต์มีค่าความเป็นสมาชิกในเซต 'cool' เป็น 1 และมีค่าความเป็นสมาชิกในเซตอื่น ๆ เป็น 0 มีความหมายว่า ที่อุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮต์เป็นสมาชิกของเซต 'cool' เพียงเซตเดียว (ซึ่งในความเป็นจริงที่อุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮต์ อาจจะเป็น 'cold' หรือ 'cool' ก็ได้ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องนิยามระบบของเราด้วยฟัซซีเซต) ซึ่งเราไม่สามารถนิยามได้อย่างชัดเจนว่าจาก 'warm' ไปเป็น 'hot' องศาฟาเรนไฮต์ใดเป็นองศาที่ใช้แบ่งเนื่องจากในความเป็นจริงแล้วอุณหภูมิที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ จะค่อย ๆ เปลี่ยนจาก 'warm' ไปเป็น 'hot' โดยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ถูกอธิบายได้ชัดเจนกว่าโดยใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟัซซีเซตสามารถอธิบายข้อมูลเดียวกันนี้และสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

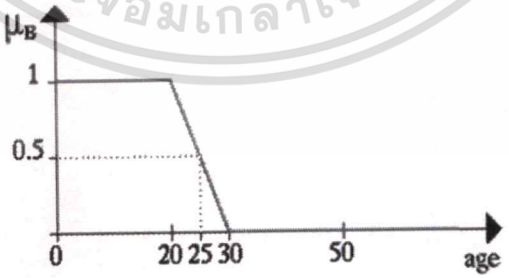


รูปที่ 2.2 ฟัซซีเซตที่แสดงลักษณะอุณหภูมิของห้อง

โดยหลักการทั้งหมดนี้สามารถแสดงให้เห็นเป็นตัวอย่างได้ เช่น เมื่อพูดถึงความอ่อนเยาว์ของคน ในกรณีนี้ให้เซต S (เป็นเอกภพสัมพันธ์) เป็นเซตของคนทั้งหมด โดยฟัซซีเซต young ถูกนิยามขึ้น เพื่อตอบคำถามที่ว่า x มีค่าความอ่อนเยาว์เป็นเท่าไหร่ โดยเราต้องคิดค่าความเป็นสมาชิกที่อยู่ในฟัซซีเซต young ของแต่ละคนที่อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ วิธีที่ง่ายที่สุดที่ก็คือใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของคนคนนั้น

$$young(x) = \begin{cases} 1 & \text{if age(x)} <= 20 \\ (30 - \text{age(x)})/10 & \text{if } 20 < \text{age(x)} <= 30 \\ 0 & \text{if age(x)} > 30 \end{cases} \qquad (2.1)$$

จากสมการที่ 2.1 จะได้กราฟดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟของฟัซซีเซต young

จากสมการที่ 2.1 จะได้ตัวอย่างดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต young ของแต่ละคน

Person	Age	Degree of young
Johan	10	1.00
Edwin	21	0.90
Parthiban	25	0.50
Arosha	26	0.40
Chin Wei	28	0.20
Rajkumar	83	0.00

จากสมการที่ 2.1 จะได้ค่าฟัซซีเซต young ของ Parthiban เป็น 0.50

2.1.2 ฟัซซีลอจิก

ในตรรกศาสตร์แบบเดิม (classical logic) นั้นถือว่าทุกสิ่งสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของ binary term (เช่น 0 หรือ 1, ดำหรือขาว, ใช่หรือไม่ใช่) ได้ ส่วนฟัซซีลอจิกแทนค่าความจริงของตรรกศาสตร์แบบเดิมด้วยค่าความเป็นจริง (degree of truth) ที่คล้ายกับค่าความน่าจะเป็น โดยค่าความเป็นจริงของฟัซซีลอจิกไม่จำเป็นต้องเพิ่มขึ้นถึงร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่จะยอมให้เพิ่มค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งฟัซซีลอจิกจะมีลักษณะเป็นเหมือนสีเทาและอาศัยหลักการของ อาจจะ, บางที, ค่อนข้าง ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำให้ฟัซซีลอจิกยอมให้สมาชิกบ้างส่วนอยู่ในเซตได้ โดยฟัซซีเซตและฟัซซีลอจิกนี้ถูกคิดขึ้นในปี 1965 โดย Dr. Lotfi Zadeh ของ Berkeley

2.1.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ถ้าให้ U เป็นเซตเอกภพสัมพัทธ์ (Universal set) ที่เป็นเซตปรกติ โดยที่ $\mu_A(x)$ เป็นค่าความเป็นสมาชิกของ x ในเซตปรกติ A ในเอกภพสัมพัทธ์ U จะได้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังนี้

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \textit{if and only if} \quad x \in A \\ 0 & \textit{if and only if} \quad x \notin A \end{cases} \tag{2.2}$$

ฟัซซีเซต A ในเอกภพสัมพัทธ์ U สามารถนิยามได้ดังนี้

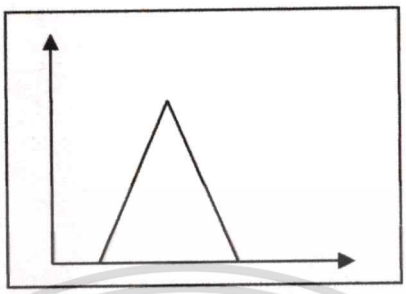
$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in U\} \tag{2.3}$$

ให้ $\mu_A(x)$ เป็นค่าความเป็นสมาชิกของ x ในฟัซซีเซต A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

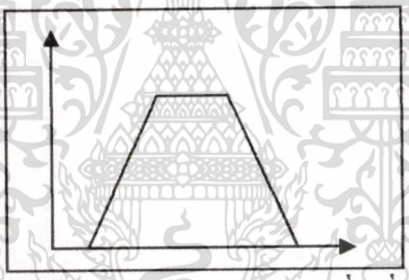
ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกใช้เพื่อแสดงขอบเขตของค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละฟัซซีเซต ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้ในฟัซซีลอจิกมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น

- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม (Triangular membership function)



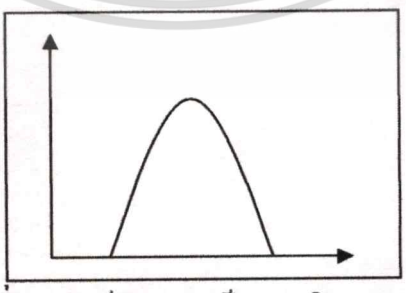
รูปที่ 2.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal membership function)



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมู

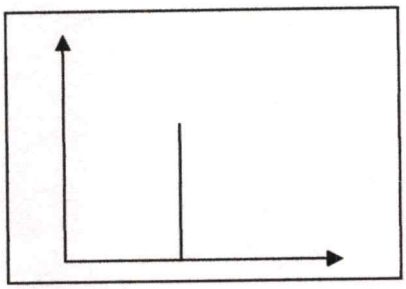
- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบเกาส์ (Gaussian membership function)



รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบเกาส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

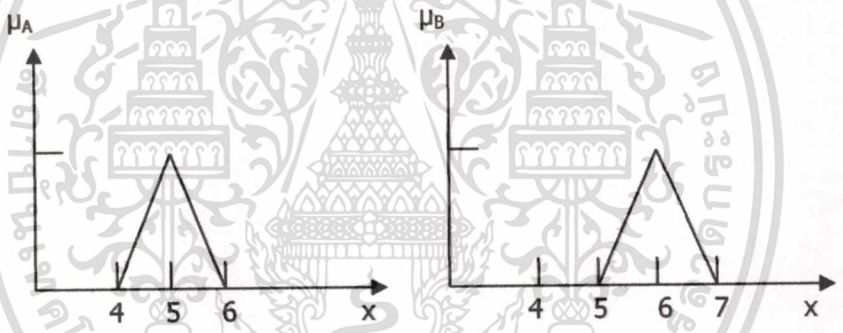
- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบซิงเกิลตัน (Singleton membership function)



รูปที่ 2.7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบซิงเกิลตัน

2.1.4 การดำเนินการในฟัซซีเซต (Operation of fuzzy sets)

ให้ A และ B เป็นฟัซซีเซตใน U ที่มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ μ_A และ μ_B ตามลำดับ



รูปที่ 2.8 ฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B

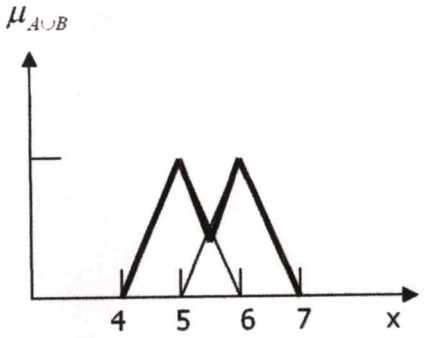
การดำเนินการพื้นฐานของฟัซซีมีดังนี้

- Union หรือ OR

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของสองฟัซซีเซต A และ B ที่ union กัน ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็น μ_A และ μ_B ตามลำดับ โดยถูกนิยามให้เป็นค่าที่มากที่สุดของทั้งสองฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

$$\mu_{A\cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ฟัซซีเซต A OR B

การดำเนินการ union ในทฤษฎีฟัซซีเซตเปรียบได้กับการดำเนินการ OR ใน Boolean algebra

- Intersection หรือ AND

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของสองฟัซซีเซต A และ B ที่ intersection กัน ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็น μ_A และ μ_B ตามลำดับ โดยถูกนิยามเป็นค่าที่น้อยสุดของทั้งสองฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

$$\mu_{A\cap B}(x) = \min\left[\mu_A(x), \mu_B(x)\right] \tag{2.5}$$

รูปที่ 2.10 ฟัซซีเซต A AND B

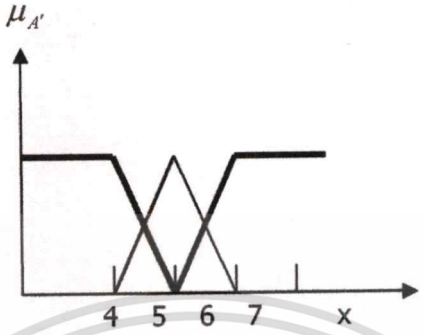
การดำเนินการ intersection ในทฤษฎีฟัซซีเซตเปรียบได้กับการดำเนินการ AND ใน Boolean algebra

- Complement หรือ NOT

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Complement ของฟัซซีเซต A ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก μ_A โดยถูกนิยามเป็นนิเสธของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ระบุไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \tag{2.6}$$



รูปที่ 2.11 NOT ฟัซซีเซต A

การดำเนินการ Complement ในทฤษฎีฟัซซีเซตเปรียบได้กับการดำเนินการ NOT ใน Boolean algebra

2.1.5 ระบบฟัซซี

ระบบฟัซซีเป็นระบบที่ใช้หลักการของฟัซซีเซตและฟัซซีลอจิก ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของระบบฟัซซี มีดังนี้

2.1.5.1 ตัวฟัซซีฟายเออร์ (Fuzzifier) ทำหน้าที่แปลงค่าอินพุต (input) ที่เป็นค่าปรกติให้เป็นค่าฟัซซี

2.1.5.2 กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีเป็นชุดของ fuzzy IF-THEN rule หลายๆ ชุด ซึ่งประกอบด้วยความรู้และประสบการณ์ของผู้ชำนาญในระบบนั้นๆ ว่าถ้าเงื่อนไขเป็นแบบนี้ควรทำอย่างไร

2.1.5.3 กลไกการอนุมานฟัซซี (Fuzzy Inference Engine) เป็นการใช้หลักการของฟัซซีลอจิกในการหาค่าเอาท์พุต (output) ที่ค่าเป็นแบบฟัซซี โดยใช้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีเข้ามาช่วยควบคุมกระบวนการให้ได้ดีที่สุด

2.1.5.4 ตัวดีฟัซซีฟายเออร์ (Defuzzifier) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแปลงค่าเอาท์พุตที่เป็นค่าฟัซซีให้เป็นค่าปรกติ เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม

2.2.1 หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองการประมวลผล (computational model) เพื่อใช้ประมวลผลข้อมูล โดยจะขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อโดยเทคนิคต้นแบบได้มาจากโครงข่ายประสาททางชีววิทยาในสมองของมนุษย์ โดยโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยกลุ่มของนิวรอล (Neuron) ที่มีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล โดยแต่ละนิวรอลจะเชื่อมต่อกันด้วย weight เพื่อทำการรับและส่งข้อมูลเหมือนกับโครงข่ายประสาทสมองของมนุษย์

2.2.2 องค์ประกอบของโครงข่ายประสาทเทียม

2.2.2.1 หน่วยประมวลผลข้อมูล (Processing units) หรือโหนด

โดยแต่ละโหนดสามารถมีอินพุตได้หลายค่าแต่มีเอาท์พุตได้เพียงค่าเดียว ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มโหนดได้ดังนี้

- ชั้นอินพุต (Input unit : X) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากภายนอกเข้ามา โดยจำนวนของโหนดเท่ากับอินพุตที่รับเข้ามา ซึ่งอินพุตอาจเป็นค่าปรกติหรืออาจเป็นค่าที่ถูกปรับให้อยู่ระหว่างช่วง [0,1] หรือ [-1,1] ขึ้นอยู่กับรูปแบบของโครงข่าย
- ชั้นซ่อน (Hidden unit) เป็นชั้นกลางระหว่างชั้นอินพุตและชั้นเอาท์พุต ทำหน้าที่ทั้งรับและส่งข้อมูลภายในโครงข่าย สามารถมีได้มากกว่า 1 ชั้น
- ชั้นเอาท์พุต (Output unit : Y) ทำหน้าที่ส่งค่าที่คำนวณได้ออกนอกโครงข่าย ซึ่งก็คือคำตอบที่ได้จากทำงานของโครงข่ายนั่นเอง

2.2.2.2 Weight

เป็นค่าที่ใช้บอกว่าอินพุตที่เข้ามามีความสำคัญมากน้อยแค่ไหน ถ้าการเชื่อมต่อมีค่า weight มากอินพุตที่เข้ามาก็มีความสำคัญมาก แต่ถ้าการเชื่อมต่อมีค่า weight น้อยอินพุตที่เข้ามาก็มีความสำคัญน้อย โดย weight อาจจะมีค่าเป็นบวก (กระตุ้น) หรืออาจจะมีค่าเป็นลบ (ยับยั้ง) ได้

2.2.2.3 ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function)

ฟังก์ชันกระตุ้นที่ได้รับความนิยมได้แก่ sigmoid function ซึ่งมีสมการดังนี้

$$g(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าที่ได้จากการผ่าน sigmoid function มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จากนั้นแต่ละโหนดจะส่งค่าที่ได้ไปยังชั้นถัดไป จนกว่าจะถึงชั้นเอาท์พุตซึ่งถือว่าสิ้นสุดการคำนวณ

2.2.2.4 คำนวณหาค่าเอาท์พุตของแต่ละโหนดในโครงข่าย โดยแบ่งออกเป็น

- ในชั้นอินพุต ค่าอินพุตและค่าเอาท์พุตเป็นค่าเดียวกัน คือเป็นค่าที่ได้รับจากภายนอก
- ในชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุต ค่าอินพุตได้จากการรวมผลคูณของค่า weight กับเอาท์พุตของชั้นก่อนหน้านี้

$$A_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ji} x_i \tag{2.8}$$

จากนั้นให้นำ A_j ที่ได้ไปผ่านฟังก์ชันกระตุ้น

2.2.3 ลักษณะการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

สามารถแบ่งการเรียนรู้ได้ 2 แบบ คือ การเรียนรู้แบบมีผู้ช่วย (Supervised Learning) และการเรียนรู้แบบไม่มีการผู้ช่วย (Unsupervised Learning)

2.2.3.1 การเรียนรู้แบบมีผู้ช่วย (Supervised Learning)

การเรียนรู้แบบมีผู้ช่วยจะมีการกำหนดอินพุตและเอาท์พุตที่ต้องการ เมื่อทำการป้อนอินพุตให้กับโครงข่ายแล้ว โครงข่ายจะทำการประมวลผลจนได้เอาท์พุตและ weight ออกมาชุดหนึ่งสำหรับเอาท์พุตที่หาได้ (Actual output) จะถูกนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาด โดยหาได้จากการนำเอาท์พุตที่ต้องการ (Target Output) ลบด้วยเอาท์พุตที่หาได้จริง ถ้าค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่าสูงจนไม่สามารถยอมรับได้ ก็จะต้องมีการปรับ weight ไปจนกว่าจะได้ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้จึงหยุดการฝึกหัดโครงข่าย จุดสำคัญที่ทำให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้คือช่วงการปรับ weight ซึ่งจะทำให้ตอบสนองต่ออินพุตใหม่ ๆ ได้ ถึงแม้ว่าอินพุตจะคลาดเคลื่อนจากรูปแบบเดิมก็ตาม

2.2.3.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้ช่วย (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้แบบไม่มีผู้ช่วย เมื่อใส่ค่าอินพุตเข้าสู่โครงข่ายแล้ว โครงข่ายจะพยายามจัดกลุ่มอินพุตที่มีลักษณะเดียวกันและให้เอาท์พุตออกมาที่เดียวกัน โดยภายในโครงข่ายจะมีเอาท์พุตโหนดอยู่หลายโหนด โดยแต่ละโหนดจะแทนกลุ่มข้อมูลที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน เมื่อป้อนอินพุตให้กับโครงข่าย โครงข่ายจะพยายามจัดกลุ่ม โดยดูว่าอินพุตที่ใส่เข้าไปมีลักษณะใกล้เคียงกับเอาท์พุตใดก็ให้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกลุ่มเดียวกับเอาท์พุตนั้น โดยวิธีนี้ไม่สามารถระบุเอาท์พุตที่ถูกต้องได้ว่าโหนดใดเป็นข้อมูลของกลุ่มใด

2.2.4 อัลกอริทึมที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียม

- ทฤษฎีการแพร่ย้อนกลับ (Back-propagation Algorithm)

การแพร่ย้อนกลับถือเป็นหนึ่งในวิธีการเรียนรู้บนโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีการเชื่อมโยงในแต่ละชั้นแบบ fully (นั่นคือ ทุกโหนดที่อยู่ในชั้นอินพุตเชื่อมต่อกับทุกโหนดในชั้นถัดไป เป็นเช่นนี้ในทุกชั้น) โดยเอาท์พุตที่ป้อนให้กับโครงข่ายจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเอาท์พุตที่เกิดขึ้นจริง เพื่อหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง แล้วนำค่าความผิดพลาดที่ได้มาใช้ปรับค่า weight ระหว่างแต่ละโหนดในโครงข่าย โดยจะทำการปรับย้อนกลับมาจากชั้นเอาท์พุตไปยังชั้นแรกที่ต่อจากชั้นอินพุตหลังจากนั้นป้อนอินพุตตัวใหม่และเอาท์พุตตัวใหม่ให้กับโครงข่ายอีกครั้ง แล้วทำการเปรียบเทียบหาค่าผิดพลาดใหม่ โดยการเรียนรู้จะทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้จะมีค่าที่เข้าใกล้ 0 หรือได้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งขั้นตอนในการฝึกหัดโครงข่ายมีดังนี้

1. กำหนด weight เริ่มต้นจากการสุ่มตัวเลขให้มีค่าน้อยๆ (ปรกติสุ่มระหว่าง -0.5 ถึง 0.5)
2. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการฝึกหัดเข้าสู่ชั้นอินพุต นำค่าเอาท์พุตของชั้นอินพุตมาเป็นค่าอินพุตให้กับชั้นถัดไป ดังนี้

$$I_j = \sum_i w_{ij} O_i \tag{2.9}$$

w_{ij} เป็น weight ของการเชื่อมต่อจาก unit i ไป unit j

O_i เป็นเอาท์พุตของ unit i

หลังจากนั้นนำไปผ่านฟังก์ชันกระตุ้นเพื่อคำนวณหาค่าเอาท์พุตของ unit j

$$O_j = \frac{1}{1+e^{-I_j}} \tag{2.10}$$

3. นำค่าเอาท์พุตที่ได้และเอาท์พุตที่ต้องการ ไปหาค่าความผิดพลาด
   - คำนวณหาค่าความผิดพลาดของแต่ละโหนดที่อยู่ในชั้นเอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Err_k = O_k(1-O_k)(T_k - O_k) \tag{2.11}$$

- คำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดบนชั้นซ่อน

$$Err_j = O_j(1-O_j)\sum_{k=1}^{n} Err_k w_{jk} \tag{2.12}$$

4. ปรับค่า weight ตามค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
   - คำนวณหาค่า weight ที่เปลี่ยนไปของชั้นเอาท์พุต

$$\Delta w_{jk} = \alpha Err_k O_j \tag{2.13}$$

$$w_{jk} = w_{jk} + \Delta w_{jk} \tag{2.14}$$

   - คำนวณหาค่า weight ที่เปลี่ยนไปของชั้นซ่อน

$$\Delta w_{ij} = \alpha Err_j O_i \tag{2.15}$$

$$w_{ij} = w_{ij} + \Delta w_{ij} \tag{2.16}$$

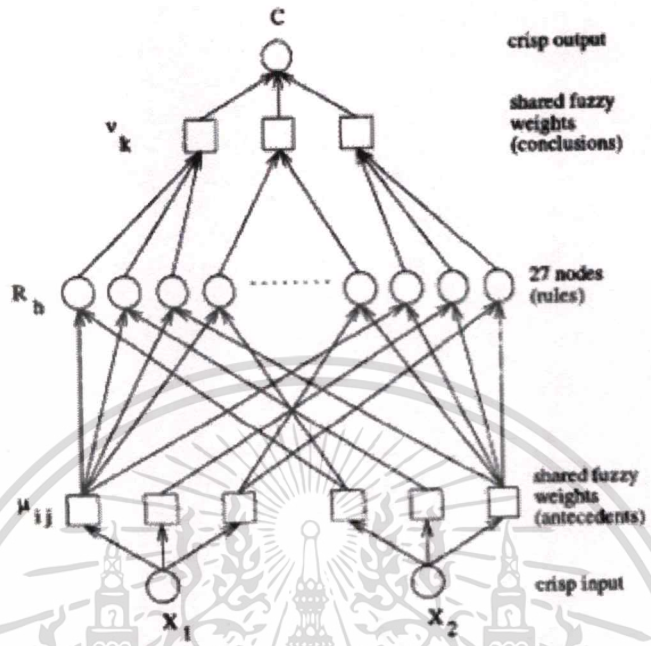
α คือ อัตราการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

5. ให้ทำซ้ำจนกระทั่งได้ค่าความผิดพลาดที่เข้าใกล้ 0 หรือได้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้

เมื่อทำขั้นตอนข้างต้นเสร็จ ให้เลือกตัวอย่างที่ต้องการฝึกหัดอื่นมาทำต่อจนครบ ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมี weight ที่ถูกต้อง สามารถนำข้อมูลต่างๆ มาผ่านโครงข่ายนี้เพื่อหาคำตอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

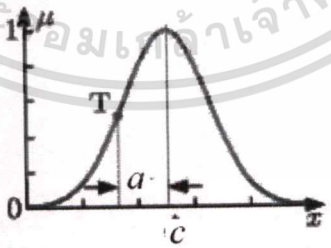
2.3 ระบบนิวโรฟัซซี



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของระบบนิวโรฟัซซี

2.3.1 ขั้นตอนที่ 1 : Fuzzification

ขั้นแรกเป็นการนำอินพุตที่เป็นค่าปรกติมาแปลงให้อยู่ในรูปค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของแต่ละฟัซซีเซต โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบฟัซซีจะมีรูปร่างเป็นแบบ Gaussian bells ดังรูป



รูปที่ 2.13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian

ซึ่งได้จากสมการ

$$Gaussian(x;c,a) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{a}\right)^2} \tag{2.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c เป็น center ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

a เป็นความกว้างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

2.3.2 ขั้นตอนที่ 2 : Rule evaluation

ขั้นตอนที่สองเมื่อได้อินพุตที่เป็นค่าฟัซซีแล้วนำอินพุตที่เป็นค่าฟัซซีที่ได้มาผ่านกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี โดยถ้ากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีมีหลายเงื่อนไขจะมีการนำตัวดำเนินการในฟัซซี (เช่น AND หรือ OR) มาใช้เพื่อทำให้ได้เอาท์พุตเพียงจำนวนเดียว โดยจำนวนที่ได้นี้อยู่ในรูปค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตใหม่

2.3.3 ขั้นตอนที่ 3 : Aggregation

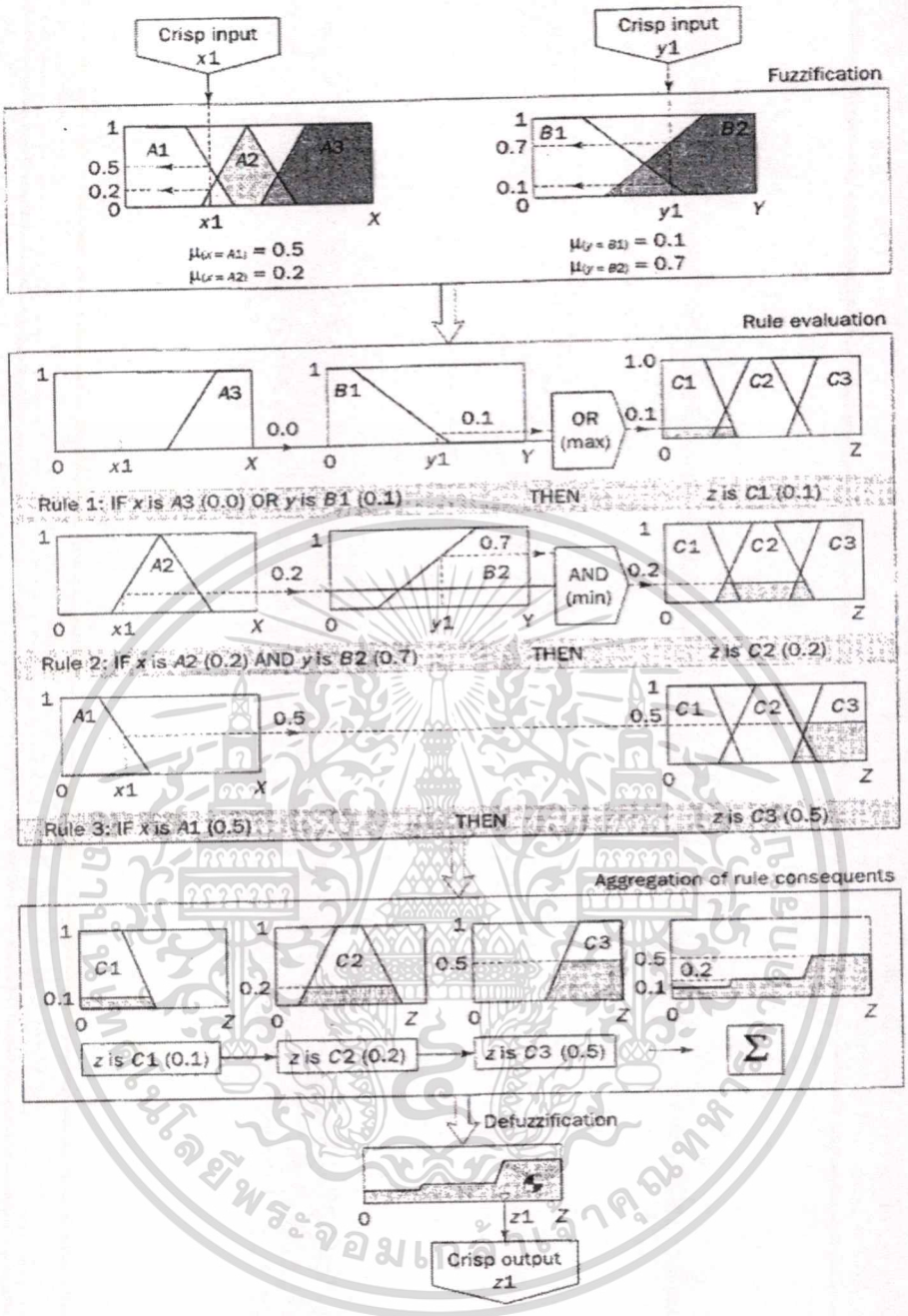
Aggregation เป็นกระบวนการรวมเอาท์พุตที่ได้จากกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีทั้งหมด โดยนำฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่อยู่ในฟัซซีเซตต่าง ๆ ของกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีทั้งหมดมารวมให้อยู่ในฟัซซีเซตเดียวกัน ดังนั้นอินพุตของกระบวนการ aggregation คือรายการของค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตต่าง ๆ ที่จะต้องถูกนำมารวมกันและเอาท์พุต คือ ฟัซซีเซตเดียวที่มีเอาท์พุตต่าง ๆ รวมอยู่ด้วยกัน

2.3.4 ขั้นตอนที่ 4 : Defuzzification

ขั้นตอนสุดท้ายในกลไกการอนุมานฟัซซีคือ defuzzification โดยความเป็นฟัซซีช่วยให้เราสามารถหากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีได้ แต่เอาท์พุตสุดท้ายของระบบฟัซซีจะต้องเป็นค่าปรกติ โดยอินพุตของกระบวนการ defuzzification คือ เอาท์พุตที่ถูกรวมให้อยู่ในฟัซซีเซตเดียวกันและ เอาท์พุต คือ ค่า ๆ หนึ่งที่เป็นค่าปรกติ โดยวิธีที่นำมาใช้หาเอาท์พุตที่เป็นค่าปรกติคือ centroid technique วิธีการก็คือหาจุดตามแนวตั้งที่แบ่งเอาท์พุตที่รวมได้ออกเป็นสองส่วนที่มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์หา centre of gravity (COG) โดยใช้สมการ ดังนี้

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)} \qquad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 กลไกการอนุมานฟัซซี (Fuzzy Inference Engine)

2.4 ทฤษฎีเจเนติกอัลกอลิทึม

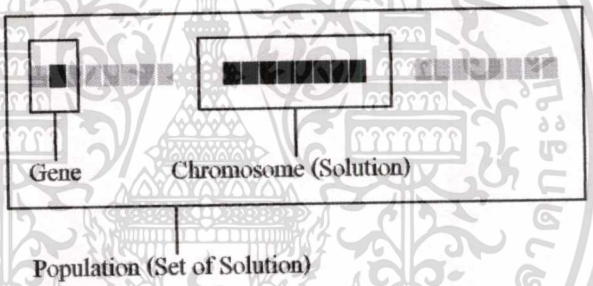
2.4.1 หลักการของเจเนติกอัลกอลิทึม

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับค้นหาคำตอบ (Solution) ของปัญหา โดยอาศัยหลักการจากทฤษฎีวิวัฒนาการทางชีววิทยา และ การคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection) ของสิ่งมีชีวิต โดยสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมที่สุดจึงจะอยู่รอด (fittest survive) ซึ่งกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติได้เปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิตให้เหมาะสมยิ่งขึ้นด้วยตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator) เช่น การสืบพันธุ์ (inheritance หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

reproduction), การกลายพันธุ์ (mutation), การคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection), การแลกเปลี่ยนยีน (recombination หรือ crossover)

เจเนติกอัลกอริทึมถูกสร้างขึ้นจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหา โดยประชากรประกอบด้วยการแทนคำตอบที่เป็นไปได้ให้อยู่ในลักษณะโครโมโซม (chromosome) เพื่อทำการพัฒนาให้เป็นคำตอบที่ดีขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิวัฒนาการ การเปลี่ยนแปลงยีนแบบสุ่ม ด้วยตัวปฏิบัติการทางพันธุกรรมเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น โดยทั่วไปจะแทนคำตอบด้วยเลขฐานสอง (สายอักขระของเลข 0 และ 1) โดยการวิวัฒนาการ (Evolution) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะเริ่มจากประชากรที่ได้จากการสุ่มทั้งหมดและจะทำเป็นรุ่นๆ ซึ่งในแต่ละรุ่น คำตอบหลายชุดจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการกลายพันธุ์ หรือสับเปลี่ยนยีนระหว่างกัน จนได้ประชากรรุ่นใหม่ ที่มีค่าความเหมาะสม (Fitness) มากขึ้น การวิวัฒนาการนี้จะทำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งพบคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมตามต้องการ



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของยีนส์, โครโมโซมและประชากร

2.4.2 ขั้นตอนในการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม

1. ให้รุ่น t=0 เป็นประชากรต้นกำเนิด
2. สร้างประชากรต้นแบบ โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวน n โครโมโซมจากประชากรรุ่นที่ t
3. คำนวณหาค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม x ที่สุ่มตัวอย่างมาจากประชากรรุ่นที่ t โดยใช้ฟังก์ชันความเหมาะสม f(x)
4. สร้างประชากรรุ่นใหม่โดยการทำตามลำดับต่อไปนี้ซ้ำไปมาจนกระทั่งได้ประชากรรุ่นใหม่ที่สมบูรณ์
    1. เลือกโครโมโซมต้นแบบสองโครโมโซมจากประชากร t ตามค่าความเหมาะสม (ค่าความเหมาะสมดีกว่า โอกาสที่จะถูกเลือกก็มากกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการครอสโอเวอร์โครโมโซมต้นแบบด้วยค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอ-เวอร์เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ (โครโมโซมรุ่นที่ t+1) ถ้าไม่มีการครอสโอเวอร์โครโมโซมที่ได้จะคัดลอกมาเหมือนกับโครโมโซมต้นแบบ
3. ทำการมิวเตชันโครโมโซมรุ่นใหม่ (ประชากรรุ่นที่ t+1) ที่แต่ละตำแหน่งในโครโมโซม ด้วยค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชัน
4. วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นใหม่ (โครโมโซมรุ่นที่ t+1) และทำการคัดเลือก เพื่อนำไปเป็นประชากรรุ่นต่อไป

5. ถ้าพอใจกับโครโมโซมที่ได้ให้หยุดทำงานที่ขั้นตอนนี้ จะได้คำตอบที่ดีที่สุดเป็นประชากรรุ่นปัจจุบัน
6. แต่ถ้าไม่พอใจกับโครโมโซมที่ได้ให้กลับไปทำที่ขั้นตอนที่ 2 โดยใช้ประชากรรุ่นใหม่ที่ได้แทนประชากรรุ่นเก่า

2.4.3 การดำเนินการทางเจเนติกอัลกอริทึม

1. การคัดเลือกประชากร (Population Selection)

การคัดเลือกประชากรเป็นขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรรุ่นเก่าให้มาเป็นประชากรต้นแบบ สามารถทำได้โดยการดูที่ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้นว่าตรงตามความต้องการหรือเป็นที่น่าพอใจหรือไม่ จากนั้นก็จะคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดังกล่าวมาเก็บไว้เป็นประชากรต้นแบบซึ่งจะคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่ม โดยทั่วไปการคัดเลือกประชากรจะใช้วิธีที่เรียกว่าแบบจำลองการหมุนวงล้อแบบถ่วงน้ำหนัก (Roulette wheel) ในการสุ่มโครโมโซมต้นแบบ โดยมีการแบ่ง Roulette Wheel ออกเป็นส่วน ๆ ทั้งหมด N ส่วนหรือเท่ากับจำนวนประชากรที่ทำการสุ่มเลือกมาและกำหนดขนาดแต่ละช่องของวงล้อตามความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้ในแต่ละครั้ง ดังนี้

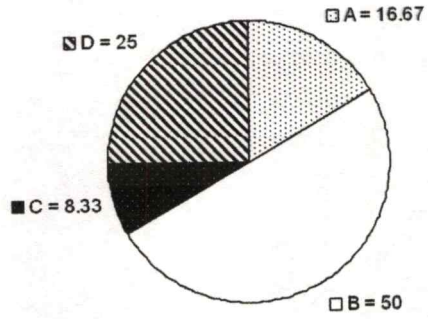
$$pselect_i = \frac{F_i}{\sum F} \tag{2.19}$$

ให้ $pselect_i$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มโครโมโซม i ได้

F_i คือ ค่าความเหมาะสมของโครโมโซม i

$\sum F$ คือ ผลบวกของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แบบจำลองการหมุนวงล้อแบบถ่วงน้ำหนัก

2. การครอสโอเวอร์ (Crossover)

การครอสโอเวอร์เป็นการนำโครโมโซม 2 โครโมโซมมาแลกเปลี่ยนสายอักขระระหว่างกัน เพื่อสร้างโครโมโซมใหม่ที่จะนำไปใช้สำหรับการคัดเลือกในครั้งถัดไป

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการครอสโอเวอร์ โดยให้ | เป็นจุดที่ใช้ในการครอสโอเวอร์

Chromosome 1	11011|00100110110
Chromosome 2	11011|11000011110
Offspring 1	11011|11000011110
Offspring 2	11011|00100110110

หลักการในการครอสโอเวอร์มีดังนี้

1. สมาชิกของสายอักขระใหม่ที่คัดเลือกต้องอยู่ใน Mating Pool
2. แต่ละชุดของสายอักขระจะทำการครอสโอเวอร์ ณ ตำแหน่งที่ k ซึ่งตำแหน่งนี้จะอยู่ระหว่าง 1 ถึงความยาวของสายอักขระ -1 โดยการสลับตำแหน่งเพื่อทำการครอสโอเวอร์จะอยู่ในระหว่างตำแหน่งที่ k+1 เช่น

Chromosome 1 11011|00100110110

Chromosome 2 11011|11000011110

โดยจุดที่ใช้ในการครอสโอเวอร์ได้จากการสุ่ม ซึ่งจะสุ่มตัวเลขที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 และในกรณีนี้สุ่มได้ k=5 ดังนั้นจึงทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลกเปลี่ยนสายอักขระในตำแหน่งที่ k+1 ซึ่งเท่ากับตำแหน่งที่ 6 โดยให้ | เป็นจุดที่ใช้ในการครอสโอเวอร์ จะได้โครโมโซมใหม่เป็น

Offspring 1 11011|11000011110

Offspring 2 11011|00100110110

3. การมิวเตชัน (Mutation)

การมิวเตชันเป็นการเปลี่ยนค่าที่อยู่บนสายอักขระที่ทำการครอสโอเวอร์แล้วแบบสุ่ม ในกรณีการมิวเตชันของเลขฐานสอง เราสามารถสุ่มตำแหน่งที่ต้องการเปลี่ยนและสามารถเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1 ได้ โดยทำให้ได้โครโมโซมใหม่ที่มีสายพันธุ์ต่างจากเดิม

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการมิวเตชัน

Original offspring 1	1101111000011110
Original offspring 2	11011001001101l0
Mutated offspring 1	1100111000011110
Mutated offspring 2	1101101100110110

โดยเจเนติกอัลกอริทึมทำขั้นตอนข้างต้นที่กล่าวมาไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่ตรงตามเงื่อนไขที่ได้ตกลงไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การประยุกต์

3.1 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับระบบนิวโรฟัซซี

การนำเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนิวโรฟัซซีนั้นมีทิศทางในการพัฒนาการทำงาน โดยทำการพัฒนากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีด้วยเจเนติกอัลกอริทึมและใช้การฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซีในการปรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

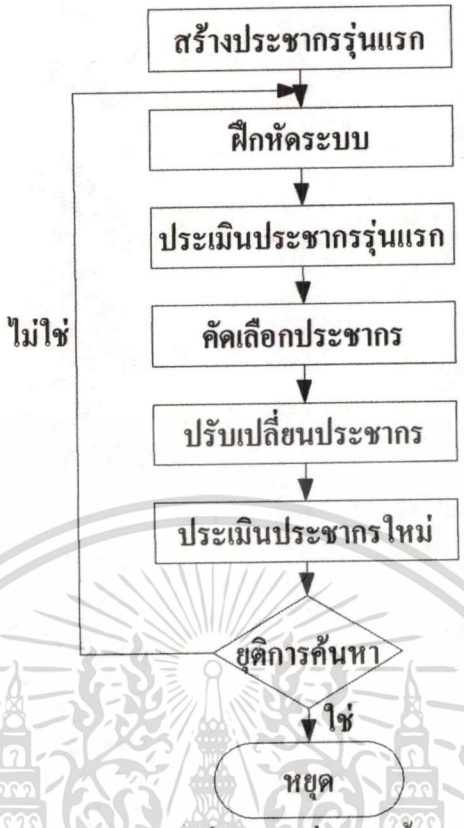
โดยการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับระบบนิวโรฟัซซีนั้นจะต้องมีการแปลงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบนิวโรฟัซซี ให้อยู่ในรูปของโครโมโซม

3.2 การทำงานโดยการฝึกหัดกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีด้วยเจเนติกอัลกอริทึมและฝึกหัดระบบฟัซซีแบบนิวโรฟัซซี

3.2.1 สำหรับการฝึกหัดกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีด้วยเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด
2. สร้างประชากรเริ่มต้น โดยสุ่มกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีและนำกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ได้มาสร้างเป็นโครโมโซม โดยให้มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับจำนวนประชากรที่ได้ทำการสุ่มเลือกไว้ในขั้นตอนที่ 1
3. คำนวณเอาท์พุตของระบบและนำเอาท์พุตที่ได้นั้น มาคำนวณหาค่าความเหมาะสม
4. คัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมตามที่ต้องการ 2 โครโมโซม จากนั้นทำการแลกเปลี่ยนด้วยการครอสโอเวอร์
5. นำโครโมโซมที่ได้ทำการครอสโอเวอร์แล้วนั้นมาปรับเปลี่ยนด้วยการมิวเตชัน จากนั้นคำนวณค่าความเหมาะสมของโครโมโซมใหม่ จนได้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



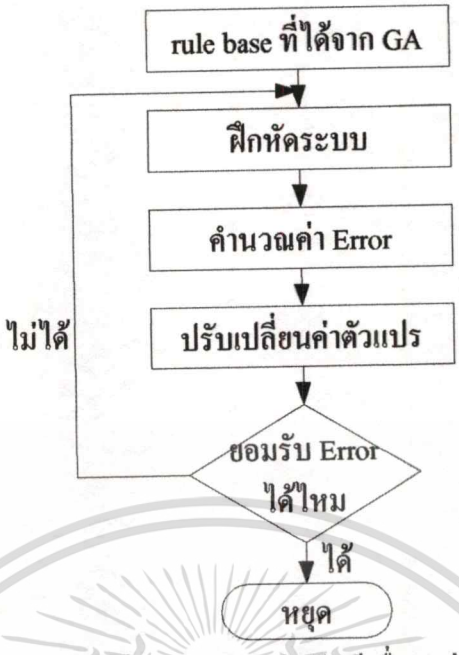
รูปที่ 3.1 การใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อหากฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่เหมาะสม

จากนั้นเมื่อได้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่เหมาะสมจากขั้นตอนการฝึกหัดระบบด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแล้ว จะทำการฝึกหัดระบบฟัซซีด้วยการฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซี

3.2.2 สำหรับการฝึกหัดระบบฟัซซีด้วยการฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซี ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำโครโมโซมที่ได้จากขั้นตอนการฝึกหัดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้เป็นกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีของระบบ
2. ทำการฝึกหัดระบบด้วยการฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซี
3. หาค่าความผิดพลาดระหว่างเอาท์พุตที่คาดว่าจะได้รับกับเอาท์พุตที่ได้จากระบบ
4. ทำการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในแต่ละรอบของการฝึกหัดด้วยค่าความผิดพลาด
5. ทำจนกว่าจะได้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการฝึกหัดแบบนิวโรฟัซซีเพื่อหาค่าเอาท์พุต

3.3 การทดลองประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับระบบนิวโรฟัซซี

3.3.1 การกำหนดตัวแปร

สำหรับการทดลองนี้ได้มีการกำหนดตัวแปรสำหรับใช้ในการทำงาน ดังนี้

- กำหนดรูปแบบการนำเสนอโครโมโซมให้อยู่ในรูปของกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี
- ค่าความเหมาะสม (Fitness Function) คือ 1/sum error ของโครโมโซมที่ผ่านระบบนิวโรฟัซซี
- จำนวนรอบที่กำหนดให้หยุดการฝึกหัดระบบ เมื่อระบบไม่สามารถให้ค่าเอาท์พุตที่ทำให้ได้ค่าความผิดพลาดน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ผู้ใช้กำหนดได้ โดยกำหนดให้เท่ากับ 300 รอบ
- กำหนดให้อัตราการเรียนรู้ของระบบเท่ากับ 0.05

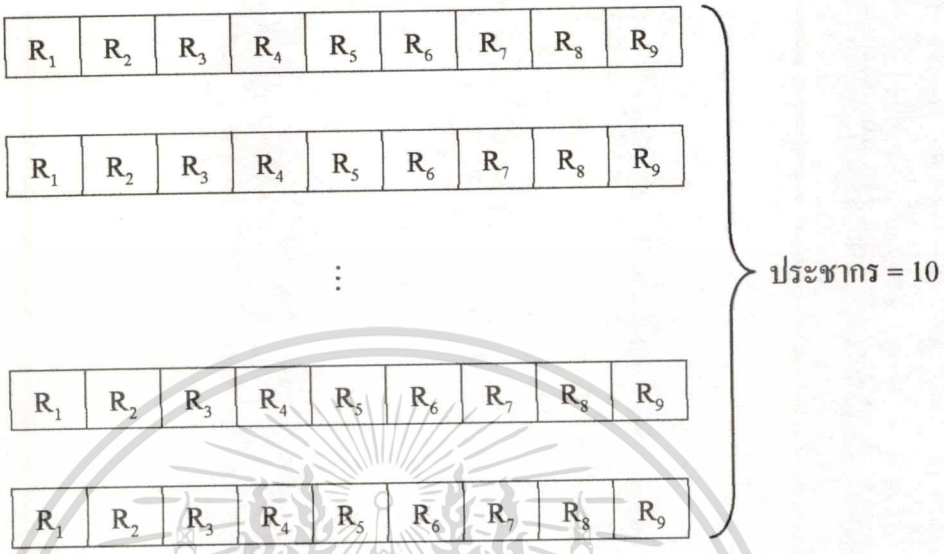
3.3.2 ขั้นตอนการทำงาน

สำหรับขั้นตอนในการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้น (สมมุติกำหนดให้จำนวนประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 10)
2. สร้างโครโมโซมให้มีจำนวนเท่ากับจำนวนประชากรเริ่มต้น โดยที่แต่ละโครโมโซมนั้นจะประกอบด้วยกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีจำนวน m ยีน (จำนวนยีน = จำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกยกกำลังจำนวนอินพุตที่จะทำการฝึกหัดในแต่ละครั้ง ซึ่งในที่นี้จำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดให้เท่ากับ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในหนึ่งโครโมโซมจะมียีนที่แตกต่างกันจำนวน 5 ชนิด (สมมุติกำหนดให้จำนวนอินพุตเท่ากับ 2 ดังนั้นในหนึ่งโครโมโซมจึงมียีนจำนวน 9 ยีน)



รูปที่ 3.3 โครโมโซมที่ใช้ในการทำงาน

3. สุ่มกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีเริ่มต้นและ map กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ทำการสุ่มให้อยู่ในรูปโครโมโซมโดย 1 แถว (Row) เท่ากับ 1 โครโมโซม

ตารางที่ 3.1 กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีในแต่ละโครโมโซม

โครโมโซม (ชุดที่)	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9
1	2	1	3	4	2	5	2	1	5
2	1	3	5	1	1	1	5	3	2
3	1	5	1	1	3	1	5	3	2
4	1	2	2	2	5	4	5	1	1
5	1	5	5	2	3	1	1	4	4
6	1	4	2	2	2	1	3	3	1
7	4	3	1	2	4	5	2	5	3
8	4	5	5	4	3	2	4	5	1
9	1	1	4	5	1	4	1	4	1
10	2	2	5	2	2	5	3	3	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำนวณหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซม โดยใช้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี ซึ่งคำนวณได้จาก

- นำข้อมูลที่ต้องการฝึกหัดมาหาค่าฟัซซีจากสมการ

$$Gaussian(x;c,a) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{a}\right)^2} \quad (3.1)$$

Gaussian(x; c, a) = ค่าฟัซซี

x = ค่าอินพุตที่เป็นค่าปรกติ

c = ค่า center ของฟัซซีเซต

a = ค่า wide ของฟัซซีเซต

ซึ่งมีจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเท่ากับ 3

- นำค่าฟัซซีของอินพุตแต่ละตัวที่ได้มาพิจารณาโดยผ่านกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี (โดยกำหนดให้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีเป็นโครโมโซมที่เราต้องการหาค่าความเหมาะสม) จะได้ค่าฟัซซีเอาท์พุต (fuzzy output) ออกมา
- ทำการ aggregation โดยในขั้นตอนนี้มีจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเท่ากับ 5 และหาค่าเอาท์พุตได้จาก

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)} \quad (3.2)$$

COG = ค่าเอาท์พุตที่เป็นค่าปรกติ

μ_A = ค่าฟัซซีเอาท์พุตที่ได้จากกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี

x = ค่า center ของฟัซซีเซตที่ได้จากกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี

- หาค่า error จาก |target-output|
- หาค่า sum error ของอินพุตทั้งหมด
- นำค่าที่ได้มาหาค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมซึ่งได้จาก 1/sum error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

โครโมโซม (ชุดที่)	โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม
1	213425215	0.34018145164459296
2	135111532	4.3933676755557025
3	151131532	8.125542511470586
4	122254511	7.61645415032864
5	155231144	7.360399119381748
6	142221331	7.798435994826887
7	431245253	0.1087288173208135
8	455432451	0.1069827040525586
9	114514141	6.285479056199124
10	225225335	0.34522913679447836

5. ทำการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสม โดยใช้แบบจำลองการหมุนวงล้อแบบถ่วงน้ำหนัก

สำหรับโครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 1 คือ โครโมโซมที่ 8 และโครโมโซมที่ 9

ตารางที่ 3.3 โครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 1

ครั้งที่	โครโมโซมที่ถูกเลือกตัวที่ 1	โครโมโซมที่ถูกเลือกตัวที่ 2
1	โครโมโซมชุดที่ 6 (142221331)	โครโมโซมชุดที่ 3 (151131532)
2	โครโมโซมชุดที่ 5 (155231144)	โครโมโซมชุดที่ 6 (142221331)
3	โครโมโซมชุดที่ 3 (151131532)	โครโมโซมชุดที่ 9 (114514141)
4	โครโมโซมชุดที่ 3 (151131532)	โครโมโซมชุดที่ 4 (122254511)
5	โครโมโซมชุดที่ 6 (142221331)	โครโมโซมชุดที่ 4 (122254511)

ตารางที่ 3.4 โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1

โครโมโซมชุดที่ 6	1	4	2	2	2	1	3	3	1

โครโมโซมชุดที่ 3	1	5	1	1	3	1	5	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 โครโมโซมคู่ที่ 2 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1

โครโมโซมชุดที่ 5	1	5	5	2	3	1	1	4	4

โครโมโซมชุดที่ 6	1	4	2	2	2	1	3	3	1

ตารางที่ 3.6 โครโมโซมคู่ที่ 3 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1

โครโมโซมชุดที่ 3	1	5	1	1	3	1	5	3	2

โครโมโซมชุดที่ 9	1	1	4	5	1	4	1	4	1

ตารางที่ 3.7 โครโมโซมคู่ที่ 4 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1

โครโมโซมชุดที่ 3	1	5	1	1	3	1	5	3	2

โครโมโซมชุดที่ 4	1	2	2	2	5	4	5	1	1

ตารางที่ 3.8 โครโมโซมคู่ที่ 5 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 1

โครโมโซมชุดที่ 6	1	4	2	2	2	1	3	3	1

โครโมโซมชุดที่ 4	1	2	2	2	5	4	5	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากนั้นทำการครอสโอเวอร์โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือก

ตารางที่ 3.9 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมในรอบที่ 1

ครั้งที่	โครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการครอสโอเวอร์	ไม่เกิดการครอสโอเวอร์	เกิดการครอสโอเวอร์	
				ตำแหน่งเริ่มต้น	ตำแหน่งสิ้นสุด
1	โครโมโซมชุดที่ 6 (142221331) โครโมโซมชุดที่ 3 (151131532)	0.5066646	✓		
2	โครโมโซมชุดที่ 5 (155231144) โครโมโซมชุดที่ 6 (142221331)	0.8889806	✓		
3	โครโมโซมชุดที่ 3 (151131532) โครโมโซมชุดที่ 9 (114514141)	0.41048938		2	6
4	โครโมโซมชุดที่ 3 (151131532) โครโมโซมชุดที่ 4 (122254511)	0.17545079		2	6
5	โครโมโซมชุดที่ 6 (142221331) โครโมโซมชุดที่ 4 (122254511)	0.62483615	✓		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การครอสโอเวอร์ของคู่ที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 3	1	5	1	1	3	1	5	3	2
โครโมโซมชุดที่ 9	1	1	4	5	1	4	1	4	1

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	1	4	5	1	4	5	3	2
โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	1	4	1

การครอสโอเวอร์ของคู่ที่ 4

โครโมโซมชุดที่ 3	1	5	1	1	3	1	5	3	2
โครโมโซมชุดที่ 4	1	2	2	2	5	4	5	1	1

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 3	1	2	2	2	5	4	5	3	2
โครโมโซมใหม่ชุดที่ 4	1	5	1	1	3	1	5	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทำการปรับเปลี่ยนโครโมโซมหรือทำการมิวเตชันโครโมโซมใหม่ที่ผ่านการครอสโอ-เวอร์แล้ว

ตารางที่ 3.10 การมิวเตชันของโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ในรอบที่ 1

ครั้งที่	โครโมโซมใหม่	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการมิวเตชัน	ไม่เกิดการมิวเตชัน	เกิดการมิวเตชัน ตำแหน่งที่เกิดการมิวเตชัน
1	114514532	0.8948626	✓	
2	151131141	0.050319728		8
3	122254532	0.075899534		7
4	151131511	0.0028397876		2

โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ชุดที่1 ไม่เกิดการมิวเตชัน

การมิวเตชันโครโมโซมใหม่ชุดที่ 2

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	1	4	1

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	5	1	1	3	1	1	3	1

การมิวเตชันโครโมโซมใหม่ชุดที่ 3

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	2	2	2	5	4	5	3	2

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	2	2	2	5	4	2	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมิวเตชันโครโมโซมใหม่ชุดที่ 4

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	5	1	1

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	4	1	1	3	1	5	1	1

8. คำนวณหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นลูก แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นลูกกับโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ โครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าให้เลือกโครโมโซมนั้น

ตารางที่ 3.11 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่กับโครโมโซมรุ่นลูกในรอบที่ 1

โครโมโซมรุ่นพ่อแม่		โครโมโซมรุ่นลูก	
โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม	โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม
213425215	0.34018145164459296	142221331	7.798435994826887
135111532	4.3933676755557025	151131532	8.125542511470586
151131532	8.125542511470586	155231144	7.360399119381748
122254511	7.61645415032864	142221331	7.798435994826887
155231144	7.360399119381748	114514532	6.28549012047816
142221331	7.798435994826887	151131131	8.125543542568892
431245253	0.1087288173208135	122254232	7.6164541960587195
455432451	0.1069827040525586	141131511	7.793954670665012
114514141	6.285479056199124	142221331	7.798435994826887
225225335	0.34522913679447836	122254511	7.61645415032864

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 1

โครโมโซม (ชุดที่)	โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 1	ค่าความเหมาะสม
1	151131131	8.125543542568892
2	151131532	8.125542511470586
3	142221331	7.798435994826887
4	141131511	7.793954670665012
5	122254232	7.6164541960587195
6	122254511	7.61645415032864
7	155231144	7.360399119381748
8	114514532	6.28549012047816
9	114514141	6.285479056199124
10	135111532	4.3933676755557025

9. ในรอบที่ 2 ทำการสุ่มเลือกโครโมโซมโดยใช้แบบจำลองการหมุนวงล้อแบบถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ 3.13 โครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 2

ครั้งที่	โครโมโซมที่ถูกเลือกตัวที่ 1	โครโมโซมที่ถูกเลือกตัวที่ 2
1	โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331)	โครโมโซมชุดที่ 1 (151131131)
2	โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)	โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331)
3	โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331)	โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)
4	โครโมโซมชุดที่ 4 (141131511)	โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532)
5	โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532)	โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)

ตารางที่ 3.14 โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2

โครโมโซมชุดที่ 3	1	4	2	2	2	1	3	3	1
โครโมโซมชุดที่ 1	1	5	1	1	3	1	1	3	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 โครโมโซมคู่ที่ 2 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2

โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

โครโมโซมชุดที่ 3	1	4	2	2	2	1	3	3	1

ตารางที่ 3.16 โครโมโซมคู่ที่ 3 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2

โครโมโซมชุดที่ 3	1	4	2	2	2	1	3	3	1

โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

ตารางที่ 3.17 โครโมโซมคู่ที่ 4 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2

โครโมโซมชุดที่ 4	1	4	1	1	3	1	5	1	1

โครโมโซมชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	5	3	2

ตารางที่ 3.18 โครโมโซมคู่ที่ 5 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 2

โครโมโซมชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	5	3	2

โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. จากนั้นทำการครอสโอเวอร์โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือก

ตารางที่ 3.19 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมในรอบที่ 2

ครั้งที่	โครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการครอสโอเวอร์	ไม่เกิดการครอสโอเวอร์	เกิดการครอสโอเวอร์	
				ตำแหน่งเริ่มต้น	ตำแหน่งสิ้นสุด
1	โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331) โครโมโซมชุดที่ 1 (151131131)	0.6194143	✓		
2	โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232) โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331)	0.7694278	✓		
3	โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331) โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)	0.31479496		2	4
4	โครโมโซมชุดที่ 4 (141131511) โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532)	0.5568014	✓		
5	โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532) โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)	0.43054643		4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การครอสโอเวอร์ของคู่ที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 3	1	4	2	2	2	1	3	3	1
โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	2	2	2	2	1	3	3	1
โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	4	2	2	5	4	2	3	2

การครอสโอเวอร์ของคู่ที่ 5

โครโมโซมชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	5	3	2
โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	5	1	2	5	1	5	3	2
โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	2	2	1	3	4	2	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ทำการปรับเปลี่ยนโครโมโซมหรือทำการมิวเตชันโครโมโซมใหม่ที่ผ่านการครอสโอ-เวอร์แล้ว

ตารางที่ 3.20 การมิวเตชันของโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ในรอบที่ 2

ครั้งที่	โครโมโซมใหม่	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการมิวเตชัน	ไม่เกิดการมิวเตชัน	เกิดการมิวเตชัน
				ตำแหน่งที่เกิดการมิวเตชัน
1	122221331	0.7093572	✓	
2	142254232	0.46844435	✓	
3	151251532	0.59503365	✓	
4	122134232	0.26082367	✓	

โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ไม่เกิดการมิวเตชันเลย

12. คำนวณหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นลูก แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมนั้นกับค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่

ตารางที่ 3.21 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่กับโครโมโซมรุ่นลูกในรอบที่ 2

โครโมโซมรุ่นพ่อแม่		โครโมโซมรุ่นลูก	
โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม	โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม
151131131	8.125543542568892	142221331	7.798435994826887
151131532	8.125542511470586	151131131	8.125543542568892
142221331	7.798435994826887	122254232	7.6164541960587195
141131511	7.793954670665012	142221331	7.798435994826887
122254232	7.6164541960587195	122221331	5.239858893014621
122254511	7.61645415032864	142254232	6.574506950872807
155231144	7.360399119381748	141131511	7.793954670665012
114514532	6.28549012047816	151131532	8.125542511470586
114514141	6.285479056199124	151251532	6.011486588304745
135111532	4.3933676755557025	122134232	5.222781499917698

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.22 โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 2

โครโมโซม (ชุดที่)	โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 2	ค่าความเหมาะสม
1	151131131	8.125543542568892
2	151131532	8.125542511470586
3	142221331	7.798435994826887
4	141131511	7.793954670665012
5	122254232	7.6164541960587195
6	122254511	7.61645415032864
7	155231144	7.360399119381748
8	142254232	6.574506950872807
9	114514532	6.28549012047816
10	114514141	6.285479056199124

13. ในรอบที่ 3 ทำการสุ่มเลือกโครโมโซมโดยใช้แบบจำลองการหมุนวงล้อแบบถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ 3.23 โครโมโซมที่ถูกเลือกในรอบที่ 3

ครั้งที่	โครโมโซมที่ถูกเลือกตัวที่ 1	โครโมโซมที่ถูกเลือกตัวที่ 2
1	โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532)	โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331)
2	โครโมโซมชุดที่ 1 (151131131)	โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532)
3	โครโมโซมชุดที่ 4 (141131511)	โครโมโซมชุดที่ 7 (155231144)
4	โครโมโซมชุดที่ 1 (151131131)	โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)
5	โครโมโซมชุดที่ 4 (141131511)	โครโมโซมชุดที่ 6 (122254511)

ตารางที่ 3.24 โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	5	3	2

โครโมโซมชุดที่ 3	1	4	2	2	2	1	3	3	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.25 โครโมโซมคู่ที่ 2 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 1	1	5	1	1	3	1	1	3	1

โครโมโซมชุดที่ 2	1	5	1	1	3	1	5	3	2

ตารางที่ 3.26 โครโมโซมคู่ที่ 3 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 4	1	4	1	1	3	1	5	1	1

โครโมโซมชุดที่ 7	1	5	5	2	3	1	1	4	4

ตารางที่ 3.27 โครโมโซมคู่ที่ 4 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 1	1	5	1	1	3	1	1	3	1

โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

ตารางที่ 3.28 โครโมโซมคู่ที่ 5 ที่ถูกเลือกในรอบที่ 3

โครโมโซมชุดที่ 4	1	4	1	1	3	1	5	1	1

โครโมโซมชุดที่ 6	1	2	2	2	5	4	5	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. จากนั้นทำการครอสโอเวอร์โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือก

ตารางที่ 3.29 การครอสโอเวอร์ของโครโมโซมในรอบที่ 3

ครั้งที่	โครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการครอสโอเวอร์	ไม่เกิดการครอสโอเวอร์	เกิดการครอสโอเวอร์	
				ตำแหน่งเริ่มต้น	ตำแหน่งสิ้นสุด
1	โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532) โครโมโซมชุดที่ 3 (142221331)	0.6164759	✓		
2	โครโมโซมชุดที่ 1 (151131131) โครโมโซมชุดที่ 2 (151131532)	0.6058362	✓		
3	โครโมโซมชุดที่ 4 (141131511) โครโมโซมชุดที่ 7 (155231144)	0.97486675	✓		
4	โครโมโซมชุดที่ 1 (151131131) โครโมโซมชุดที่ 5 (122254232)	0.39320856		4	8
5	โครโมโซมชุดที่ 4 (141131511) โครโมโซมชุดที่ 6 (122254511)	0.5337006	✓		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การครอสโอเวอร์ของคู่ที่ 4

โครโมโซมชุดที่ 1	1	5	1	1	3	1	1	3	1

โครโมโซมชุดที่ 5	1	2	2	2	5	4	2	3	2

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 1	1	5	1	2	5	4	2	3	1

โครโมโซมใหม่ชุดที่ 2	1	2	2	1	3	1	1	3	2

15. ทำการปรับเปลี่ยนโครโมโซมหรือทำการมิวเตชันโครโมโซมใหม่ที่ผ่านการครอสโอ-เวอร์แล้ว

ตารางที่ 3.30 การมิวเตชันของโครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ในรอบที่ 3

ครั้งที่	โครโมโซมใหม่	ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการมิวเตชัน	ไม่เกิดการมิวเตชัน	เกิดการมิวเตชัน ตำแหน่งที่เกิดการมิวเตชัน
1	151254231	0.6815016	✓	
2	122131132	0.090861805	✓	

โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์ไม่เกิดการมิวเตชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. คำนวณหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นลูก แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมนั้นกับค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่

ตารางที่ 3.31 ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่กับโครโมโซมรุ่นลูกในรอบที่ 3

โครโมโซมรุ่นพ่อแม่		โครโมโซมรุ่นลูก	
โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม	โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม
151131131	8.125543542568892	151131532	8.125542511470586
151131532	8.125542511470586	142221331	7.798435994826887
142221331	7.798435994826887	151131131	8.125543542568892
141131511	7.793954670665012	151131532	8.125542511470586
122254232	7.6164541960587195	141131511	7.793954670665012
122254511	7.61645415032864	155231144	7.360399119381748
155231144	7.360399119381748	151254231	6.011489385654111
142254232	6.574506950872807	122131132	5.222771222758945
114514532	6.28549012047816	141131511	7.793954670665012
114514141	6.285479056199124	122254511	7.61645415032864

ตารางที่ 3.32 โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 3

โครโมโซม (ชุดที่)	โครโมโซมที่ได้รับการถ่ายทอดในรอบที่ 3	ค่าความเหมาะสม
1	151131131	8.125543542568892
2	151131532	8.125542511470586
3	142221331	7.798435994826887
4	141131511	7.793954670665012
5	122254232	7.6164541960587195
6	122254511	7.61645415032864
7	155231144	7.360399119381748
8	142254232	6.574506950872807
9	114514532	6.28549012047816
10	114514141	6.285479056199124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. นำโครโมโซมตัวใหม่ที่ได้มาวนทำซ้ำจนกระทั่งค่าความเหมาะสมที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นจำนวนครั้งที่เรากำหนด ทำให้ได้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด
18. นำโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดที่ได้จากการฝึกหัดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้เป็นกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีในขั้นตอนการฝึกหัดระบบแบบนิวโรฟัซซีต่อไป
19. ทำการฝึกหัดระบบแบบนิวโรฟัซซี โดยใช้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ได้จากการฝึกหัดด้วยเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งคำนวณได้จาก
    - นำข้อมูลที่ต้องการฝึกหัดมาหาค่าฟัซซีจากสมการ

$$Gaussian(x;c,a) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{a}\right)^2} \tag{3.3}$$

Gaussian(x; c, a) = ค่าฟัซซี

x = ค่าอินพุตที่เป็นค่าปรกติ

c = ค่า center ของฟัซซีเซต

a = ค่า wide ของฟัซซีเซต

ซึ่งมีจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเท่ากับ 3

- นำค่าฟัซซีของอินพุตแต่ละตัวที่ได้มาพิจารณาโดยผ่านกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี (โดยกำหนดให้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีเป็นโครโมโซมที่เราต้องการหาค่าความเหมาะสม) จะได้ค่าฟัซซีเอาท์พุต (fuzzy output) ออกมา
- ทำการ aggregation โดยในขั้นตอนนี้มีจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเท่ากับ 5 และหาค่าเอาท์พุตได้จากสมการ 3.4

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)} \tag{3.4}$$

COG = ค่าเอาท์พุตที่เป็นค่าปรกติ

μ_A = ค่าฟัซซีเอาท์พุตที่ได้จากกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x = ค่า center ของฟัซซีเซตที่ได้จากกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี

- หาค่าความผิดพลาดจาก |target-output|
- ทำการปรับ center ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในส่วนของ aggregation ซึ่งจะปรับตามสมการ 3.5

$$z_i(t+1) = z_i(t) - \eta(o^k - y^k)\frac{\alpha_i}{\alpha_1 + \cdots + \alpha_m} \tag{3.5}$$

z(t+1) = center ตัวใหม่ของกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีตัวที่ i

z(t) = center ตัวเดิมของกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีตัวที่ i

η = อัตราการเรียนรู้ = 0.05

o = ค่าเอาท์พุตที่ได้จากระบบ

y = ค่าเอาท์พุตที่คาดว่าจะได้รับ

α = ค่าฟัซซีเอาท์พุตของกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีตัวที่ i

- หาค่า RMSE (Root Mean Square Error) ของการฝึกหัด ได้จากสมการ 3.6

$$RMSE = \sqrt{\frac{\left(\sum_{t=1}^{n} e_t^2\right)}{n}} \tag{3.6}$$

- ถ้าค่าความผิดพลาดที่ผู้ใช้กำหนดมีค่ามากกว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริง ระบบจะหยุดการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาโครงงานนี้เป็นการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนิวโรฟัซซี เพื่อประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. โครงสร้างแบบจำลอง
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน
3. การออกแบบโปรแกรม
4. อัลกอริทึมที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม

4.1 โครงสร้างแบบจำลอง

โครงสร้างของระบบนิวโรฟัซซีที่ใช้ร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบ่งชั้นการทำงานของระบบออกเป็น 4 ชั้น (ไม่รวมชั้นอินพุตและเอาท์พุต) ดังนี้

4.1.1 ชั้นอินพุต ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนอินพุตได้ตามต้องการ

4.1.2 ชั้นฟัซซีฟายเออร์ ทำหน้าที่แปลงค่าอินพุต ที่เป็นค่าปรกติให้เป็นค่าฟัซซี

4.1.3 ชั้นกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซี มีลักษณะเป็นชุดของ fuzzy IF-THEN rule หลายๆ ชุด ซึ่งประกอบด้วยความรู้และประสบการณ์ของผู้ชำนาญในระบบนั้นๆ ว่าถ้าเงื่อนไขเป็นแบบนี้ควรทำอย่างไร

4.1.4 ชั้นกลไกการอนุมานฟัซซี เป็นการใช้หลักการของฟัซซีลอจิกในการหาค่าเอาท์พุต ที่ค่าเป็นแบบฟัซซี โดยใช้กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีเข้ามาช่วยเพื่อควบคุมกระบวนการให้ได้ดีที่สุด

4.1.5 ชั้นดีฟัซซีฟายเออร์ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแปลงค่าเอาท์พุตที่เป็นค่าฟัซซีให้เป็นค่าปรกติ

4.1.6 ชั้นเอาท์พุต มีจำนวนเอาท์พุตเพียง 1 โหนด เพราะต้องการค่าเอาท์พุตเพียงค่าเดียว

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.2.1 การจัดเตรียมข้อมูล ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้เป็นอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ

4.2.2 การลบแนวโน้ม (trend) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.2.1 มาปรับเพื่อให้ข้อมูลสามารถนำไปใช้กับอัลกอริทึมได้ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$dataNew_i = data_{i+1} - data_i \quad (4.1)$$

dataNew = ข้อมูลที่ทำการลบแนวโน้มแล้ว

data = ข้อมูลดิบ

i = 1, … , n-1

n = จำนวนข้อมูลดิบทั้งหมด

4.2.3 การนอร์มอลไลเซชัน (Normalization) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.2.2 มาปรับเปลี่ยนให้ข้อมูลมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 เพื่อให้ข้อมูลสามารถนำไปใช้กับอัลกอริทึมได้ โดยการนอร์มอลไลเซชันจะกำหนดให้

ข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด คือ max

ข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุด คือ min

maxNew = max*1.05

minNew = min*0.95

$$dataNorm = \frac{(data - \min New)}{(\max New - \min New)} \quad (4.2)$$

dataNorm = ข้อมูลที่ผ่านการนอร์มอลไลเซชัน

data = ข้อมูลที่ผ่านการลบแนวโน้มและต้องการ normalized

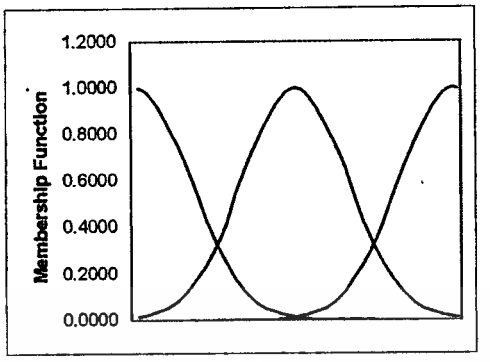
4.2.4 นำข้อมูลที่ได้จากการนอร์มอลไลเซชันทั้งหมดมาแบ่งเป็น 2 ชุด โดยขนาดของข้อมูลแต่ละชุดขึ้นอยู่กับผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด ข้อมูลชุดแรกถูกใช้สำหรับการฝึกหัด โดยป้อนเป็นชุดอินพุตให้กับระบบ ส่วนข้อมูลชุดที่สองถูกใช้สำหรับการทดสอบหลังจากที่ได้มีการฝึกหัดให้กับระบบเสร็จสิ้นลงแล้วและมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของระบบแล้ว โดยใช้ข้อมูลจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เหลือของจำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.2.5 การกำหนดระบบฟัซซีและฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศนี้ใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian ในการแปลงข้อมูลจากค่าปรกติให้เป็นค่าฟัซซี โดยมีจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในขั้นตอนการแปลงค่าอินพุตที่เป็นค่าปรกติให้เป็นค่าฟัซซีเท่ากับ 3 และมีจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของการทำ aggregation เท่ากับ 5

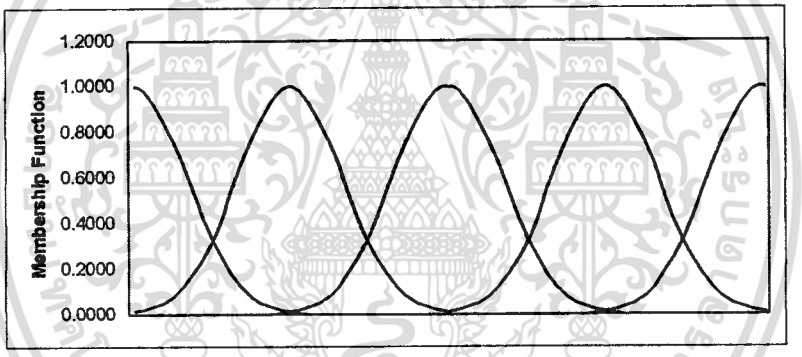
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในการแปลงข้อมูลจากค่าปรกติให้เป็นค่าฟัซซี



รูปที่ 4.1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian จำนวน 3 ฟังก์ชัน

- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของการทำ aggregation



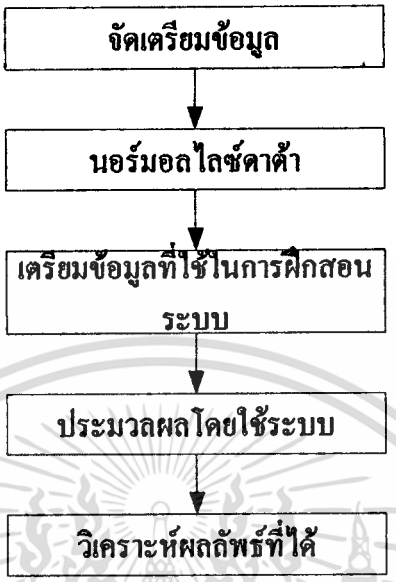
รูปที่ 4.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Gaussian จำนวน 5 ฟังก์ชัน

4.2.6 การดำเนินงานแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- การปรับเปลี่ยนข้อมูลด้วยทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม โดยนำกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ทำการสุ่มได้มาคัดเลือกหากฎที่มีความเหมาะสมเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ซึ่งถือเป็นการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังรุ่นถัดไป
- การฝึกหัดระบบแบบนิวโรฟัซซี โดยนำข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัดมาประมวลผลกับกฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ได้จากขั้นตอนการฝึกหัดด้วยเจเนติกอัลกอริทึม เพื่อทำการป้อนเป็นอินพุตของระบบเพื่อให้ระบบเกิดการเรียนรู้
- การทดสอบ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากการฝึกหัดมาประมวลผลร่วมกับข้อมูลในชุดที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 นำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง เพื่อพิจารณาถึงความถูกต้องของการพยากรณ์



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.3 การออกแบบโปรแกรม

4.3.1 โมดูลการนอร์มอลไลเซชัน

เป็นโมดูลสำหรับรับค่าข้อมูลเข้ามาทำการนอร์มอไลเซชัน เพื่อให้ค่าข้อมูลดังกล่าวมีความเหมาะสมในการทำงาน โดยจะทำการปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลให้อยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1

4.3.2 โมดูลสำหรับการับค่าข้อมูล

เป็นโมดูลสำหรับกำหนดโครงสร้างในการทำงาน ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปร 2 ชุด ได้แก่

1. ตัวแปรที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดสำหรับการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมและการทำงานของระบบฟัซซี
   - จำนวนโหนดในชั้นอินพุต
   - จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัด
   - ค่าความผิดพลาดที่ระบบสามารถยอมรับได้
2. ตัวแปรที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดสำหรับการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม
   - จำนวนประชากรเริ่มต้น
   - อัตราการครอสโอเวอร์
   - อัตราการมิวเตชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนรอบมากที่สุดที่ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมดั้งเดิมจะเท่ากับโครโมโซมใหม่

4.3.3 โมดูลการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรม

เป็นโมดูลสำหรับทำการคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมาปรับเปลี่ยนเพื่อให้โครโมโซมรุ่นใหม่ได้รับถ่ายทอดลักษณะที่ดีของโครโมโซมรุ่นเก่า สำหรับการทำงานของโมดูลนี้จะใช้อินพุตที่ผ่านกานอร์มอลไลเซชันแล้วมาทำการประมวลผลร่วมกับชุดโครโมโซมที่เราได้ทำการสุ่มขึ้นมา โดยโปรแกรมทำจนกระทั่งได้ประชากรที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุด

4.3.4 โมดูลสำหรับการฝึกหัดระบบ

เป็นโมดูลสำหรับทำการฝึกหัดระบบ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งการทำงานของโมดูลนี้จะใช้อินพุตในการประมวลผล ดังนี้

- ส่วนของข้อมูลอินพุตที่ผ่านกระบวนการนอร์มอลไลเซชันแล้ว
- ส่วนของโครโมโซมซึ่งได้จากโมดูลการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรม

โดยในโมดูลนี้จะมีพารามิเตอร์บางตัวถูกปรับเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

4.3.5 โมดูลสำหรับการทดสอบ

เป็นโมดูลสำหรับการทดสอบ ซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนกับโมดูลสำหรับการฝึกหัดระบบ แต่ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทดสอบนั้นจะแตกต่างกัน โดยจะใช้อินพุตที่ทำการบันทึกไว้ในการประมวลผลและไม่มีการปรับพารามิเตอร์ใดอีก

4.3.6 โมดูลแสดงผลการทำงาน

เป็นโมดูลสำหรับแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงาน โดยจะนำเสนอในรูปแบบของกราฟเส้นที่ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโปรแกรมกับค่าจริง

4.4 อัลกอริทึมในการทำงาน

โดยสามารถแบ่งโพรซีเดอร์ (Procedure) ในการทำงานของโปรแกรมได้เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

4.4.1 โพรซีเดอร์ในการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรม มีขั้นตอนดังนี้

```
Begin
    Random initial population
    Repeat
        Select pairs population
        Crossover chromosome
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mutation chromosome

Compare fitness value of old chromosome and new chromosome

Choose chromosome from old chromosome and new chromosome

Until the number of the round of the fitness value of old chromosome equal the fitness value of new chromosome equal the number of max round

End

4.4.2 โพรซีเดอร์ในการฝึกหัดระบบ มีขั้นตอนดังนี้

Begin

Get input from user

Get best chromosome

Repeat

While not end of data train

While not end of input set

Set input vector to apply training input

Set target to apply training input

Fuzzification

Rule evaluation

Aggregation

Defuzzification

Find output

Find error

Fine center parameter of fuzzy system

Find sum square error

End while

End while

Until the root mean square error less than the error tolerate or the number of round of training more than 300 rounds

End

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 โพรซีเดอร์ในการทดสอบระบบ มีขั้นตอนดังนี้

```
Begin
    Get input from file
    Get best chromosome from file
    While not end of data test
        While not end of input set
            Set input vector to apply testing input
            Set target to apply testing input
            Fuzzification
            Rule evaluation
            Aggregation
            Defuzzification
            Find output
            Find error
            Find root mean square error
        End while
    End while
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปผลการทำงานจากการพัฒนาโปรแกรม โดยนำเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนิวโรฟัซซี ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การเตรียมข้อมูล
2. การทำงานของโปรแกรม
3. การแสดงผลลัพธ์

5.1 การเตรียมข้อมูล

ในการทดลองนี้ได้มีการเตรียมข้อมูลที่จะใช้ในการทดลองเพื่อการพยากรณ์ เป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับการขายรถยนต์

โดยข้อมูลชุดที่ 1 ชื่อ BUSINV (CHANGE IN BUSINESS INVENTORIES) เป็นข้อมูลตั้งแต่ไตรมาส 1 ค.ศ. 1947 ถึง ไตรมาส 3 เดือน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายไตรมาส เป็นระยะเวลา 167 เดือน

โดยข้อมูลชุดที่ 2 ชื่อ COMPIND (COMPENSATION PER HOUR INDEX- NONFARM BUSINESS) เป็นข้อมูลตั้งแต่ไตรมาส 1 ค.ศ. 1947 ถึง ไตรมาส 3 เดือน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายไตรมาส เป็นระยะเวลา 167 เดือน

โดยข้อมูลชุดที่ 3 ชื่อ CPAPUSA (US COATED-PAPER ORDERS) เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 1969 ถึงเดือนกันยายน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายเดือน เป็นระยะเวลา 237 เดือน

โดยข้อมูลชุดที่ 4 ชื่อ FIXINV (GROSS PRIVATE FIXED NON RESIDENTIAL INVESTMENT) เป็นข้อมูลตั้งแต่ไตรมาส 1 ค.ศ. 1947 ถึง ไตรมาส 3 เดือน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายไตรมาส เป็นระยะเวลา 167 เดือน

โดยข้อมูลชุดที่ 5 ชื่อ IPDIMP (IMPLICIT PRICE DEFLATOR-IMPORTS OF GOODS AND S) เป็นข้อมูลตั้งแต่ไตรมาส 1 ค.ศ. 1947 ถึง ไตรมาส 3 เดือน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายไตรมาส เป็นระยะเวลา 167 เดือน

โดยข้อมูลชุดที่ 6 ชื่อ REALGNP (GROSS NATIONAL PRODUCT) เป็นข้อมูลตั้งแต่ไตรมาส 1 ค.ศ. 1947 ถึง ไตรมาส 3 เดือน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายไตรมาส เป็นระยะเวลา 167 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยข้อมูลชุดที่ 7 ชื่อ UNCPAPUSA (US UNCOATED-PAPER ORDERS) เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 1969 ถึงเดือนกันยายน ค.ศ. 1988 ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกเป็นรายเดือน เป็นระยะเวลา 237 เดือน

ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลชุดที่ 7) ที่ใช้ในการทดลอง

ID	Data
1	286000.000
2	251000.000
3	280000.000
4	274000.000
⋮	
234	612000.000
235	662000.000
236	641000.000
237	584000.000

สำหรับการจัดเตรียมข้อมูลที่จะใช้ในการทดลองเพื่อการพยากรณ์นี้ถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการทำงานของโปรแกรม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะต้องจัดเตรียมให้พร้อมใช้งาน โดยการนำข้อมูลไปผ่านกระบวนการในการลบแนวโน้มและกระบวนการในการนอร์มอลไลเซชัน เพื่อให้ข้อมูลมีความเหมาะสมกับตัวแบบ (Model) ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.2 และตาราง 5.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลชุดที่ 7) ที่ผ่านการลบแนวโน้ม (trend) แล้ว

ID	Data
1	35000.0
2	29000.0
3	6000.0
4	5000.0
⋮	
233	8000.0
234	50000.0
235	21000.0
236	57000.0

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลชุดที่ 7) ที่ผ่านการนอร์มอลไลเซชัน

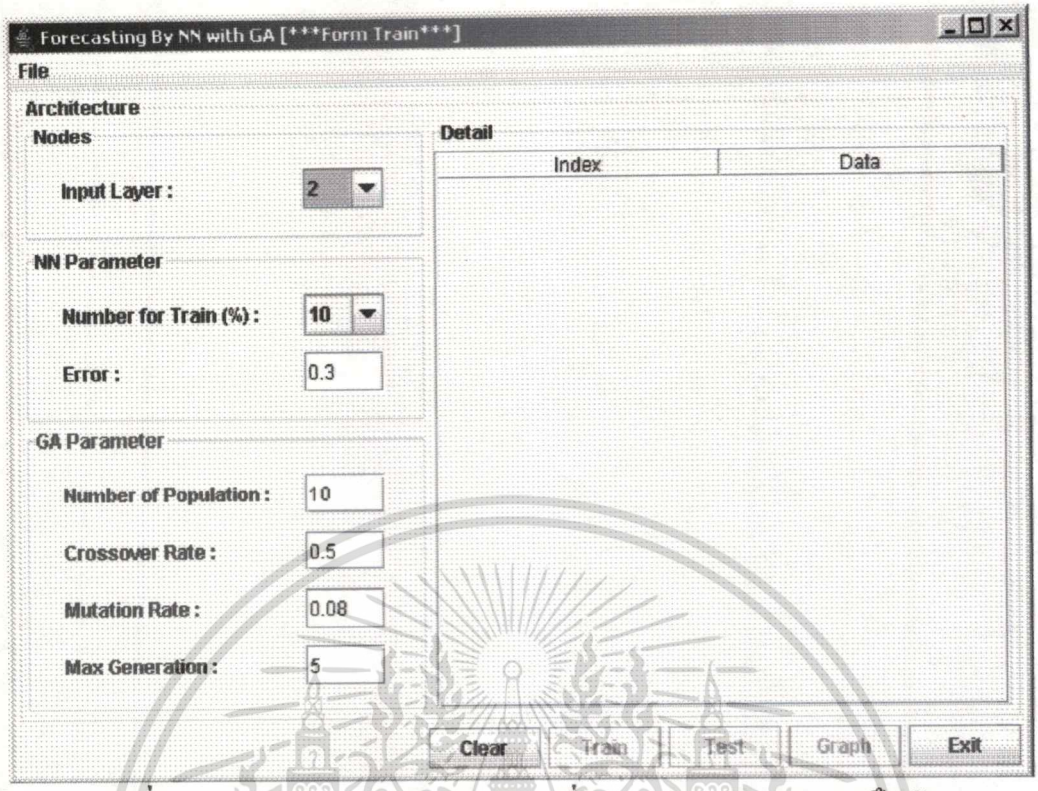
ID	Norm_Data
1	0.31446540880503143
2	0.2605570530098832
3	0.05390835579514825
4	0.044923629829290206
⋮	
233	0.07187780772686433
234	0.44923629829290207
235	0.18867924528301888
236	0.5121293800539084

5.2 การทำงานของโปรแกรม

5.2.1 การปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรมและการฝึกหัด

การเริ่มต้นการทำงานในส่วนนี้จะปรากฏหน้าจอดังรูป 5.1 ทำหน้าที่ในการรับค่าตัวแปรต่าง ๆ (Parameter) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ โดยผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูล ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงหน้าจอสำหรับการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรมและการฝึกหัด

- จำนวนโหนดในชั้นอินพุต คือ จำนวนโหนดของอินพุตที่จะถูกส่งเข้าไปให้โปรแกรมหรือระบบฟัซซีเพื่อทำการเรียนรู้ ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเองได้ตามความต้องการ โดยกำหนดให้โปรแกรมสามารถรับค่าเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม (Integer) ได้สูงสุด 1 หลัก
- จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัด เพื่อเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้ข้อมูลจำนวนกี่เปอร์เซ็นต์ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด
- ค่าความผิดพลาดที่ระบบสามารถยอมรับได้ (Tolerance Error) เพื่อเป็นตัวกำหนดว่าหากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกหัดระบบมีค่าความผิดพลาดต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ระบบจะหยุดการเรียนรู้ โดยกำหนดให้โปรแกรมรับค่าเป็นตัวเลขทศนิยมที่มีรูปแบบ “0.xx”
- จำนวนประชากรเริ่มต้น เพื่อใช้สำหรับการสร้างโครโมโซมในการทำงาน โดยกำหนดให้เป็นเลขจำนวนเต็ม (Integer) และรับค่าสูงสุดได้ 2 หลัก
- อัตราการครอสโอเวอร์ เป็นอัตราที่จะเกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง 2 โครโมโซม โดยกำหนดให้เป็นเลขทศนิยม ที่มีรูปแบบ “0.x”
- อัตราการมิวเตชันหรืออัตราการแลกเปลี่ยน เป็นอัตราที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยการแก้ไขข้อมูลบางส่วนในแต่ละโครโมโซม โดยกำหนดให้เป็นเลขทศนิยม ที่มีรูปแบบ “0.x”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนรอบมากที่สุดที่ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมดั้งเดิมจะเท่ากับโครโมโซมใหม่

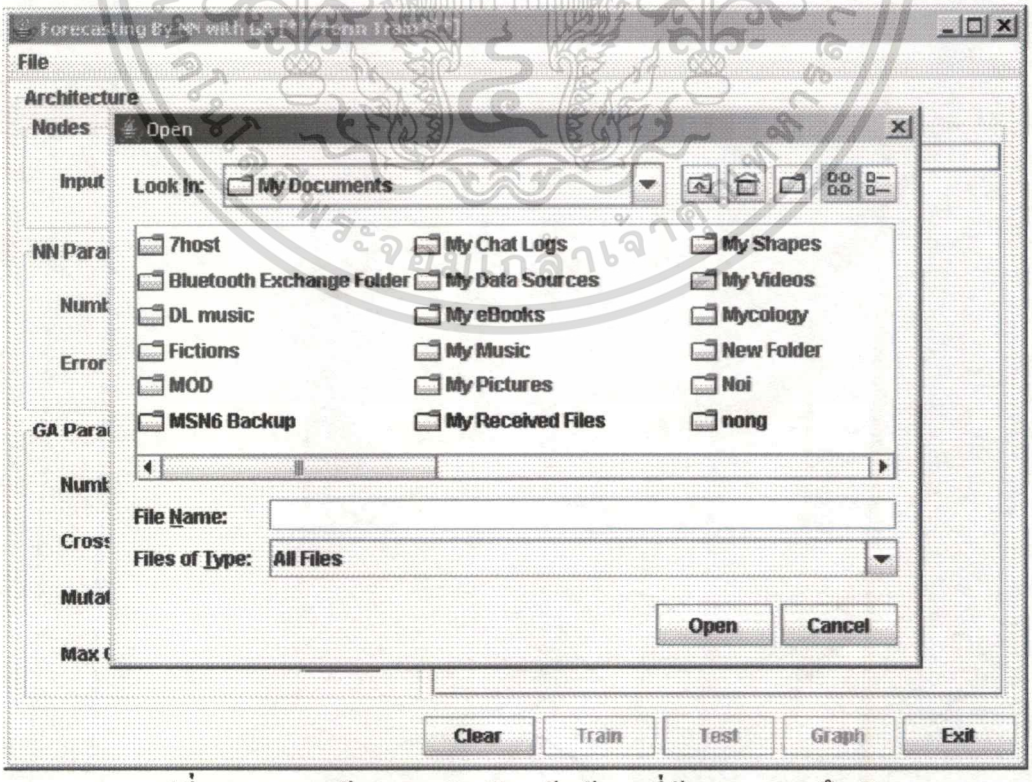
ส่วนของปุ่มการทำงาน

- ปุ่ม Clear เป็นปุ่มเพื่อเคลียร์ค่าข้อมูลที่หน้าจอ
- ปุ่ม Train เป็นปุ่มให้โปรแกรมทำงานในส่วนของการฝึกหัดระบบ
- ปุ่ม Test เป็นปุ่มที่เชื่อมโยงไปยังส่วนของการทดสอบระบบ
- ปุ่ม Graph เป็นปุ่มให้แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบและการทดสอบระบบในรูปแบบของกราฟเส้นและฟอร์มที่เปรียบเทียบระหว่าง target กับเอาท์พุต
- ปุ่ม Exit เป็นปุ่มเพื่อปิดหน้าจอการฝึกหัดระบบและการทดสอบระบบ

ส่วนของเมนู

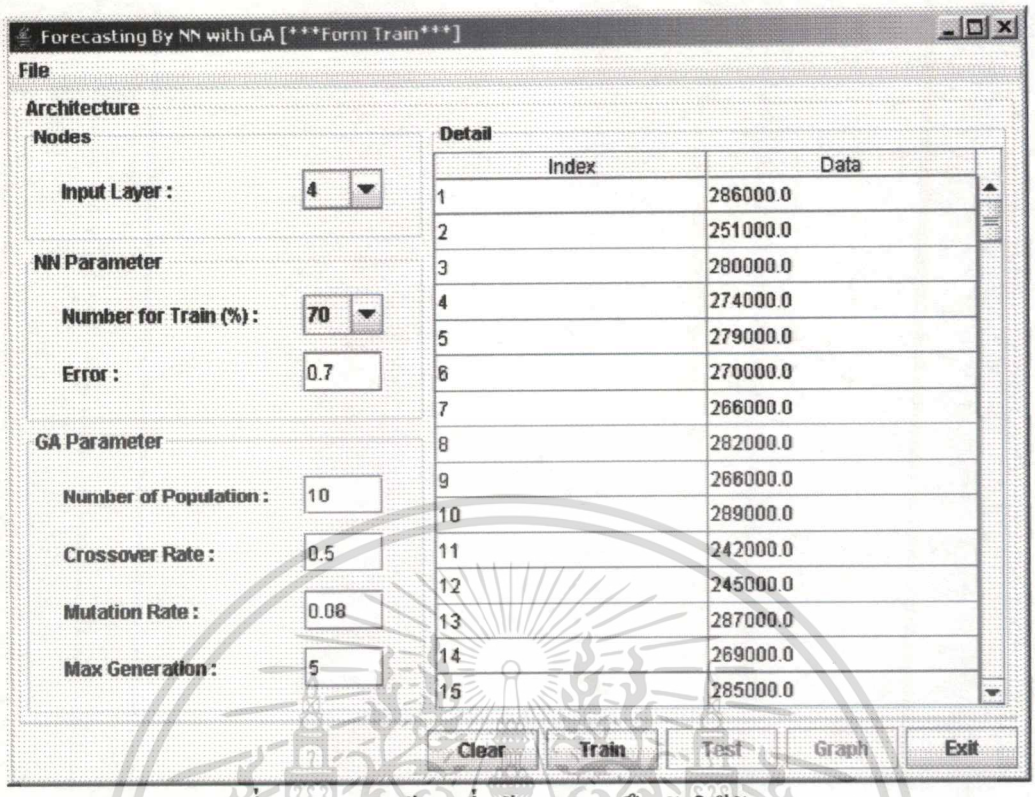
- เมนู Open เป็นเมนูที่ใช้เปิดแฟ้มข้อมูลที่ต้องการฝึกหัด
- เมนู Save เป็นเมนูที่ใช้บันทึก pattern ที่ทำการฝึกหัดเรียบร้อยแล้ว
- เมนู Load เป็นเมนูที่ใช้โหลด pattern ที่ต้องการนำมาทดสอบ

เมื่อผู้ใช้ต้องการเปิดแฟ้มข้อมูลให้เลือก File แล้วเลือก Open จะปรากฏหน้าจอดังรูป 5.2 ให้เลือกชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการ แล้วกด Open จะปรากฏดังรูป 5.3 ทำการฝึกหัดโดยกดปุ่ม Train เมื่อฝึกหัดเสร็จต้องการดูผลให้กดปุ่ม Graph จะปรากฏดังรูป 5.4

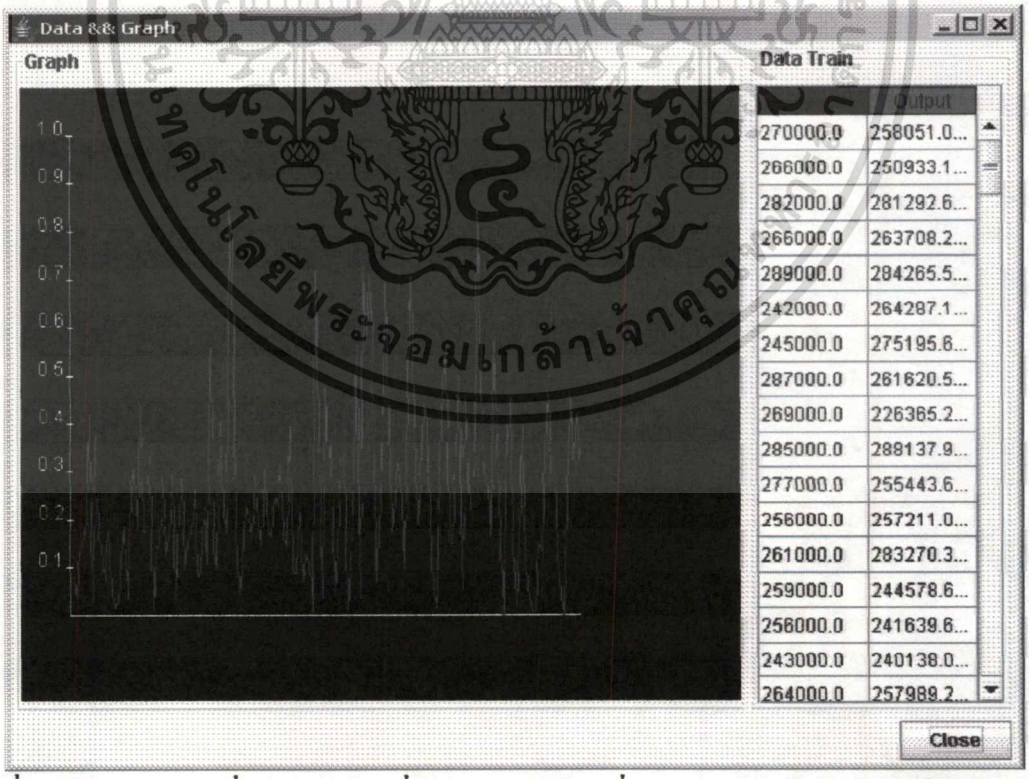


รูปที่ 5.2 แสดงหน้าจอสำหรับเปิดแฟ้มข้อมูลที่ต้องการนำมาฝึกหัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



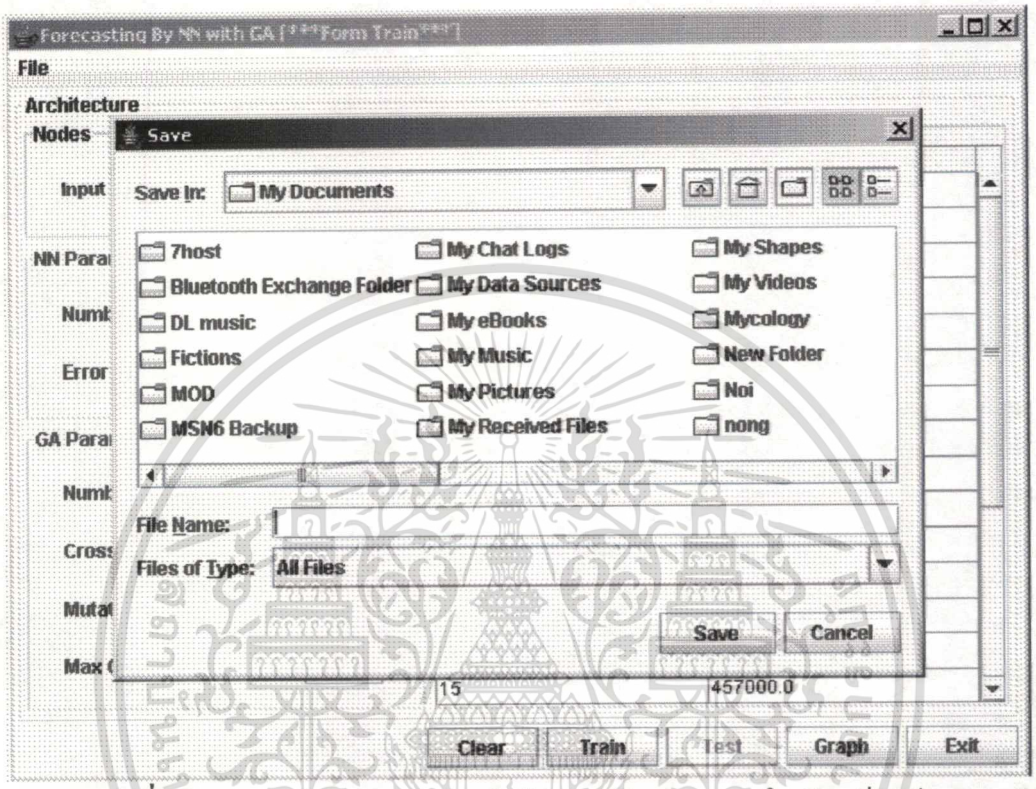
รูปที่ 5.3 แสดงหน้าจอที่พร้อมทำการฝึกหัดให้กับระบบ



รูปที่ 5.4 แสดงหน้าจอที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรมและการฝึกหัดระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้ต้องการบันทึกข้อมูลให้เลือก File แล้วเลือก Save จะปรากฏหน้าจอดังรูป 5.5 แล้วเลือกว่าจะบันทึกข้อมูลไว้ที่ไหน ตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการบันทึก แล้วกด Save เพื่อทำการบันทึก pattern ที่ได้ทำการฝึกหัดแล้ว



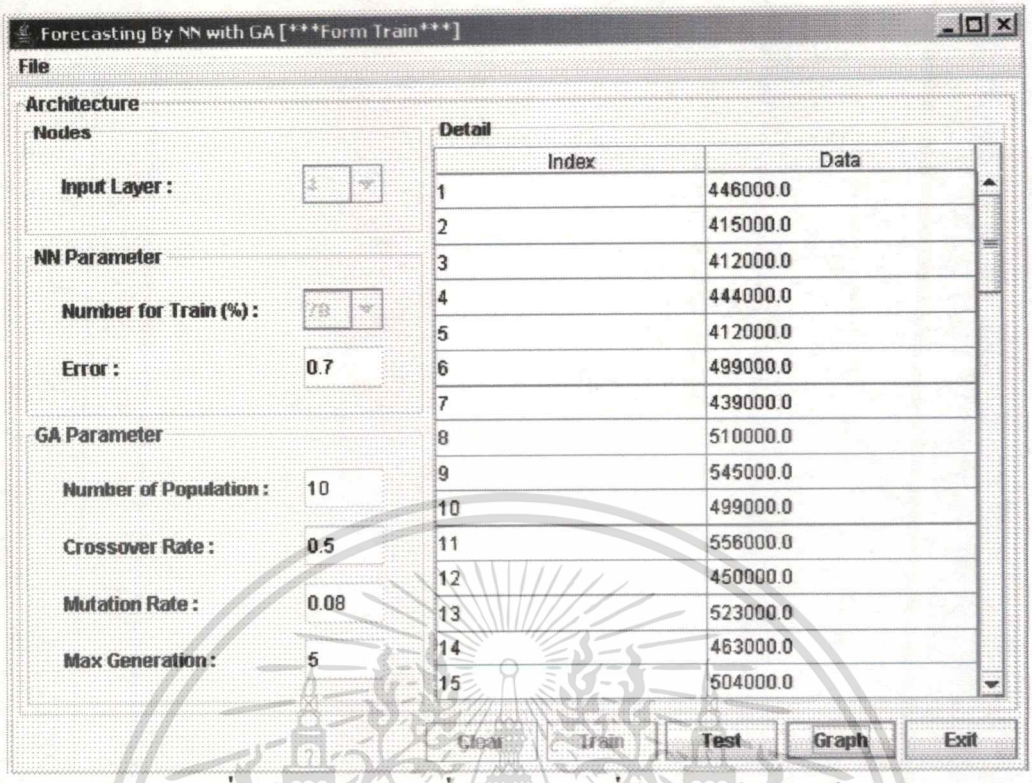
รูปที่ 5.5 แสดงหน้าจอสำหรับบันทึกข้อมูล หลังจากทำการฝึกหัดเสร็จแล้ว

5.2.2 การทดสอบข้อมูล

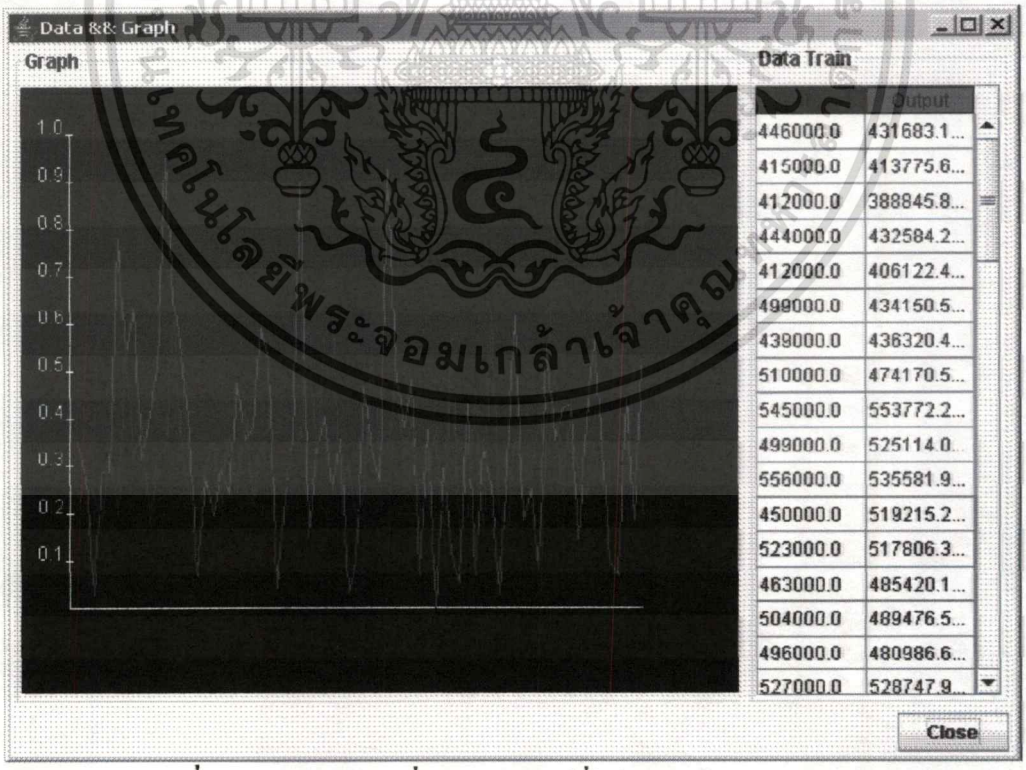
การเริ่มต้นการทำงานในส่วนนี้จะปรากฏหน้าจอดังรูป 5.1 เมื่อผู้ใช้ต้องการโหลด pattern ที่ได้ทำการบันทึกเอาไว้ ให้เลือก File แล้วเลือก Load จะปรากฏหน้าจอดังรูป 5.2 ให้เลือกชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการ แล้วกด Open จะปรากฏดังรูป 5.6

ทำการทดสอบโดยกดปุ่ม Test เมื่อทดสอบเสร็จต้องการดูผลให้กดปุ่ม Graph จะปรากฏดังรูป 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงหน้าจอที่เลือก pattern ที่ต้องการทดสอบแล้ว

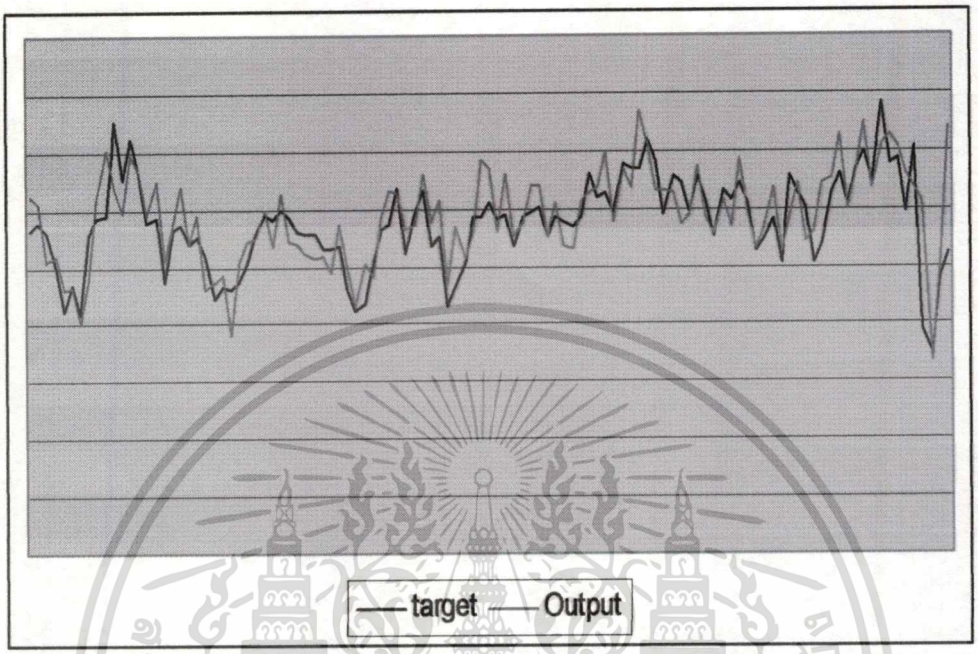


รูปที่ 5.7 แสดงหน้าจอที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

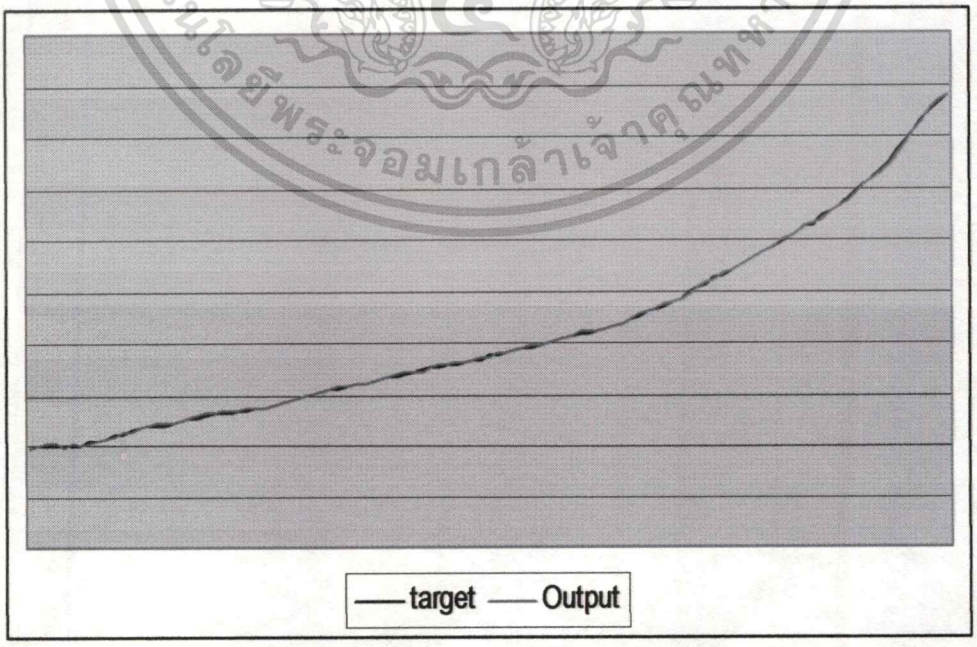
5.3 ผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบ

5.3.1 ข้อมูลชุดที่ 1



รูปที่ 5.8 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 1

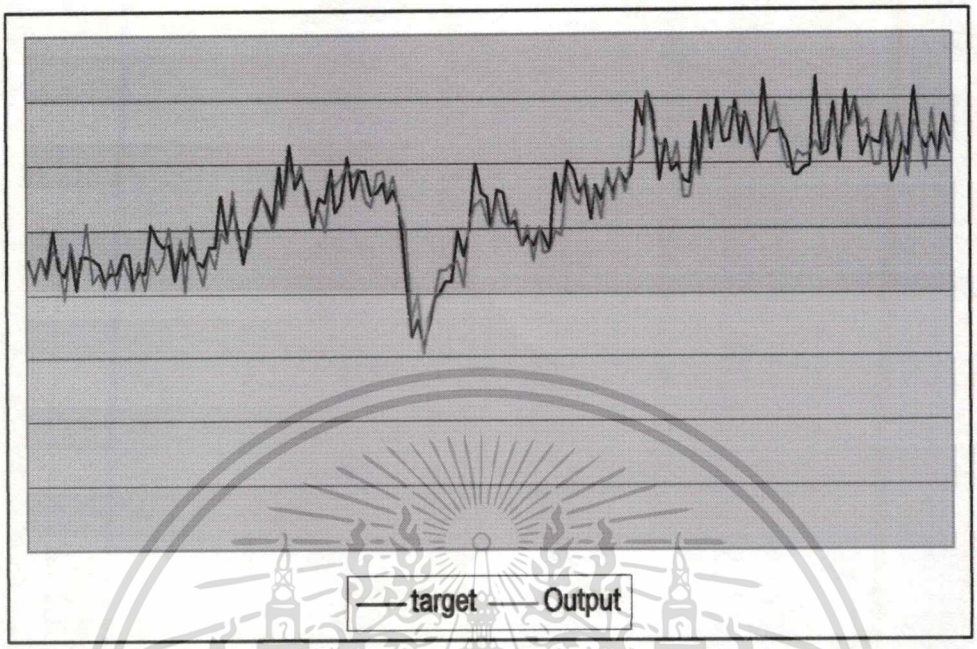
5.3.2 ข้อมูลชุดที่ 2



รูปที่ 5.9 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 2

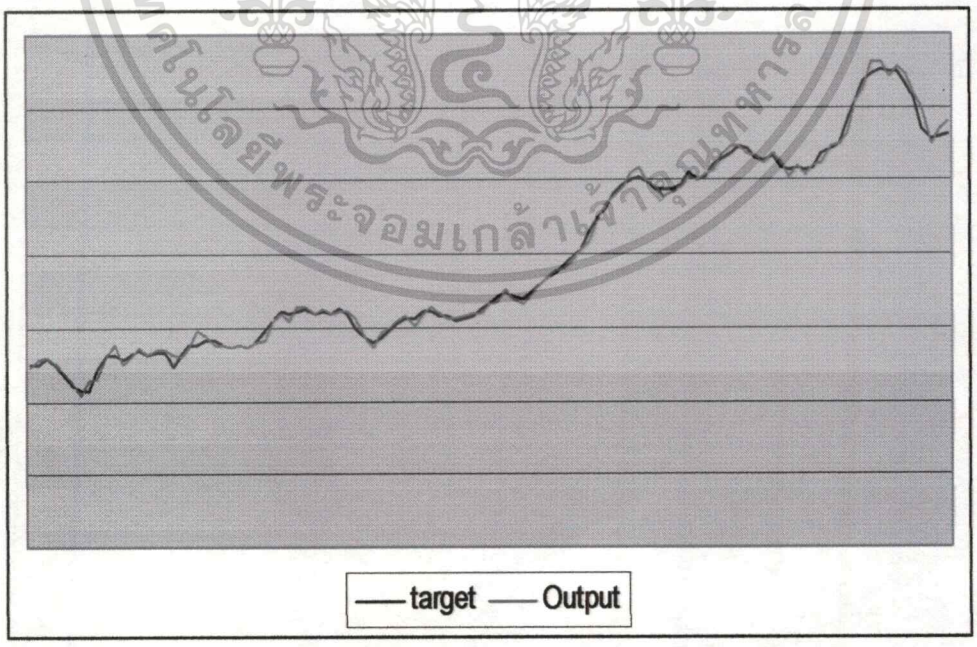
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 ข้อมูลชุดที่ 3



รูปที่ 5.10 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 3

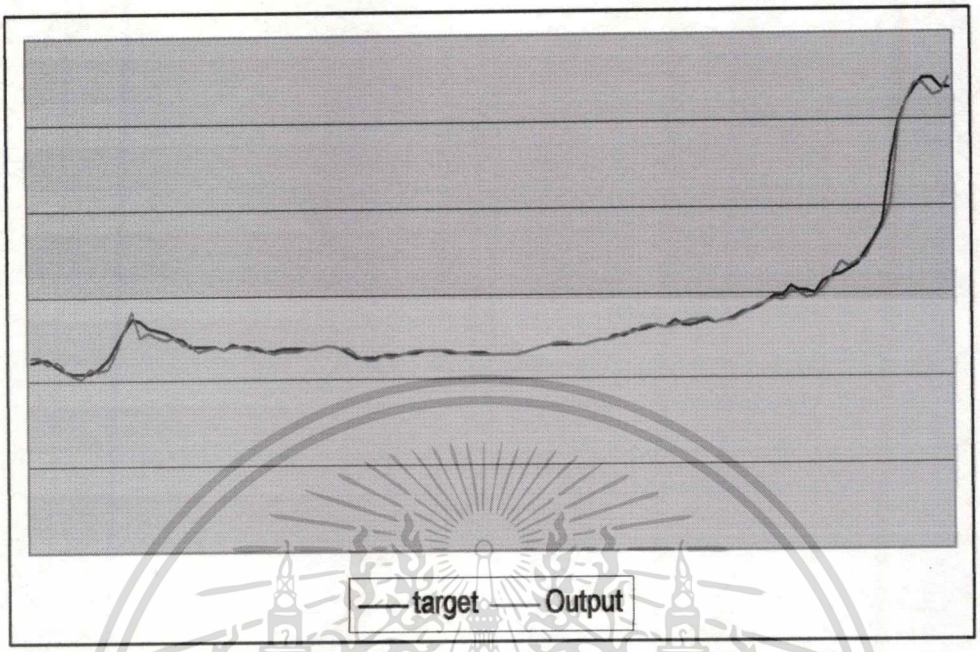
5.3.4 ข้อมูลชุดที่ 4



รูปที่ 5.11 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 4

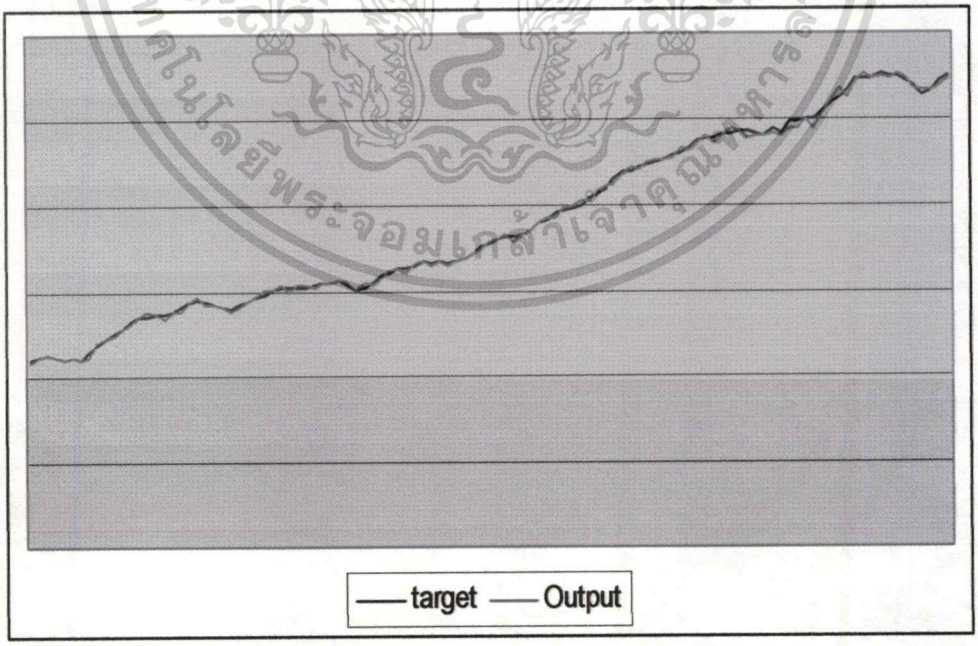
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 ข้อมูลชุดที่ 5



รูปที่ 5.12 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 5

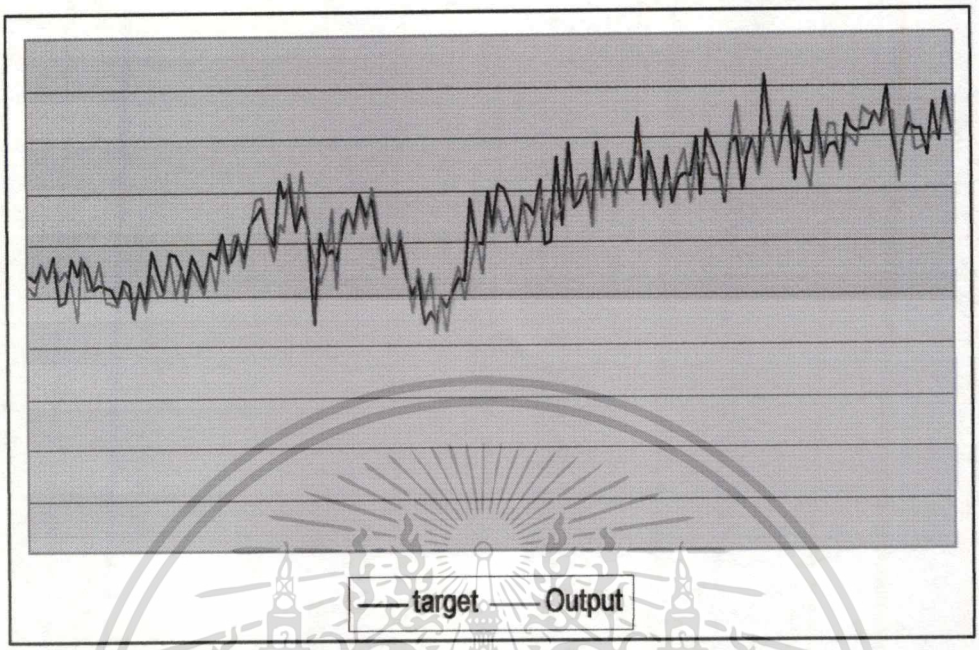
5.3.6 ข้อมูลชุดที่ 6



รูปที่ 5.13 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.7 ข้อมูลชุดที่ 7



รูปที่ 5.14 แสดงผลที่ได้จากการฝึกหัดระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 7

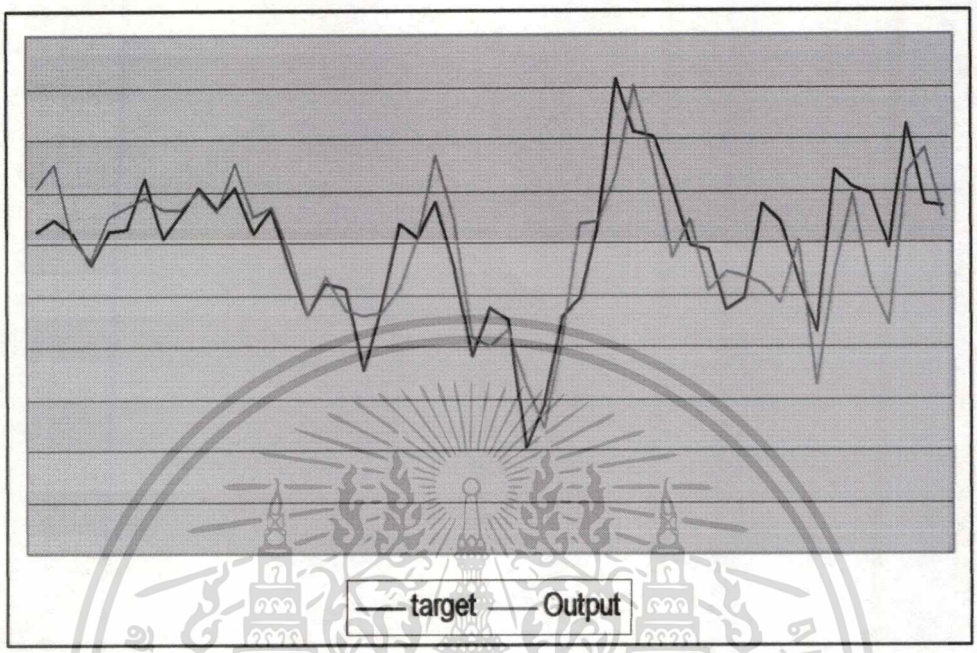
ตารางที่ 5.4 แสดงค่าความผิดพลาดของข้อมูลแต่ละชุดที่ได้จากการฝึกหัด

ข้อมูล	จำนวนอินพุต	จำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	ค่าความผิดพลาด
ชุดที่ 1	4	3	0.13255128890836862
ชุดที่ 2	4	3	0.053389660650806026
ชุดที่ 3	4	3	0.21771807012218017
ชุดที่ 4	4	3	0.138678938954663
ชุดที่ 5	4	3	0.10480486109464791
ชุดที่ 6	4	3	0.13747826829642437
ชุดที่ 7	4	3	0.18927942421319918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

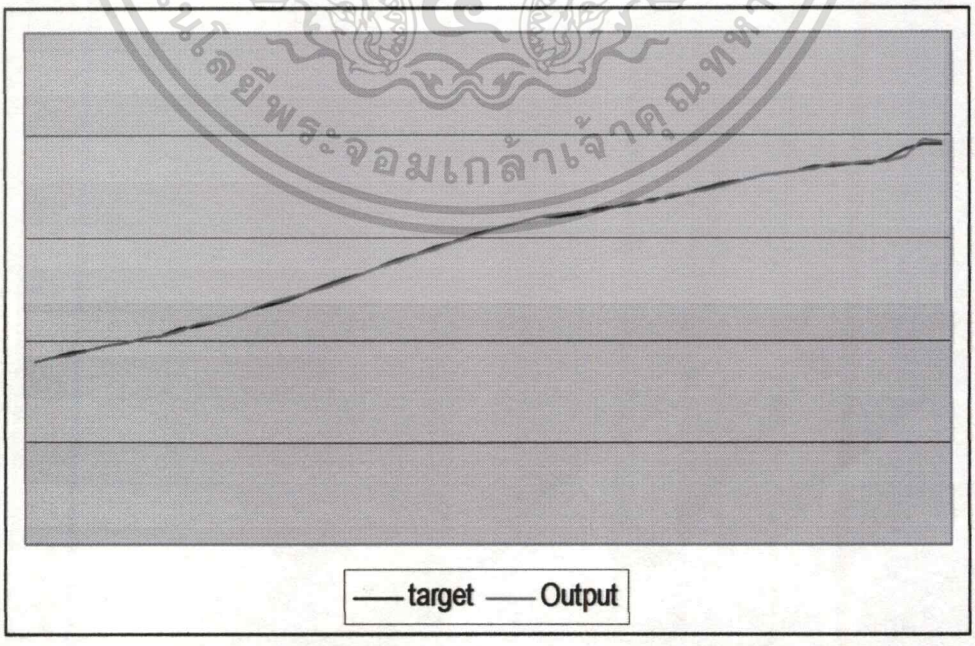
5.4 ผลที่ได้จากการทดสอบระบบ

5.4.1 ข้อมูลชุดที่ 1



รูปที่ 5.15 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 1

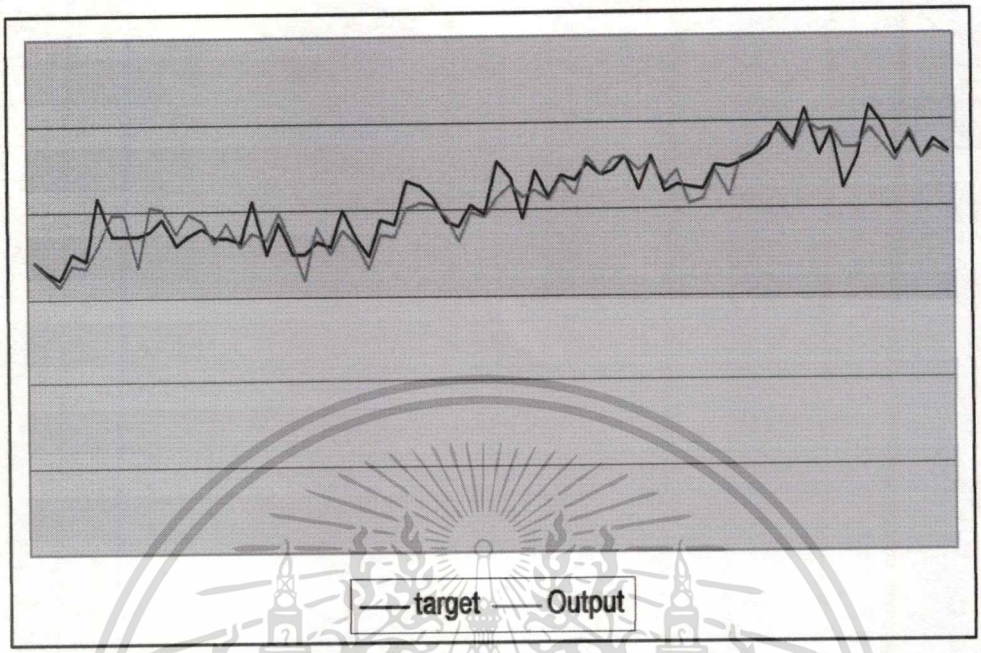
5.4.2 ข้อมูลชุดที่ 2



รูปที่ 5.16 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 2

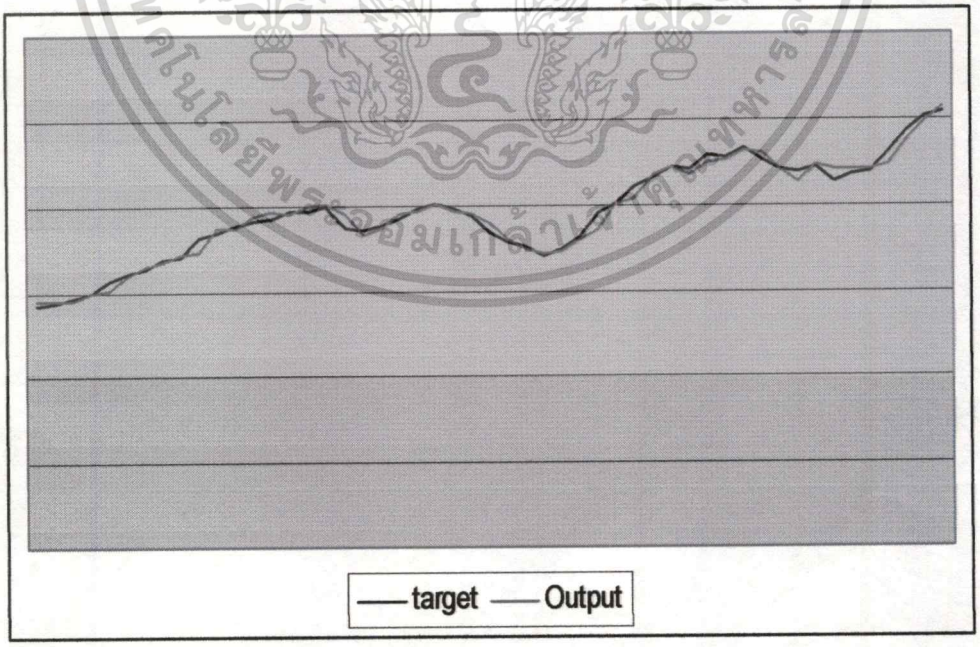
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 ข้อมูลชุดที่ 3



รูปที่ 5.17 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 3

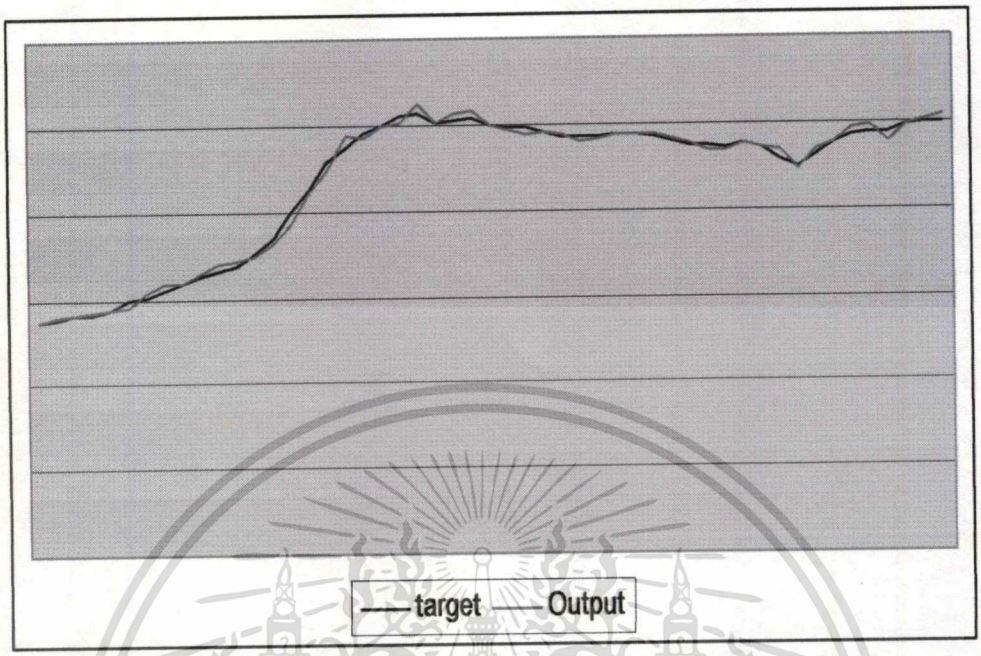
5.4.4 ข้อมูลชุดที่ 4



รูปที่ 5.18 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 ข้อมูลชุดที่ 5



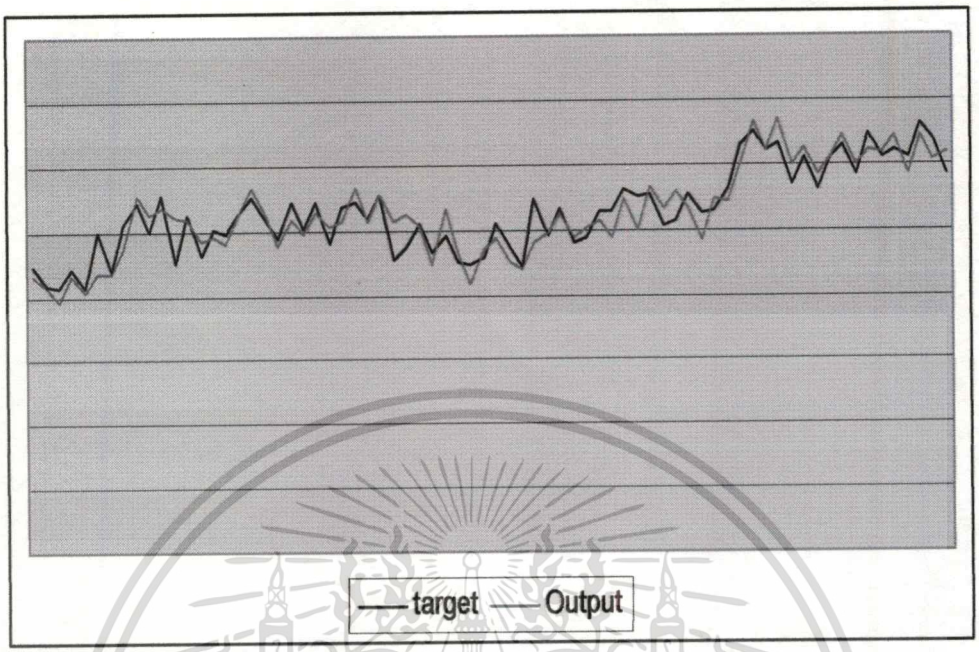
รูปที่ 5.19 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 5

5.4.6 ข้อมูลชุดที่ 6

รูปที่ 5.20 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.7 ข้อมูลชุดที่ 7



รูปที่ 5.21 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบระบบด้วยข้อมูลชุดที่ 7

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าความผิดพลาดของข้อมูลแต่ละชุดที่ได้การทดสอบ

ชุดของข้อมูล	จำนวนอินพุต	จำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	ค่าความผิดพลาด
ชุดที่ 1	4	3	0.22066404573885862
ชุดที่ 2	4	3	0.15892908149222776
ชุดที่ 3	4	3	0.251694366923787
ชุดที่ 4	4	3	0.2937003828354614
ชุดที่ 5	4	3	0.17600262309464076
ชุดที่ 6	4	3	0.22282802640393365
ชุดที่ 7	4	3	0.22062276263936031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพยากรณ์โดยการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนิวโรฟัซซีสามารถสรุปผลการดำเนินงานและสรุปผลการทดลอง รวมถึงข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาในโครงการนี้สามารถสรุปผลการดำเนินงานในการออกแบบการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนิวโรฟัซซีได้ดังนี้

- ในการจัดเตรียมข้อมูลต้องทำให้ข้อมูลมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน โดยการนำข้อมูลมาผ่านกระบวนการนอร์มอลไลเซชัน เพื่อให้ข้อมูลเหล่านั้นสามารถทำงานกับโปรแกรมได้อย่างเหมาะสม
- ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละครั้งจะได้ค่าที่ต่างกันเนื่องจากการทำงานจะขึ้นอยู่กับตัวเลขที่โปรแกรมทำการสุ่มขึ้นมา เช่น อัตราการครอสโอ-เวอร์หรืออัตราการมิวเตชัน
- สำหรับการเรียนรู้ของระบบ เนื่องจากกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทำงานที่แตกแต่งกัน ส่งผลให้ผลการทดลองแตกต่างกันได้ ดังนั้นการเรียนรู้จึงจำเป็นต้องอาศัยการฝึกหัดหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยที่สุด

6.2 สรุปผลการทดลอง

6.2.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจะขึ้นอยู่กับการเลือกข้อมูลอินพุตต่าง ๆ ที่ป้อนให้กับโปรแกรม เพื่อทำการประมวลผล เช่น จำนวนอินพุต, จำนวนข้อมูลที่จะใช้ในการฝึกหัด, ค่าความผิดพลาด, จำนวนประชากร, อัตราการครอสโอเวอร์, อัตราการมิวเตชัน, จำนวนครั้งที่ค่าความเหมาะสมของประชากรใหม่จะเท่ากับค่าความเหมาะสมของประชากรเก่า รวมถึงค่าตัวเลขที่โปรแกรมทำการสุ่มได้

6.2.2 กฎเงื่อนไขพื้นฐานฟัซซีที่ได้มาจากการสุ่มมีผลต่อการเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมและรวมไปถึงผลที่ได้จากการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อปรับปรุงโปรแกรมประยุกต์ในอนาคต

- ในส่วนของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจะขึ้นอยู่กับอัตราการครอสโอเวอร์และอัตราการมิวเตชัน ซึ่งหากมีค่าสูงเกินไปก็ใช่ว่าจะได้ประชากรที่ดีเสมอไป ดังนั้นควรมีการเพิ่มเติมวิธีที่สามารถกำหนดอัตราต่าง ๆ เพื่อให้การถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
- ในส่วนของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเพื่อให้ระบบสามารถทำงานดีขึ้น ควรทำการเพิ่มขั้นตอนการกำหนดพารามิเตอร์ของฟัซซีในส่วนของการแปลงค่าปรกติเป็นค่าฟัซซี โดยการเพิ่มการกำหนดจำนวนของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ให้มีค่าได้ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป เพื่อทำให้การคำนวณของตัวแบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- ในส่วนของระบบฟัซซีอาจทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกจำนวนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้เองซึ่งจะส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีขึ้น
- เพื่อให้ระบบสามารถทำการพยากรณ์ได้ใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น อาจมีการปรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในส่วนของการแปลงค่าปรกติเป็นค่าฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

พนิดา พานิชกุล. 2548. **การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นด้วยภาษา JAVA**. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

สุธี พงศาสกุลชัย และภาณุวัฒน์ บุญผาสุก. 2548. **คัมภีร์ JAVA**. เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 2 ปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

Aziz, S.A. and Parthiban, J. **Fuzzy Sets & Fuzzy Operations**. [Online]. Available: http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/sbaa/report.fuzzysets.html. 1996.

Fuller, R. **Neural Fuzzy Systems**. [Online]. Available: http://faculty.petra.ac.id/resmana/basiclab/fuzzy/fuzzy_book.pdf#search=%22fuzzy_book.pdf%22. 1995.

Habra, A. **Neural Networks - An Introduction**. [Online]. Available: http://www.tek271.com/articles/neuralNet/IntoToNeuralNets.html. 2005.

Hsiung, S. **Multilayer Feedforward Network and the Backpropagation Algorithm**. [Online]. Available: http://www.generation5.org/content/1999/nn_bp.asp. 1999.

Nauck, D. and Kruse, R. "A Fuzzy Neural Network Learning Fuzzy Control Rules and Membership Functions by Fuzzy Error Backpropagation" In Proc. IEEE Int. Conf. on Neural Networks 1993. Pp. 1022-1027.

Negnevitsky, M. 2002. **Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems**. Harlow: Addison-Wesley.

Obitko, M. **GENETIC ALGORITHMS**. [Online]. Available: http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/. 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวหทัยรัตน์ มีวันดี
วัน เดือน ปีเกิด	7 เมษายน 2524 ที่ฉะเชิงเทรา
ที่อยู่	16/1 ถ.ศรีโสธร ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
ประวัติการศึกษา	2545 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้