

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง
การศึกษาเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ

A COMPARATIVE STUDY OF RECURRENT NEURAL NETWORK



H006397

โดย



สงวนลิขสิทธิ์
เลขทะเบียน 06397
วันเดือนปี 14 อ.ค. 2554

.b.....
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COMPARATIVE STUDY OF RECURRENT NEURAL NETWORK



**REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS OF THE COURSE
SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT
MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ 1/2009 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองโครงการพัฒนาระบบงาน (SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT)

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมมวนซ้ำ

A COMPARATIVE STUDY OF RECURRENT NEURAL NETWORK

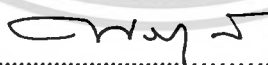
นางสาวศุขมา แสนปากดี

รหัสประจำตัว 50066408

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552


.....
(รศ.ดร.อาริต ธรรมโน)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....กรรมการสอบ
(ผศ.ดร.พรฤดี เนติโสภาคกุล)



.....กรรมการสอบ
(ผศ.ดร.โอพาร วงศ์วีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การปรับปรุงโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ
นักศึกษา	นางสาว ศุขมา แสนปากดี
รหัสนักศึกษา	50066408
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. อาริต ธรรมโน

บทคัดย่อ

โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง เป็นโครงข่ายประสาทเทียมชนิดหนึ่งที่มีการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมป้อนไปข้างหน้า (Feedforward Neural Network) มาเพิ่มเติมในส่วนของการป้อนย้อนกลับ (feedback) โดยจะนำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นก่อนหน้าป้อนย้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายทั้งในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตต่อไป ส่งผลให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลาในรูปแบบที่หลากหลายได้

โครงงานนี้นำเสนอการปรับปรุงโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง (Recurrent Neural Network) โดยพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดอื่นๆ เช่น โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน โดยพิจารณาว่าโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงที่ได้ทำการทดลองในโครงงานฉบับนี้ว่าประสิทธิภาพในการพยากรณ์เป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดอื่นๆ

Title A modified of Recurrent Neural Network
Student Miss Susama Sanpakdee
Student ID. 50066408
Degree Master of Science
Program Information Technology
Major Information Science
Academic Year 2009
Advisor Assoc.Prof. Dr.Arit Thammano

ABSTRACT

A Modified of Recurrent Neural Network is a new type of Recurrent Neural Network architecture it has been originally extended from being a mere Multilayer Feedforward Neural Network to improve discrimination, And in with each previous output of hidden unit and output unit were feed backed is input for current neural. In this project is study of Modified Recurrent Neural Network, Compare with Jordan Network and Elman Network have ability to consider historical deviation into the future modification of forecasting model.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ, ให้คำปรึกษา และคำแนะนำที่กระหว่างการดำเนินการศึกษาโครงการแก่ข้าพเจ้า จากบุคคลจำนวนมาก อันได้แก่

รศ.ดร. อาริต ธรรมโน อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำปรึกษา และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในต่อการทำโครงการ

รวมถึง พี่ๆ เพื่อน รวมทั้งปฏิบัติการณ์ผู้ซึ่งในคำแนะนำ และความช่วยเหลือด้านต่างๆ นอกเหนือจากบุคคลดังกล่าวแล้ว ยังมีบุคคลที่มีพระคุณแก่ข้าพเจ้า ได้แก่

บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว ผู้ซึ่งให้การสนับสนุน และกำลังใจที่ดีในการศึกษา

บูรพาจารย์ ทุกท่านผู้ซึ่งให้การประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่ได้กล่าวมารวมทั้งบุคคลผู้มีพระคุณที่ข้าพเจ้าไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ด้วย

ศุขมา แสนปากดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network).....	4
2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Multilayer Neural Network).....	5
2.2.1 ขั้นตอนการทำงานของแบคพรอพพาเกชันอัลกอริทึม (Back propagation Algorithm).....	5
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network).....	8
2.4 โครงข่ายจอร์แดน (Jordan Network).....	9
2.5 โครงข่ายเอลแมน (Elman Network).....	13
2.6 โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง (Modified Recurrent Neural Network).....	17
2.7 ความผิดพลาดจากการพยากรณ์.....	21
2.7.1 ค่าสถิติที่ใช้วัดความถูกต้องของการพยากรณ์.....	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	22
3.1 โครงสร้างแบบจำลอง.....	22
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	23
3.3 การออกแบบโปรแกรมจำลอง.....	24
3.3.1 การออกแบบโปรแกรม.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.1.1 ฟังก์ชันนอร์มอลไลเซชันข้อมูล (Normalization)	26
3.3.1.2 ฟังก์ชันการจัดแบ่งข้อมูลการฝึกสอนและการทดสอบ.....	26
3.3.1.3 ฟังก์ชันการจัดเตรียมค่าข้อมูลสำหรับ โครงข่าย	26
3.3.1.4 ฟังก์ชันควบคุมการทำงานของ โครงข่าย	27
3.3.1.5 ฟังก์ชันสำหรับการทดสอบ.....	27
3.3.1.6 ฟังก์ชันบันทึกข้อมูล.....	27
3.3.1.7 ฟังก์ชันหาค่าผิดพลาดของข้อมูลทางสถิติ.....	27
3.3.1.8 ฟังก์ชันแสดงผลลัพธ์ข้อมูล.....	27
3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์.....	27
3.5 ขั้นตอนการทำการทดลอง.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
4.1 การเตรียมข้อมูล	29
4.2 ส่วนการทำการหาข้อผิดพลาด	33
4.3 การเปรียบเทียบข้อมูล	36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการทดลอง	59
5.2 ปัญหาการดำเนินการ.....	62
5.3 ข้อเสนอแนะ	62
ภาคผนวก	63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง	29
4.2 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 1 ของแต่ละ โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียม แบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)	33
4.3 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 2 ของแต่ละ โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียม แบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)	34
4.4 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 3 ของแต่ละ โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมนและ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ วนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)	34
4.5 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 4 ของแต่ละ โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมนและ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ วนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)	35
4.6 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 5 ของแต่ละ โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมนและ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ วนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)	35
4.7 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 6 ของแต่ละ โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมนและ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ วนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)	36
4.8 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 1 (9-9).....	36
4.9 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B).....	40
4.10 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2).....	43
4.11 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW).....	47
4.12 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic).....	50
4.13 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 6 (Magkeyglass).....	54
5.1 เปรียบเทียบผลการทดลองของ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำทั้ง 3 ชนิด.....	61
ก.1 ข้อมูลชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูล 732 ตัว	65
ก.2 ข้อมูลชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูล 388 ตัว	72
ก.3 ข้อมูลชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อมูล 467 ตัว	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แะ VI ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.4 ข้อมูลชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อมูล 142 ตัว.....	81
ก.5 ข้อมูลชุดที่ 5 ประกอบด้วยข้อมูล 599 ตัว.....	83
ก.6 ข้อมูลชุดที่ 6 ประกอบด้วยข้อมูล 596 ตัว.....	89



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **VII** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำงานของเซลล์ประสาท.....	4
2.2 โครงข่ายประสาทเทียมชนิดป้อนไปข้างหน้า	5
2.3 โครงข่ายจอร์แดน	9
2.4 โครงข่ายแอลแมน.....	13
2.5 การเรียนรู้ของโครงข่ายแอลแมน.....	13
2.6 โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง.....	17
3.1 รูปแบบข้อมูลที่รับเข้าสู่โปรแกรม	23
3.2 แสดงฟังก์ชันการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม.....	25
4.1 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 1.....	30
4.2 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 2.....	30
4.3 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 3.....	31
4.4 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 4.....	31
4.5 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 5.....	32
4.6 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 6.....	32
4.7 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 1.....	37
4.8 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 1	37
4.9 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 1	38
4.10 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 1.....	38
4.11 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 1	39
4.12 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 1.....	39
4.13 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 2.....	40
4.14 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 2	41
4.15 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 2	41
4.16 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 2.....	42
4.17 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 2	42
4.18 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 2.....	43
4.19 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 3.....	44
4.20 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 3	44

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 3	45
4.22 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 3	45
4.27 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 3	46
4.28 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 3	46
4.23 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 4	47
4.24 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 4	48
4.25 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 4	48
4.26 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 4	49
4.27 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 4	49
4.28 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 4	50
4.23 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 5	51
4.24 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 5	51
4.25 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 5	52
4.26 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 5	52
4.27 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 5	53
4.28 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 5	53
4.23 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 6	54
4.24 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 6	55
4.25 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 6	55
4.26 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 6	56
4.27 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 6	56
4.28 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 6	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันในหน่วยงานและองค์กรต่างๆให้ความสนใจกับการนำเอาข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ค่าค่าไมนิ่งถือเป็นเทคนิคที่ช่วยนำเอาข้อมูลที่มีอยู่มากมายมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการวิเคราะห์ค้นหาสารสนเทศและองค์ความรู้จากฐานข้อมูลเหล่านั้น เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในธุรกิจ ซึ่งเทคนิคการทำค่าไมนิ่งมีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับการยอมรับและใช้งานกันอย่างแพร่หลายได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feedforward Neural Network) และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network) โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำได้ปรับเปลี่ยนมาจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า โดยการเพิ่มเติมในส่วนของ การป้อนย้อนกลับ จากบางชั้นของ โหนดก่อนหน้าเพื่อช่วยทำให้เน็ตเวิร์กเกิดการเรียนรู้ และสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลาในรูปแบบที่หลากหลายได้ ตัวอย่างรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำที่ได้รับความนิยมได้แก่ โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายจอร์แดน ซึ่งโครงข่ายแอลแมนจะมีการป้อนย้อนกลับของ โหนดในชั้นซ่อน ส่วนโครงข่ายจอร์แดน จะมีการป้อนย้อนกลับของ โหนดในชั้นเอาต์พุต แต่เนื่องจากโครงข่ายจอร์แดนและโครงข่ายแอลแมนมีการเรียนรู้ที่ช้า จึงได้นำเสนอโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำแบบปรับปรุงขึ้น เพื่อให้โครงข่ายสามารถป้อนย้อนกลับข้อมูลอินพุตไปพร้อมกันได้ทั้งในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต ส่งผลให้โครงข่ายประสาทเกิดการเรียนรู้ได้เร็วขึ้น ในโครงการฉบับนี้ จะนำเสนอโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง โดยพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดอื่นๆ เช่น โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน โดยพิจารณาว่าโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงที่มีการปรับปรุงใหม่ในส่วนของการป้อนย้อนกลับจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของโครงข่ายดีขึ้นอย่างไร

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในโครงการพัฒนาระบบเรื่องการศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงเปรียบเทียบกับโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดต่างๆ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้
โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง

2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองด้วยรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ ในรูปแบบที่หลากหลาย ดังนี้คือ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่าง โครงข่ายแอลแมน, โครงข่ายจอร์แดน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาโครงข่ายนี้ได้กำหนดขอบเขตในการศึกษาเป็นการพัฒนาระบบโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น โครงข่ายแอลแมน, โครงข่ายจอร์แดน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง โดยใช้อัลกอริทึมแบคพรอพพาเกชัน (Backpropagation) ในการเรียนรู้ของโครงข่ายเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายกับค่าความเป็นจริงของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ โดยฟังก์ชันที่ใช้ในการทำงาน คือ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function) และผลจากการทดสอบโดยข้อมูลชุดเดียวกันจะทำให้ทราบได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใด สามารถทำการฝึกสอนโครงข่ายได้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยมีขอบเขตการศึกษา ดังต่อไปนี้

- โครงข่ายแอลแมน (Elman Network)
- โครงข่ายจอร์แดน (Jordan Network)
- โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง (A Modified of Recurrent Neural Network)

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

เพื่อให้การศึกษานี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่กำหนด จึงได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานไว้ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ โครงข่ายประสาทเทียมทั้งชนิดป้อนไปข้างหน้าและ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ
2. ศึกษา โครงข่ายจอร์แดน
3. ศึกษา โครงข่ายแอลแมน
4. ศึกษา โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง
5. ศึกษาอัลกอริทึมแบคพรอพพาเกชัน
6. กำหนดวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบ
7. พัฒนาระบบเตรียมข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม
8. ทดสอบการใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบวิธีการพัฒนาระบบที่มีการนำกระบวนการพยากรณ์โดยใช้รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดต่างๆ ดังนี้ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง มาประยุกต์ใช้กับการทำนายข้อมูลว่าโครงข่ายประสาทเทียมชนิดใดมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่แม่นยำ โดยใช้ระยะเวลาการฝึกฝนที่สั้น และมีความเหมาะสมที่จะนำรูปแบบโครงข่ายหนึ่งไปใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งเพื่อประกอบกระบวนการตัดสินใจ

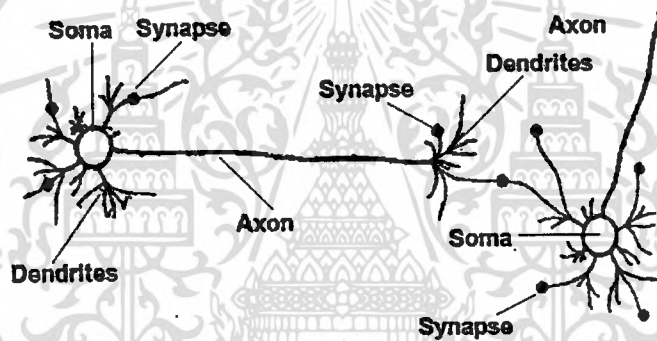
1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

Microsoft Visual C#.NET เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม บนระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งเป็นภาษาระดับสูงที่ใช้รูปแบบการเขียนโปรแกรมแบบเชิงวัตถุสมัยใหม่ (Modern Object Oriented Programming) จุดเด่นของภาษา Visual C# คือ การรวมเอาความสามารถของภาษา C++ มารวมกับความใช้งานง่ายของภาษา Visual Basic ทำให้ภาษา Visual C# เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ความน่าเชื่อถือสูง ในขณะที่เดียวกันใช้งานง่าย ทำให้การพัฒนาโปรแกรมทำได้ง่ายมีประสิทธิภาพ สะดวก, ง่ายขาย และรวดเร็ว

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

ในสมองของมนุษย์นั้นประกอบด้วยเซลล์ประสาทที่มีการเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยในแต่ละเซลล์จะประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Soma) ที่เป็นจุดรวมสัญญาณ, จุดเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ (Synapses), เคนไดรท์ (Dendrite) ที่แต่ละเซลล์ประกอบไปด้วยเส้นใยประสาทจำนวนมากที่ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุต และแอกซอน (Axon) เป็นเซลล์ปลายในการส่งกระแสประสาทซึ่งเป็นเหมือนเอาต์พุต



รูปที่ 2.1 การทำงานของเซลล์ประสาท

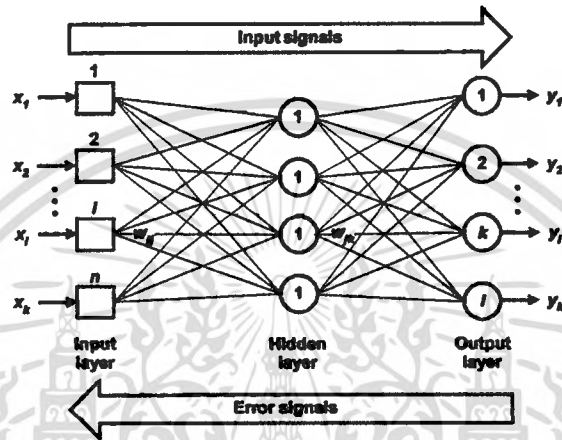
การทำงานของเซลล์ประสาทรูปที่ 2.1 จะทำงานด้วยวิธีปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อเซลล์มีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือจากเซลล์ด้วยกันเอง กระแสประสาทก็จะวิ่งเข้าสู่เคนไดรท์ (Dendrite) ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้า จากนั้นตัวเซลล์จะทำหน้าที่รวมอินพุตที่ผ่านการถ่วงน้ำหนักแล้วเพื่อประมวลผลด้วยฟังก์ชันกระตุ้นทำให้ได้เอาต์พุตออกมา เอาต์พุตที่ได้ถ้ากระแสประสาทแรงพอก็จะถูกส่งออกไปเป็นอินพุตให้กับเซลล์ประสาทอื่นต่อไป

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เป็นเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ชนิดหนึ่ง que สร้างขึ้นจำลองการทำงานของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ ให้มีความสามารถในการเรียนรู้ การจดจำรูปแบบและการอุปมาความรู้เช่นเดียวกับความสามารถของสมองมนุษย์ และในปัจจุบันโครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูลจำนวนมากที่ได้จากการสังเกตการณ์และนำมาวิเคราะห์จำแนกเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ สถาปัตยกรรมโครงข่ายที่ศึกษามีดังนี้คือ Multilayer neural network, Recurrent Neural

Network เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Multilayer Neural Network)

Multilayer Neural Network เป็นรูปแบบหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างเป็นแบบหลายชั้น มักใช้สำหรับงานที่มีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการเรียนรู้ได้เองจากข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้ที่มีการสอน (Supervised learning)



รูปที่ 2.2 โครงข่ายประสาทเทียมชนิดป้อนไปข้างหน้า

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดป้อนไปข้างหน้า นั้นประกอบด้วยโครงข่าย 3 ชั้น ดังนี้ ชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ตามลำดับ สัญญาณข้อมูลอินพุต x_1, x_2, \dots, x_n นั้นจะถูกส่งผ่านโครงข่ายจากทางด้านซ้ายไปทางด้านขวา และสัญญาณความผิดพลาด e_1, e_2, \dots, e_n จะถูกส่งผ่านโครงข่ายจากทางด้านขวาไปทางด้านซ้ายเพื่อทำการปรับค่าความผิดพลาดให้ลดลง

2.2.1 ขั้นตอนการทำงานของแมคทรอพเพกชันอัลกอริทึม (Back propagation Algorithm)

ขั้นตอนและวิธีการส่งค่าย้อนกลับมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดค่า

กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ โดยการสุ่มค่าที่อยู่ในช่วง $[0, 1]$

ขั้นตอนที่ 2: การกระตุ้นฟังก์ชันการทำงาน

ฟังก์ชันกระตุ้นที่นิรอลใช้ คือ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function)

- (a) การคำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดจะเริ่มที่ชั้นซ่อน โดยที่แต่ละโหนดจะทำการคำนวณค่าอินพุตที่รับเข้า มาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักดังสมการ

$$\text{net}_j = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ij} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพียง $\frac{1}{3}$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ x_i คือ ค่าสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามายังโหนดที่ i
 w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโหนดที่ i กับโหนดที่ j
 net_j คือ ค่าผลรวมที่เป็นค่าอินพุตที่โหนดที่ j ในชั้นซ่อน
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ป้อนเข้ามาในโหนดที่ j ในชั้นซ่อน

หลังจากได้ค่าผลรวมของค่าอินพุตแล้วค่าอินพุตที่ได้จะถูกส่งไปคำนวณผ่านฟังก์ชันกระตุ้นได้ดังสมการนี้

$$y_j = f(net_j) = \frac{1}{1 + e^{-net_j}} \quad (2.2)$$

จากนั้นทำการปรับสัญญาณออกจากโหนดในชั้นซ่อนด้วยฟังก์ชันกระตุ้นนั้นก็คือฟังก์ชันซิกมอยด์แล้วทำการส่งออกเพื่อใช้เป็นอินพุตของโหนดในชั้นต่อไป

- (b) การคำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดในชั้นเอาต์พุต สามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$net_k = \sum_{j=1}^m y_j w_{jk} \quad (2.3)$$

- เมื่อ m คือ จำนวนข้อมูลที่ป้อนเข้ามาในโหนดที่ k ในชั้นเอาต์พุต
 w_{jk} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโหนดที่ j กับโหนดที่ k
 net_k คือ ค่าผลรวมที่เป็นค่าอินพุตที่โหนดที่ k ในชั้นเอาต์พุต

การคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นจะทำเช่นเดียวกันกับชั้นซ่อน ดังสมการต่อไปนี้

$$y_k = f(net_k) = \frac{1}{1 + e^{-net_k}} \quad (2.4)$$

ขั้นตอนที่ 3: การตรวจสอบความผิดพลาด

หากผลลัพธ์ที่ได้จากโหนดในชั้นเอาต์พุตมีความแตกต่างจากค่าผลลัพธ์ที่ต้องการ นั้นหมายถึงเกิดความผิดพลาด (error) เกิดขึ้น

- (a) การคำนวณค่า error gradient ในโหนดที่ k ของชั้นเอาต์พุต ได้ดังสมการ

$$\delta_k = y_k (1 - y_k) e_k \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ δ_k คือ ค่า error gradient ของโหนดที่ k ในชั้นเอาต์พุต
 e_k คือ ค่าความผิดพลาดที่ได้จากการนำเอาต์พุตเป้าหมายลบกับค่าเอาต์พุตที่ต้องการซึ่งค่า e_k ในสมการที่ (2.5) หาได้จากสมการดังนี้

$$e_k = y_{d,k} - y_k \quad (2.6)$$

เมื่อ $y_{d,k}$ คือ ค่าเอาต์พุตเป้าหมายที่กำหนดไว้
 y_k คือ เอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณ
 e_k คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

(b) การคำนวณค่า error gradient ใน โหนดที่ j ของชั้นซ่อน ได้ดังสมการ

$$\delta_j = [y_j(1-y_j)] \left[\sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \right] \quad (2.7)$$

เมื่อ δ_j คือ ค่า Error gradient ของโหนดที่ j ในชั้นซ่อน
 m คือ จำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุต

ขั้นตอนที่ 4: การปรับค่าถ่วงน้ำหนัก

หากพบว่าค่าที่คำนวณได้มีค่าผิดพลาดจากเอาต์พุตที่เราต้องการ จะต้องทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อให้โครงข่ายหาค่าเอาต์พุตที่เราต้องการได้

(a) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักชั้นเอาต์พุต สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$w_{jk}^{p+1} = w_{jk} + \Delta w_{jk} \quad (2.8)$$

เมื่อ w_{jk}^{p+1} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักหลังปรับเปลี่ยน
 w_{jk} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักเดิมก่อนปรับเปลี่ยน

Δw_{jk} จากสมการที่ (2.8) หาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta w_{jk} = \eta y_j \delta_k \quad (2.9)$$

- เมื่อ Δw_{jk} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่แก้ไขในชั้นเอาต์พุต
 η คือ อัตราการเรียนรู้ (Learning)
 (b) การปรับค่าถ่วงในชั้นซ่อน สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$w_{ij}^{p+1} = w_{ij} + \Delta w_{ij} \quad (2.10)$$

Δw_{ij} สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{ij} = \eta x_i \delta_j \quad (2.11)$$

เมื่อ Δw_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่แก้ไขในชั้นซ่อน
 ชั้นตอนที่ 5: ขั้นตอนการฝึกฝน

การฝึกฝนของโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการฝึกฝนไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จะลดลงจนเป็นที่ยอมรับได้ ถึงจะหยุดการฝึกฝน

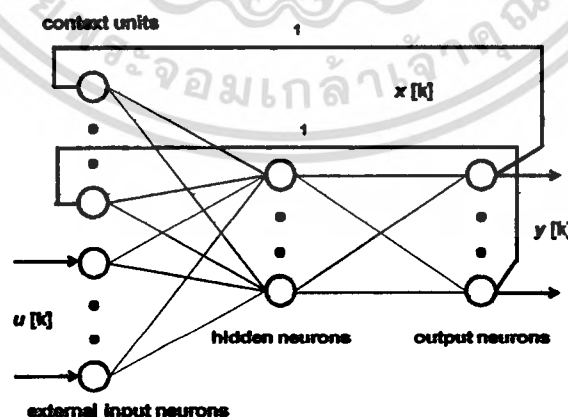
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network) เป็นโครงข่ายที่มีการปรับเปลี่ยนมาจากโครงข่ายแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า (Feedforward Neural Network) โดยการเพิ่มเติมในส่วนของการป้อนย้อนกลับ (feedback) จากบางชั้นของโหนดก่อนหน้า เพื่อช่วยทำให้เน็ตเวิร์กเกิดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลาในรูปแบบที่หลากหลายได้ การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network) จะมีการป้อนย้อนกลับ โดยการนำค่าเอาต์พุตที่ได้จากชั้นก่อนหน้า ป้อนย้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายได้อีก ซึ่งลักษณะของการป้อนย้อนกลับมี 2 แบบ คือการป้อนย้อนกลับจากภายใน (Internal Recurrent) โดยการนำค่าเอาต์พุตที่ได้จากชั้นซ่อนย้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับโครงข่าย และการป้อนย้อนกลับจากชั้นภายนอก (External Recurrent) โดยการนำค่าเอาต์พุตสุดท้ายที่ได้จากชั้นเอาต์พุตป้อนย้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับชั้นอินพุตแรกของโครงข่าย เพื่อสอนให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้ โดยทั่วไปแล้วการสอนให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้นั้น โครงข่ายจะต้องทำการสอนหลายๆรอบและในกรณีที่เป็นโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ เมื่อใส่ข้อมูลอินพุตเข้าสู่โครงข่ายในแต่ละช่วงเวลานั้น แต่ละโหนดในโครงข่ายจะทำการคำนวณค่าตามฟังก์ชันกระตุ้นในลักษณะ เช่นเดียวกับกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า มาใช้ในการสอนให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้ และจะ

ทำการคำนวณเพิ่มเติมในส่วนโครงข่ายตรงที่มีการนำเอาผลลัพธ์จากชั้น context โหนด เข้ามาทำการคำนวณเพิ่มด้วย ซึ่งจะส่งผลให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้มากขึ้น ดังนั้นทำให้เทคนิคการป้อนย้อนกลับได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network) มีดังนี้ โครงข่ายจอร์แดน (Jordan Network), โครงข่ายเอลแมน (Elman Network) และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง (Modified Recurrent Neural Network)

2.4 โครงข่ายจอร์แดน (Jordan Network)

โครงข่ายจอร์แดนมีการศึกษาครั้งแรกโดย Jordan เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการป้อนย้อนกลับบางส่วนประเภทหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยชั้น จำนวน 3 ชั้น คือชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต โดยชั้นอินพุตโหนด ประกอบด้วย กลุ่มของอินพุตโหนดภายนอก (External Input) และกลุ่มของอินพุตโหนดภายใน (Internal Input) หรือที่เรียกว่า context โหนด โดยหลักการเชื่อมต่อแบบป้อนย้อนกลับนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นเอาต์พุตจะถูกป้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับชั้นซ่อน โดยผ่านชั้น context โหนด และเมื่อได้ผลลัพธ์จาก context โหนดแล้ว จะใช้ป้อนเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายต่อไป context โหนดนั้น เป็นชั้นที่ถูกเพิ่มเข้ามาและอยู่ขนานกันกับชั้นอินพุต แต่ละโหนดในชั้นเอาต์พุตจะเชื่อมต่อกับโหนด 1 โหนดในชั้น context สำหรับชั้น context เป็นส่วนประกอบของโครงข่ายที่เปรียบเสมือนหน่วยความจำระยะสั้นของชั้นเอาต์พุตที่เก็บค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณชั้นที่ผ่านมา ดังนั้นจำนวน โหนดในชั้น context จะเท่ากับจำนวน โหนดในเอาต์พุต ในรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นภาพการทำงานของโครงข่ายจอร์แดน



รูปที่ 2.3 โครงข่ายจอร์แดน

ขั้นตอนในการเรียนรู้ มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดค่า

กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ โดยการสุ่มค่าที่อยู่ในช่วง $[0, 1]$

ขั้นตอนที่ 2: การกระตุ้นฟังก์ชันการทำงาน

- (a) คำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดจะเริ่มที่ชั้นซ่อน โดยรับอินพุตจากทั้งโหนดในชั้นอินพุตและชั้น context โดยเริ่มทำการคำนวณจากชั้นซ่อน ดังสมการ

$$\text{net}_j(t) = \sum_{i=1}^n x_i(t)w_{ij} + \sum_{h=1}^c w_{hj} C_h(t) \quad (2.12)$$

$$C_h(t) = y_k(t-1) \quad ; h=k \quad (2.13)$$

เมื่อ n คือ จำนวนโหนดของชั้นอินพุต

c คือ จำนวนโหนดในชั้น Context

$C_h(t)$ คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นเอาต์พุตรอบก่อนหน้า

หมายเหตุ ค่าอินพุตจาก context โหนดในรอบแรกจะถูกกำหนดเองโดยผู้ใช้งาน เนื่องจากรอบแรกยังไม่มีค่าผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นซ่อนทำให้ชั้น context โหนดยังไม่มีข้อมูลในอดีตที่จะใช้เป็นอินพุตให้กับโครงข่าย

หลังจากได้ค่าผลรวมของอินพุตแล้ว จะถูกส่งไปคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นซึ่งอยู่ในรูปดังสมการ

$$y_j = f(\text{net}_j) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_j}} \quad (2.14)$$

- (b) คำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดในชั้นเอาต์พุต สามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$\text{net}_k = \sum_{j=1}^m y_j w_{jk} \quad (2.15)$$

การคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นจะคำนวณเหมือนกันกับชั้นซ่อนดังสมการ

$$y_k = f(\text{net}_k) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_k}} \quad (2.16)$$

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณค่าความผิดพลาด

การคำนวณค่าความผิดพลาดจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับแบบคพอพพาเกชัน อัลกอริทึมของโครงสร้างแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า เพื่อปรับค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโหนดใดๆในโครงข่าย

(a) การคำนวณค่า error gradient ของชั้นเอาต์พุต สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\delta_k = y_k(1 - y_k)e_k \quad (2.17)$$

ซึ่งค่า e_k ในสมการที่ (2.17) หาได้จากสมการดังนี้

$$e_k = y_{d,k} - y_k \quad (2.18)$$

เมื่อ $y_{d,k}$ คือ ค่าเอาต์พุตเป้าหมายที่กำหนดไว้

y_k คือ เอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณ

e_k คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

(b) การคำนวณค่า error gradient ของชั้นซ่อน ได้ดังสมการ

$$\delta_j = [y_j(1 - y_j)] \left[\sum_{k=1}^m w_{jk} \delta_k \right] \quad (2.19)$$

เมื่อ η คือ อัตราการเรียนรู้

δ_j คือ ค่า error gradient ของชั้นซ่อน

ขั้นตอนที่ 4: ปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนัก

หากพบว่าค่าที่คำนวณได้มีความผิดพลาดจากค่าเอาต์พุตที่เราคำนวณได้ จะทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก

(a) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักจากชั้นเอาต์พุต สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{jk}(t+1) = w_{jk} + \Delta w_{jk}(t) \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\Delta w_{jk}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{jk}(t) = \eta y_j(t) \delta_k(t) \quad (2.21)$$

(b) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักของชั้นซ่อน สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij} + \Delta w_{ij}(t) \quad (2.22)$$

Δw_{ij} หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{ij} = \eta x_i \delta_j \quad (2.23)$$

(c) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักของชั้น context สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{hj}(t+1) = w_{hj} + \Delta w_{hj}(t) \quad (2.24)$$

$\Delta w_{hj}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{hj}(t) = \eta C_h(t) \delta_j(t) \quad (2.25)$$

$$C_h(t) = y_k(t-1) \quad (2.26)$$

เมื่อ $C_h(t)$ คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นเอาต์พุตรอบก่อนหน้าที่ใช้ป้อนเป็นอินพุตให้กับชั้น context โหนด

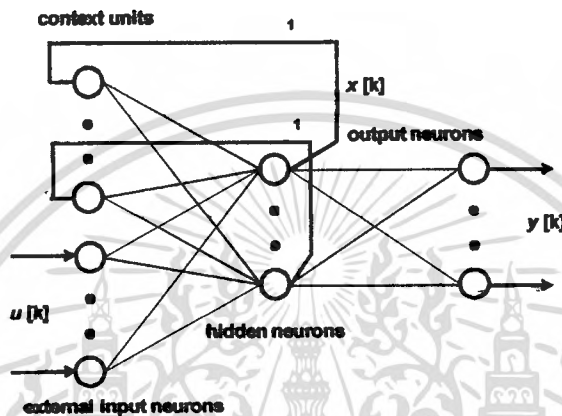
ขั้นตอนที่ 5: ขั้นตอนการฝึกฝน

การฝึกฝนของโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการฝึกฝนไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จะลดลงจนเป็นที่ยอมรับได้ ถึงจะหยุดการฝึกฝน

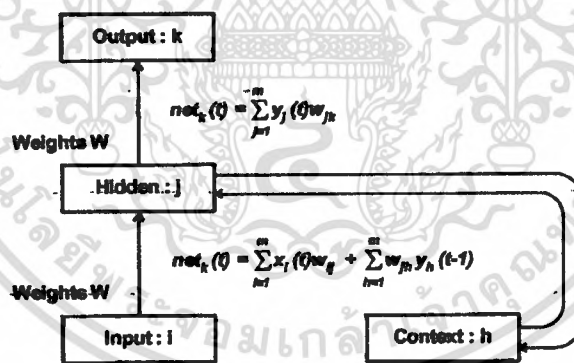
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โครงข่ายแอดแมน (Elman Network)

โครงข่ายแอดแมน เป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำซึ่งเป็นโมเดลแรกที่ถูกนำเสนอโดยแอดแมน ซึ่งเป็นโครงข่ายแบบวนซ้ำเฉพาะส่วน (Recurrent Neural Network) ซึ่งมีการปรับปรุงมาจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feedforward Neural Network) โดยลักษณะการทำงานของโครงข่ายสามารถแสดงให้เห็น โดยรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงข่ายแอดแมน



รูปที่ 2.5 การเรียนรู้ของโครงข่ายแอดแมน

โครงข่ายแอดแมนเป็นโครงสร้างที่มีการวนซ้ำชนิดหนึ่งที่จะประกอบด้วย ชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน, ชั้นเอาต์พุต และชั้นของการป้อนกลับ (context layer) โดยเอาต์พุตของชั้นซ่อนจะถูกป้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับชั้นซ่อน โดยผ่านชั้น context ที่เป็นเสมือนหน่วยความจำระยะสั้นที่ทำหน้าที่บันทึกจดจำสถานะของชั้นซ่อนจากการคำนวณในชั้นที่ผ่านมา ชั้น context แต่ละโหนดจะเชื่อมต่อกับโหนดในชั้นซ่อนแบบทั่วถึง (fully connection) ในชั้นข้างเคียง โดยในการเชื่อมต่อแบบป้อนย้อนกลับนั้นค่าถ่วงน้ำหนักจะถูกกำหนดไว้เท่ากับ 1 เสมอ ซึ่งต่างจากการเชื่อมต่อแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีการปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักในช่วงที่มีการเรียนรู้ได้ โครงข่ายแอดแมนนี้ เมื่อจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ข้อมูลอินพุตเข้าสู่โครงข่ายในแต่ละช่วงเวลานั้น แต่ละโหนดในโครงข่ายจะทำการคำนวณค่าตามฟังก์ชันกระตุ้นในลักษณะเดียวกันกับโครงข่ายแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้าแต่จะนำโหนดในชั้น context เพิ่มเข้ามาคำนวณด้วย โดยแต่ละครั้งของการสอนให้เน็ตเวิร์กเกิดการเรียนรู้นั้นจะมีการบันทึกค่าเอาต์พุตจากโหนดในชั้นซ่อนไปเก็บไว้ยังส่วนที่เป็นชั้น context เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของอินพุตในการสร้างแบบจำลองให้กับระบบ เนื่องจากโครงข่ายแอสซิมเมตริกมีลักษณะการเชื่อมต่อแบบวนซ้ำจึงทำให้ทำงานกับระบบพลวัต (dynamic system) ได้ดีกว่าการเชื่อมต่อที่เป็นแบบสถิตย์ (static system) โครงข่ายแอสซิมเมตริกส่วนมากนิยมนำมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำคำพูด (speech recognition) และการพยากรณ์อนุกรมเวลาในรูปแบบที่หลากหลายได้

ขั้นตอนในการเรียนรู้ มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดค่า

กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ โดยการสุ่มค่าที่อยู่ในช่วง $[0, 1]$

ขั้นตอนที่ 2: การกระตุ้นฟังก์ชันการทำงาน

(a) กำหนดหาผลลัพธ์ของโหนดจะเริ่มที่ชั้นซ่อน โดยรับอินพุตจากทั้งโหนดในชั้นอินพุตและชั้น context จะเริ่มทำการคำนวณจากชั้นซ่อน ดังสมการ

$$\text{net}_j(t) = \sum_{i=1}^n x_i(t)w_{ij} + \sum_{h=1}^c w_{jh} C_h(t) \quad (2.27)$$

$$C_h(t) = y_j(t-1) \quad (2.28)$$

เมื่อ n คือ จำนวน โหนดของชั้นอินพุต

C คือ จำนวน โหนดของชั้น context

$y_j(t-1)$ คือ ผลลัพธ์ของชั้นซ่อนในรอบก่อนหน้า

หมายเหตุ ค่าอินพุตจาก context โหนดในรอบแรกจะถูกกำหนดเองโดยผู้ใช้งาน เนื่องจากรอบแรกยังไม่มีค่าผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นซ่อนทำให้ชั้น context โหนดยังไม่มีข้อมูลในอดีตที่จะใช้ป้อนอินพุตให้กับโครงข่าย

หลังจากได้ค่าผลรวมของอินพุตแล้ว จะถูกส่งไปคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นซึ่งอยู่ในรูปดังสมการ

$$y_j = f(\text{net}_j) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_j}} \quad (2.29)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา โดยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดในชั้นเอาต์พุต สามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$\text{net}_k = \sum_{j=1}^m y_j w_{jk} \quad (2.30)$$

การคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นจะคำนวณเหมือนกันกับชั้นซ่อนดังสมการ

$$y_k = f(\text{net}_k) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_k}} \quad (2.31)$$

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณค่าความผิดพลาด

การคำนวณค่าความผิดพลาดจะมี ลักษณะเช่นเดียวกับกับแบคพรอพพาเกชัน อัลกอริทึมของโครงสร้างแบบส่งสัญญาณ ไปข้างหน้า เพื่อปรับค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโหนดใดๆในโครงข่าย

(a) การคำนวณค่า error gradient ของชั้นเอาต์พุต ดังสมการต่อไปนี้

$$\delta_k = y_k [1 - y_k] e_k \quad (2.32)$$

e_k ในสมการที่ (2.32) หาได้จากสมการดังนี้

$$e_k = y_{d,k} - y_k \quad (2.33)$$

เมื่อ $y_{d,k}$ คือ ค่าเอาต์พุตเป้าหมายที่กำหนดไว้

y_k คือ เอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณ

e_k คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

(b) การคำนวณค่า error gradient ในโหนดที่ j ของชั้นซ่อน ได้ดังสมการ

$$\delta_j = \left[y_j (1 - y_j) \right] \left[\sum_{k=1}^m w_{jk} \delta_k \right] \quad (2.34)$$

เมื่อ η คือ อัตราการเรียนรู้

δ_j คือ ค่า error gradient ของโหนดที่ j ในชั้นซ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4: การปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนัก

หากพบว่าค่าที่คำนวณได้มีความผิดพลาดจากค่าเอาต์พุตที่เราคำนวณได้ จะทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก

(a) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักจากชั้นเอาต์พุต สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{jk}(t+1) = w_{jk} + \Delta w_{jk}(t) \quad (2.35)$$

$\Delta w_{jk}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{jk}(t) = \eta y_j(t) \delta_k(t) \quad (2.36)$$

(b) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักใหม่แต่ละตัวของชั้นซ่อน สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}(t) \quad (2.37)$$

$\Delta w_{ij}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{ij}(t) = \eta x_i(t) \delta_j(t) \quad (2.38)$$

(c) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักใหม่แต่ละตัวของชั้น context สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{hj}(t+1) = w_{hj} + \Delta w_{hj}(t) \quad (2.39)$$

$\Delta w_{hj}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{hj}(t) = \eta C_h(t) \delta_j(t) \quad (2.40)$$

$$C_h(t) = y_j(t-1) \quad (2.41)$$

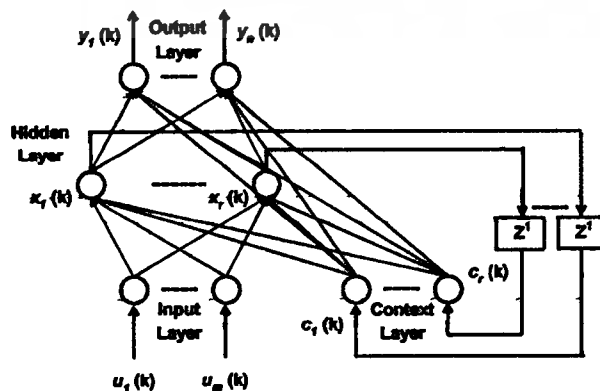
เมื่อ $C_h(t)$ คือ ผลลัพธ์จากชั้นซ่อนรอบก่อนหน้าที่ใช้ป้อนเป็นอินพุตให้กับชั้นซ่อน

ขั้นตอนที่ 5: ขั้นตอนการฝึกฝน

การฝึกฝนของโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการฝึกฝน ไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จะลดลงจนเป็นที่ยอมรับได้ ถึงจะหยุดการฝึกฝน

2.6 โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง (Modified Recurrent Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมปรับปรุงใหม่ เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบแอลแมนที่ปรับปรุงใหม่ จะประกอบด้วย ชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน, ชั้นเอาต์พุต และชั้นของการป้อนกลับ (context layer) เหมือนกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำทั่วไป แตกต่างกันเพียงจะมีการเพิ่มเติมในส่วนของการป้อนย้อนกลับ (feedback) จากชั้น context โหนด ให้สามารถป้อนผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากชั้นซ่อนในรอบก่อนหน้าป้อนกลับเข้าเป็นอินพุตให้กับชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต ได้อีกครั้ง จากเดิมที่โครงข่ายแอลแมนมีการป้อนย้อนกลับให้เฉพาะชั้นซ่อนเท่านั้นเมื่อมีการเพิ่มการป้อนย้อนกลับให้ชั้นเอาต์พุตด้วยจึงส่งผลให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้ข้อมูลในลักษณะอนุกรมเวลามากขึ้นเนื่องจากการปรับค่าถ่วงน้ำหนักสามารถทำไปพร้อมๆ กัน ได้ทั้งในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเพิ่มเติมในส่วนของการป้อนย้อนกลับเพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้การทำงานของโครงข่ายมีความซับซ้อนตามไปด้วย ใน โครงงานฉบับนี้ ได้ทำทดลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงว่าเมื่อมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนของการป้อนย้อนกลับให้โครงข่ายสามารถป้อนย้อนกลับได้ทั้งชั้นเอาต์พุตและชั้นซ่อนจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการพยากรณ์ข้อมูลมากน้อยอย่างไรเมื่อเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมชนิดอื่นๆ จากรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึง โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง



รูปที่ 2.6 โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบปรับปรุง มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดค่า

กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ โดยการสุ่มค่าที่อยู่ในช่วง $[0, 1]$

ขั้นตอนที่ 2: การกระตุ้นฟังก์ชันการทำงาน

- (a) คำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดจะเริ่มที่ชั้นซ่อน โดยรับอินพุตจากทั้งโหนดในชั้นอินพุตและชั้น context โดยเริ่มทำการคำนวณจากชั้นซ่อน ดังสมการ

$$\text{net}_j(t) = \sum_{i=1}^n x_i(t)w_{ij} + \sum_{h=1}^c w_{jh} C_h(t) \quad (2.42)$$

$$C_h(t) = y_j(t-1) \quad ; h=j \quad (2.43)$$

เมื่อ $C_h(t)$ คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นซ่อนในรอบก่อนหน้า

n คือ จำนวนโหนดของชั้นอินพุต

c คือ จำนวนโหนดของชั้น context

หลังจากได้ค่าผลรวมของอินพุตแล้ว จะถูกส่งไปคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นซึ่งอยู่ในรูปดัง

สมการ

$$y_j = f(\text{net}_j) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_j}} \quad (2.44)$$

- (b) คำนวณหาผลลัพธ์ของโหนดในชั้นเอาต์พุต โดยรับอินพุตจากทั้งโหนดในชั้นซ่อนและชั้น context สามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$\text{net}_k(t) = \sum_{j=1}^m y_j(t)w_{jk} + \sum_{h=1}^c w_{hk} C_h(t) \quad (2.45)$$

$$C_h(t) = y_j(t-1) \quad ; h=j \quad (2.46)$$

w_{hk} ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นเอาต์พุตกับชั้น context โหนด

การคำนวณค่าฟังก์ชันกระตุ้นจะคำนวณเหมือนกันกับชั้นซ่อนดังสมการ

$$y_k = f(\text{net}_k) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_k}} \quad (2.47)$$

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณค่าความผิดพลาด

การคำนวณค่าความผิดพลาดจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับแบบคอรอปพาทาเกชันอัลกอริทึมของโครงสร้างแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า เพื่อปรับค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโหนดใดๆในโครงข่าย

- (a) การคำนวณค่า error gradient ชั้นเอาต์พุต ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\delta_k = y_k (1 - y_k) e_k \quad (2.48)$$

e_k ในสมการที่ (2.48) หาได้จากสมการดังนี้

$$e_k = y_{d,k} - y_k \quad (2.49)$$

เมื่อ $y_{d,k}$ คือ ค่าเอาต์พุตเป้าหมายที่กำหนดไว้

y_k คือ เอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณ

e_k คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

- (b) การคำนวณค่า error gradient ของชั้นซ่อน คำนวณได้ดังสมการ

$$\delta_j = \left[y_j (1 - y_j) \right] \left[\sum_{k=1}^m w_{jk} \delta_k \right] \quad (2.50)$$

เมื่อ η คือ อัตราการเรียนรู้

$\delta_j(t)$ คือ ค่า error gradient ของชั้นซ่อน คำนวณได้ดังสมการ

ขั้นตอนที่ 4: การปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนัก หากพบว่าค่าที่คำนวณได้มีความผิดพลาดจากค่าเอาต์พุตที่เราคำนวณได้

- (a) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักจากชั้นเอาต์พุต สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{jk}(t+1) = w_{jk} + \Delta w_{jk}(t) \quad (2.51)$$

$\Delta w_{jk}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta w_{jk}(t) = \eta y_j(t) \delta_k(t) \quad (2.52)$$

(b) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักของชั้นซ่อน สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij} + \Delta w_{ij}(t) \quad (2.53)$$

Δw_{ij} หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{ij}(t) = \eta x_i(t) \delta_j(t) \quad (2.54)$$

(c) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้น context กับชั้นซ่อน สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{hj}(t+1) = w_{hj} + \Delta w_{hj}(t) \quad (2.55)$$

$\Delta w_{hj}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{hj}(t) = \eta y_j(t-1) \delta_j(t) \quad (2.56)$$

(d) การปรับค่าถ่วงน้ำหนักของชั้น context กับชั้นเอาต์พุต สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$w_{hk}(t+1) = w_{hk} + \Delta w_{hk}(t) \quad (2.57)$$

$\Delta w_{hk}(t)$ หาได้จากสมการดังนี้

$$\Delta w_{hk}(t) = \eta y_j(t-1) \delta_k(t) \quad (2.58)$$

ขั้นตอนที่ 5: ขั้นตอนการฝึกฝน

การฝึกฝนการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการฝึกฝนไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จะลดลงจนเป็นที่ยอมรับได้ ถึงจะหยุดการฝึกฝน

2.7 ความผิดพลาดจากการพยากรณ์

ความถูกต้องจากการพยากรณ์นับว่าเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้พยากรณ์ โดยความถูกต้องขึ้นอยู่กับผลต่างๆ ของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการพยากรณ์ ซึ่งเกิดจากค่าจริงลบกับค่า พยากรณ์ซึ่งถ้าผลต่างนี้ไม่มีความต่างมากนักถือเป็นการพยากรณ์ที่สามารถควบคุมได้ คือ ตัวแบบนั้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลนั้นๆ แต่ถ้าผลต่างนั้นมีค่าความต่างกันมากแสดงว่าการพยากรณ์นั้นไม่สามารถควบคุมได้นั้นคือตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์นั้นไม่เหมาะสมจึงควรทำการปรับเปลี่ยนตัวแบบพยากรณ์นั้นให้เหมาะสมก่อนที่จะนำค่าพยากรณ์นั้น ไปใช้งาน

2.7.1 ค่าสถิติที่วัดความถูกต้องของการพยากรณ์

การวัดค่าความถูกต้องที่ใช้ในโปรแกรมนี้มีดังนี้

- **RMSE (Root Mean Square Error)** เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2\right)} \quad (2.59)$$

- **MAPE (Mean Absolute Percentage Error)** เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนค่าสัมบูรณ์

$$MAPE = \frac{1}{n} \left[\sum \frac{e^t}{a^t} \right] \quad (2.60)$$

- เมื่อ
- a คือ ค่าความจริงของ Period
 - n คือ จำนวน Period

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาโครงการนี้ เป็นการนำทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนย้อนกลับที่ใช้แบบพหุพหุภาคชันอัลกอริทึม มาพัฒนาเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ นำมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนย้อนกลับชนิดต่างๆ ดังนี้ คือ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายเอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง โดยการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. โครงสร้างแบบจำลอง
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน
3. การออกแบบโปรแกรมจำลอง
4. ขั้นตอนการทำงานของ โปรแกรมประยุกต์
5. ขั้นตอนการทำการทดลอง

3.1 โครงสร้างแบบจำลอง

โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำโดยทั่วไปจะประกอบด้วยโครงสร้างการทำงานที่แบ่งเป็นจำนวนชั้นการทำงานทั้งหมด 3 ชั้นดังนี้ คือ

1. ชั้นอินพุตโหนด (Input node) เป็นชั้นที่รับข้อมูลเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนย้อนกลับจะรับอินพุตทั้งภายใน (internal recurrent) โครงข่าย โดยการนำค่าเอาต์พุตที่ได้จากชั้นใดๆป้อนย้อนกลับมาเป็นอินพุตให้กับชั้นอินพุตของโครงข่าย และรับอินพุตจากภายนอก (external recurrent) ซึ่งจำนวนอินพุตโหนดที่รับมาจากภายนอก ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้เองตามความต้องการ
2. ชั้นซ่อน (Hidden node) เป็นชั้นของฟังก์ชันการทำงานต่างๆ เช่นในที่นี้ใช้ Sigmoid function โดยจำนวนโหนดในชั้นซ่อนผู้ใช้สามารถกำหนดได้ด้วยตามความต้องการ
3. ชั้นเอาต์พุต (Output node) เป็นชั้นที่บอกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากชั้นเอาต์พุตของโครงข่าย โดยจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตผู้ใช้สามารถกำหนดได้ตามความต้องการ
4. ชั้น Context (Context node) เป็นเหมือนชั้นความจำระยะสั้นที่ทำหน้าที่บันทึกจดจำสถานะผลลัพธ์ของชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตจากการคำนวณในชั้นที่ผ่านมา ชั้น context แต่ละโหนด

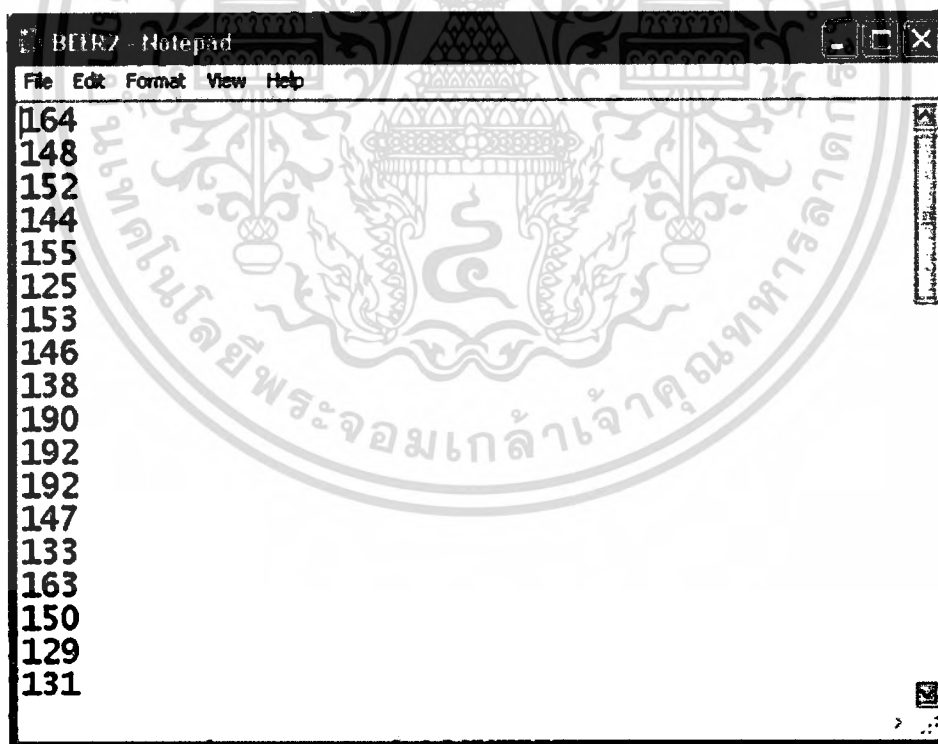
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเชื่อมต่อกับโหนดในชั้นซ่อนแบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดยในการเชื่อมต่อแบบป้อนย้อนกลับนั้นค่าถ่วงน้ำหนักจะถูกกำหนดไว้เท่ากับ 1 เสมอ

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการศึกษาโครงการนี้ เป็นการนำทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำที่ใช้อัลกอริทึมแบคพรอพพาเกชันในการเรียนรู้ มาพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนย้อนกลับชนิดต่างๆดังนี้คือ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง ว่าโครงข่ายชนิดใดมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ดีที่สุด โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ซีชาร์ปดอทเน็ต (C#.NET) ในการพัฒนาโปรแกรม โดยมีขั้นตอนในกาดำเนินงานดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล เริ่มจากการเลือกชุดข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลามาใช้เป็นอินพุตให้กับโครงข่ายโดยมีการจัดรูปแบบข้อมูลเป็นแถว ซึ่งแต่ละแถวจะมีข้อมูลจำนวน 1 ข้อมูล เพื่อป้อนเป็นอินพุตให้กับโครงข่าย โดยรูปแบบของอินพุต แสดงดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 รูปแบบข้อมูลที่รับเข้าสู่โปรแกรม

2. ขั้นตอนการนอร์มอลไลเซชัน (normalization) เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่

1 มาปรับเปลี่ยนให้ข้อมูลมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด เพื่อให้ข้อมูลสามารถนำไปใช้งานกับอัลกอริทึมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบคัพพทาเกชันอัลกอริทึมและให้สอดคล้องกับฟังก์ชันที่นำมาใช้ฟังก์ชันกระดุน (Sigmoid function) การนอร์มอลไลเซชันทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Normalize data} = \left[\frac{\text{data} - \text{min}}{\text{max} - \text{min}} \right] \times [\text{max}_s - \text{min}_s] + \text{min}_s \quad (3.1)$$

- เมื่อ max คือ ข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด
 min คือ ข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุด
 max_s คือ ค่าข้อมูลที่ต้องการให้มีค่ามากที่สุด
 min_s คือ ค่าข้อมูลที่ต้องการให้น้อยที่สุด

3. ขั้นตอนในการแบ่งข้อมูลในการทดสอบและสอน โครงข่าย นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาทำการแบ่งข้อมูลสำหรับในการฝึกสอนและการทดสอบ

4. ขั้นตอนในการสอนโครงข่าย นำข้อมูลการฝึกสอนที่ได้จากข้อ 3 มาป้อนเป็นชุดอินพุตให้กับโปรแกรมที่ได้สร้างเป็นแบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนย้อนกลับ เพื่อทำการฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียมเกิดการเรียนรู้

5. ขั้นตอนในการทดสอบโครงข่าย หลังทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจนเป็นที่พอใจ จากนั้นนำข้อมูลทดสอบมาทำการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ดูความถูกต้องของการพยากรณ์

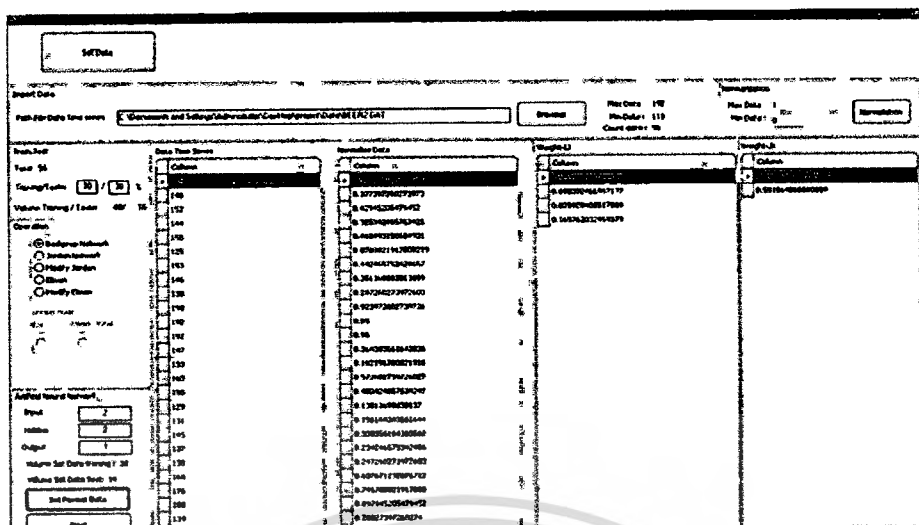
3.3 การออกแบบโปรแกรมจำลอง

กระบวนการออกแบบและการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ มีดังนี้

- จัดเตรียมข้อมูลเข้าสู่ระบบ
- ทำการนอร์มอลไลเซชัน
- เตรียมข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ และ ฝึกฝนโครงข่าย
- ทำการประมวลผลโครงข่าย
- แสดงผลการทดลองเป็นกราฟ

3.3.1 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมประยุกต์มีลักษณะเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object oriented programming) โดยจัดแบ่งหน้าที่การทำงานส่วนต่างๆเป็นฟังก์ชัน ดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงฟังก์ชันการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

3.3.1.1 ฟังก์ชันนอร์มอลไลเซชันข้อมูล (Normalization)

เป็นฟังก์ชันการทำงานที่รับค่าอินพุตข้อมูลเข้ามา แล้วนำมาหาค่าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการสอนโครงข่าย โดยนำข้อมูลมาปรับเปลี่ยนค่าเพื่อให้ข้อมูลอยู่ในช่วงค่าที่กำหนด

3.3.1.2 ฟังก์ชันการจัดแบ่งข้อมูลการฝึกสอนและการทดสอบ

เป็นฟังก์ชันสำหรับการแบ่งข้อมูลที่ผ่านการนอร์มอลไลเซชันเรียบร้อยแล้ว นำมาแบ่งข้อมูลในส่วนทดสอบและข้อมูลในส่วนฝึกสอน โดยรับข้อมูลการฝึกสอนเป็นเปอร์เซ็นต์และทำการคำนวณหาจำนวนข้อมูลที่ใช้ทำการฝึกสอนและข้อมูลที่ใช้ทำการทดสอบ

3.3.1.3 ฟังก์ชันการจัดเตรียมค่าข้อมูลสำหรับโครงข่าย

เป็นฟังก์ชันสำหรับกำหนดโครงสร้างของโครงข่าย ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรแบบผู้ใช้กำหนดค่าคงที่และตัวแปรที่ผู้ใช้กำหนดโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแบคพรอพพาคชันเน็ตเวิร์ค (Back-propagation)

ตัวแปรแบบผู้ใช้กำหนดเป็นค่าคงที่มีดังนี้

- จำนวนรอบการทำงานของโปรแกรม (Training Epoch)
- ค่าผิดพลาดที่โปรแกรมสามารถยอมรับได้ (Acceptable Error)
- ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate)

ตัวแปรแบบผู้ใช้กำหนดเป็นโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-propagation มีดังนี้

- จำนวนโหนดในชั้นอินพุตที่ใช้เป็นค่าที่ป้อนเข้าโครงข่าย
- จำนวนโหนดในชั้นซ่อน
- จำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุต

3.3.1.4 ฟังก์ชันควบคุมการทำงานของโครงข่าย

เป็นฟังก์ชันสอน โครงข่าย จะทำงานตามอัลกอริทึมคั้งที่ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 ในการทำงานส่วนนี้โปรแกรมจะใช้อินพุตจากที่ได้เตรียมไว้แล้วมาประมวลผลข้อมูล โดยแบ่งส่วนออกเป็น

- ส่วนของข้อมูล Input ที่ผ่านกระบวนการนอร์มอลไลเซชันแล้ว
- ส่วนของข้อมูลค่าน้ำหนักซึ่งได้มาจากการสุ่มค่า (Random) แล้วดำเนินการประมวลผลโดยโปรแกรมจะทำงานวนลูปจนกระทั่งค่าผลรวมของค่าผิดพลาดที่ได้จากการทำงานมีค่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ โดยค่าเหล่านี้จะได้อมาจากการกำหนดไว้ใน โมดูลการจัดเตรียมค่าข้อมูลสำหรับโครงข่าย

3.3.1.5 ฟังก์ชันสำหรับการทดสอบ

เป็นฟังก์ชันสำหรับการทดสอบ โดยมีลักษณะการทำงานเหมือนกับฟังก์ชันควบคุมการทำงานของโครงข่าย แต่ข้อมูลที่นำมาใช้จะต่างกัน โดยข้อมูลที่นำมาใช้จะเป็นส่วนที่มีการบันทึก เก็บค่าต่างๆ เอาไว้ เช่น ค่าอินพุต ค่าน้ำหนักต่างๆ

3.3.1.6 ฟังก์ชันบันทึกข้อมูล

เป็นฟังก์ชันสำหรับบันทึกค่าน้ำหนักหลังจากการปรับปรุงแล้ว เก็บค่าจำนวน Input Node, Hidden Node, ค่าน้ำหนัก และค่าตัวแปรต่างๆ โดยจะบันทึกลงบนไฟล์ เพื่อเตรียมนำไปใช้สำหรับการทดสอบแบบจำลองต่อไป

3.3.1.7 ฟังก์ชันหาค่าผิดพลาดของข้อมูลทางสถิติ

เป็นฟังก์ชันสำหรับคำนวณหาค่าผิดพลาดของ Output มีสองวิธีการคือ RMSE (Root Mean Square Error) และ MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เป็นการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์โดยดูจากค่าความคลาดเคลื่อน

3.3.1.8 ฟังก์ชันแสดงผลลัพธ์ข้อมูล

เป็น โมดูล ในการแสดงผลลัพธ์ข้อมูลออกมาเป็นตัวเลขและทำการส่งค่าข้อมูลต่างๆ ไปยังโปรแกรม Microsoft Office Excel เพื่อนำค่าที่ได้ไปทำการแปลงเป็นกราฟ หรือเพื่อให้เก็บบันทึกข้อมูลได้โดยง่าย

3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์

เพื่อให้เห็นภาพรวมของการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ สามารถแสดงเป็นขั้นตอนการทำงานโดยรวมได้ดังนี้ เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการเลือกชุดข้อมูลที่ต้องการทำการฝึกสอน
2. ใส่ขอบเขตบนและขอบเขตล่าง ในการ Normalization ข้อมูล
3. ทำการ Normalization ข้อมูลให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด
4. ทำการใส่จำนวนเปอร์เซ็นต์ข้อมูลที่ต้องการทำการทดสอบ
5. ทำการเลือกข้อมูลสำหรับการฝึกสอน
6. กำหนดค่า Input node, Hidden node และ Output node เพื่อใช้สำหรับในการสุ่มค่าน้ำหนัก
7. ทำการสุ่มค่าน้ำหนักเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นของการเรียนรู้โครงข่าย โดยค่าน้ำหนักจะสุ่มอยู่ในช่วง 0 ถึง 1
8. ทำการกำหนดค่าการเรียนรู้ (Learning Rate) จำนวนรอบที่ต้องการให้ทำการเรียนรู้ (Training Epoch) และ ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (Acceptable Error)
9. ทำการเรียนรู้โครงข่าย โดยใช้ค่าต่างๆ ที่เกิดจากการป้อนค่าอินพุตต่างๆ ที่ใช้ในการเรียนรู้ โครงข่ายเพื่อให้มีการปรับค่าน้ำหนักไปเรื่อยๆ จนได้ค่าน้ำหนักที่มีความเหมาะสม โดยจะหยุดการเรียนรู้เมื่อค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการเรียนรู้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้
10. ทำการบันทึกค่าต่างๆ ที่เกิดจากการเรียนรู้จากการฝึกสอน
11. ทำการเลือกข้อมูลสำหรับการทดสอบให้ตรงกับชุดข้อมูลที่ทำการฝึกสอน
12. ทำการทดสอบโครงข่ายเพื่อดูค่าพยากรณ์ที่เกิดจากโปรแกรมประยุกต์ โดยจะใช้ค่าต่างๆ ที่เกิดจากการเรียนรู้จากการฝึกสอนโครงข่าย โดยเลือกรายละเอียดโครงสร้างของโครงข่ายที่ได้จากการทดสอบที่เหมาะสมมาใช้สำหรับการทดสอบ
13. ถ้าต้องการส่งผลการพยากรณ์ สามารถกดปุ่ม report เพื่อส่งค่าผลลัพธ์ออกไปยังโปรแกรม Microsoft Office Excel

3.5 ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. ทำการทดลองใส่ค่าให้กับชั้น Input node, Hidden node, Output node โดยทำการเลือกค่าที่ทำให้ได้ค่าความผิดพลาดจากการทดลองน้อยที่สุดโดยกำหนดค่าให้กับชั้น Input node, Hidden node และ Output Node ของโครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง
2. นำค่า Input node, Hidden node, Output Node ของโครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงที่กำหนดไว้ไปหาค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในข้อมูลการฝึกสอนทั้ง 4 ชุดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบให้ตรงกับชุดข้อมูลที่ทำการศึกษาเพื่อมาทำการทดสอบกับค่า Input node, Hidden node, Output node และค่าน้ำหนักที่หาได้จากข้อที่ 2
- นำผลของค่าความผิดพลาดจากการทดสอบของแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองการทำงานจากการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองด้วยรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ โดยใช้อัลกอริทึม Back-Propagation โดยแบ่งการอธิบายออกเป็นส่วนต่างๆดังนี้

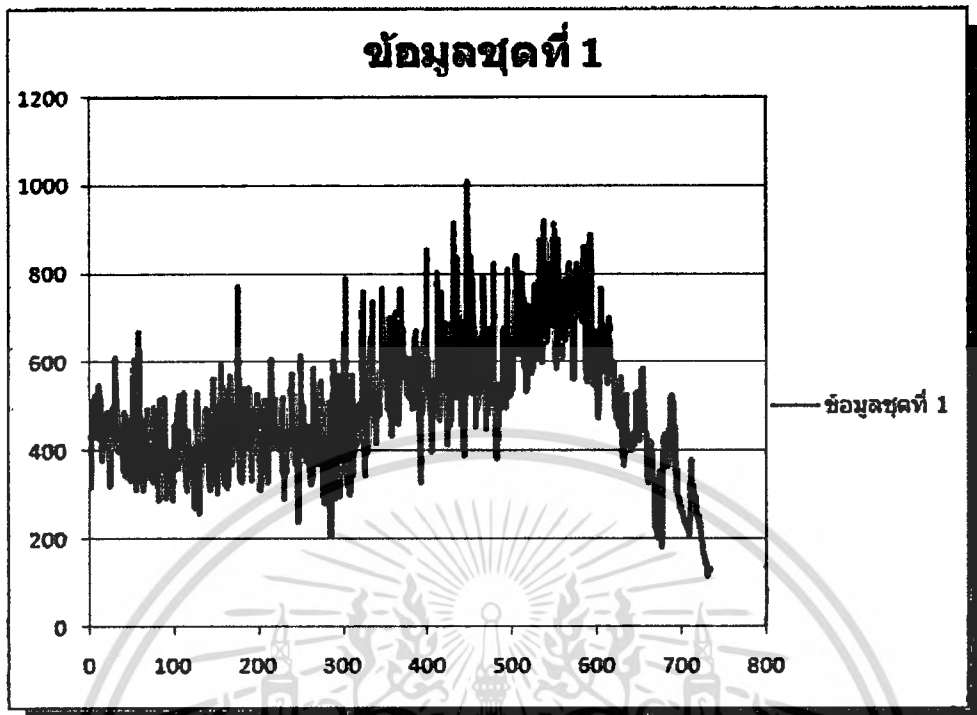
- 4.1 ส่วนของการจัดเตรียมข้อมูล
- 4.2 ส่วนการทำการหาค่าความผิดพลาด
- 4.3 ส่วนการเปรียบเทียบข้อมูล

4.1 การเตรียมข้อมูล

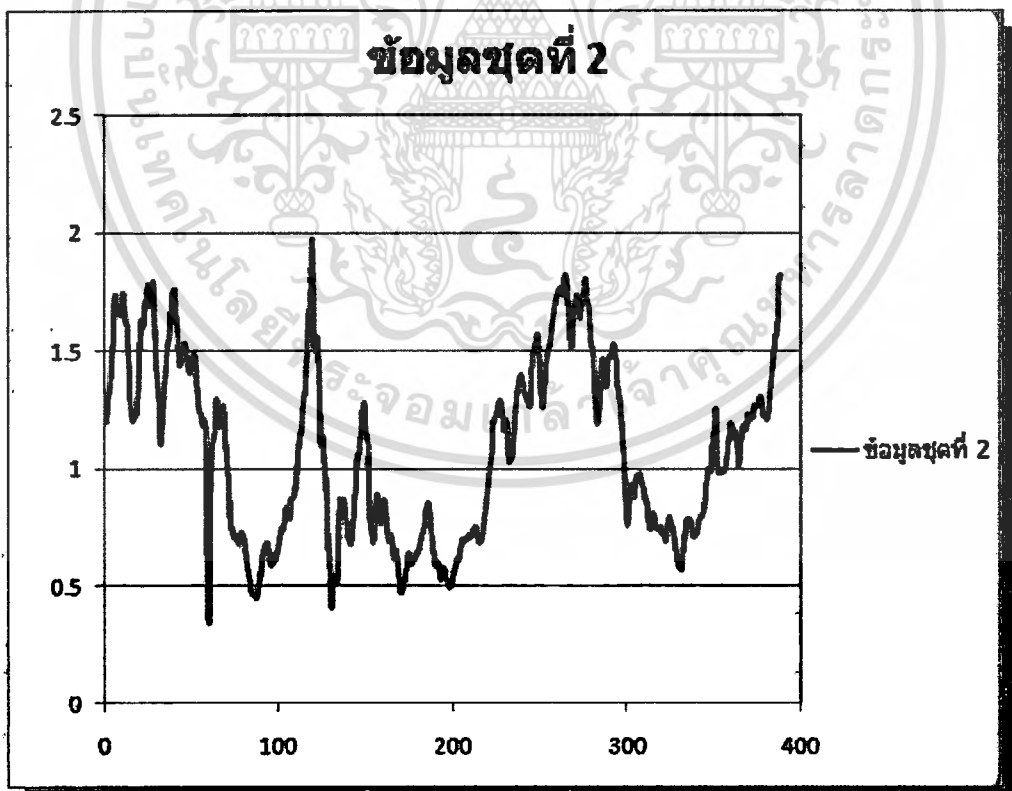
ในการทดลองจะทำการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลองพยากรณ์ข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจำนวน 6 ชุดมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.1 ก่อนนำข้อมูลมาใช้ในการทดลองของโครงข่ายจะทำการจัดรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมกำหนดไว้ โดยจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ `text file` โดยมีการจัดเรียงข้อมูล 1 บรรทัด และนำข้อมูลที่ได้จัดเรียงมาทำการ `normalization` ให้ค่าของข้อมูลอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 จากนั้นจะทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน และส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดเปอร์เซ็นต์ของการฝึกสอนและการทดสอบได้ด้วยตัวเอง แต่อย่างไรก็ตามเพื่อความถูกต้องของการพยากรณ์ข้อมูลจึงให้ความสำคัญกับส่วนของข้อมูลฝึกสอนเพื่อให้โครงข่ายมีการเรียนรู้มาก โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 6 ชุด คือ `data1` ถึง `data6` สามารถดูข้อมูลทั้ง 6 ชุดได้ในส่วนภาคผนวก ก.

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับชุดข้อมูล	จำนวนข้อมูล	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1	773	113.2	1006.19
2	388	0.34745	1.96477
3	476	1,254	15,359
4	142	184.88	304.71
5	599	0.9982	0.0098
6	596	0.9902	0.0245

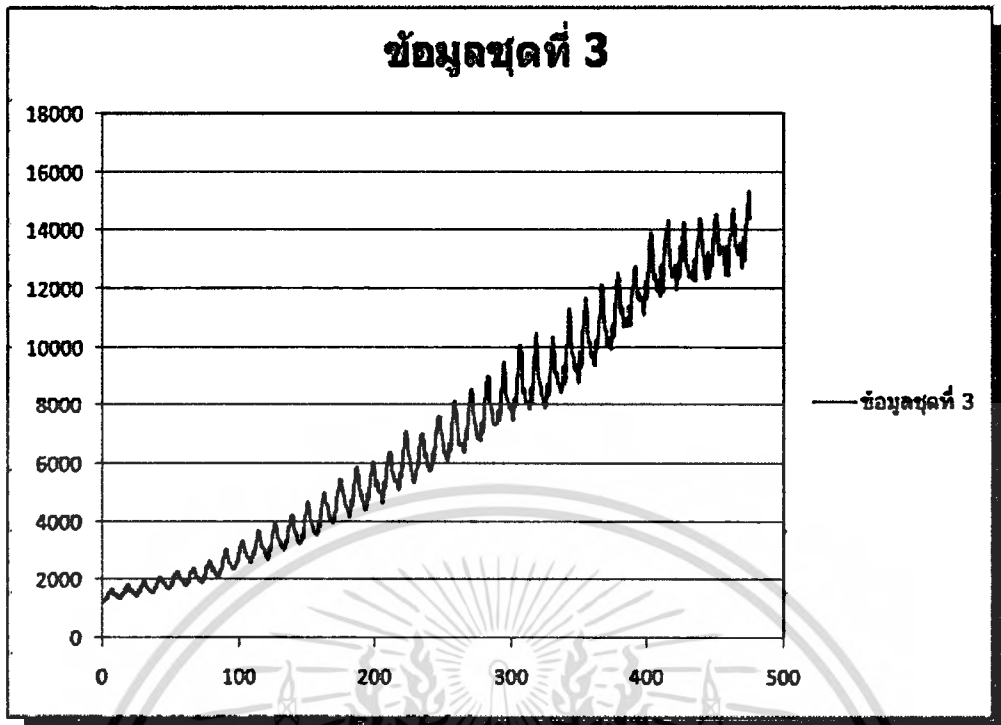


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 1

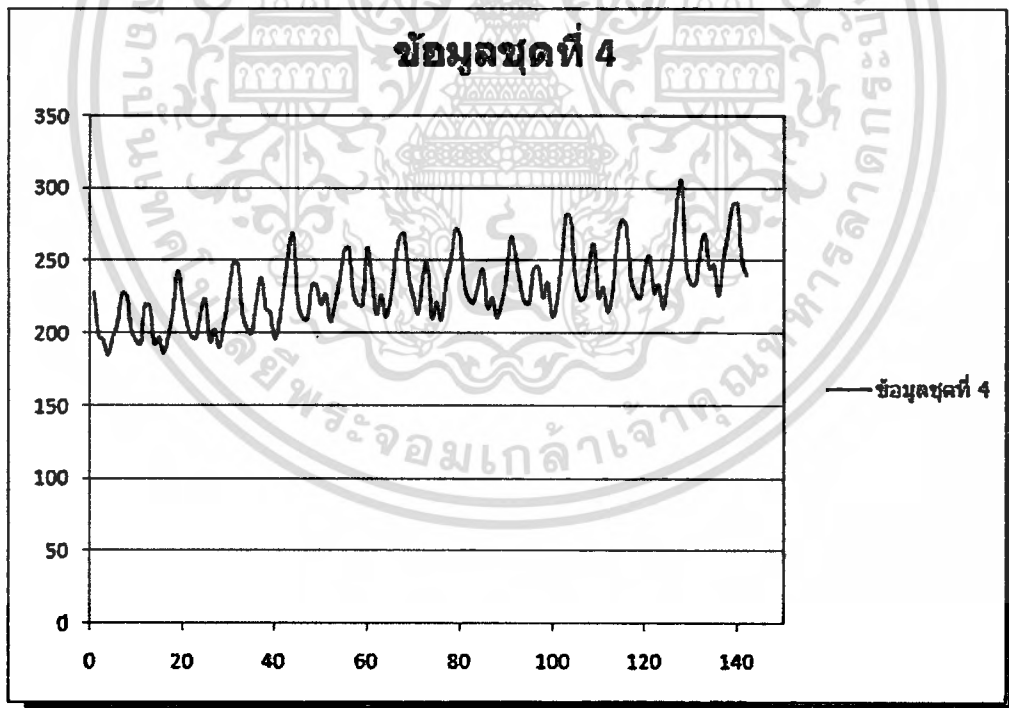


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

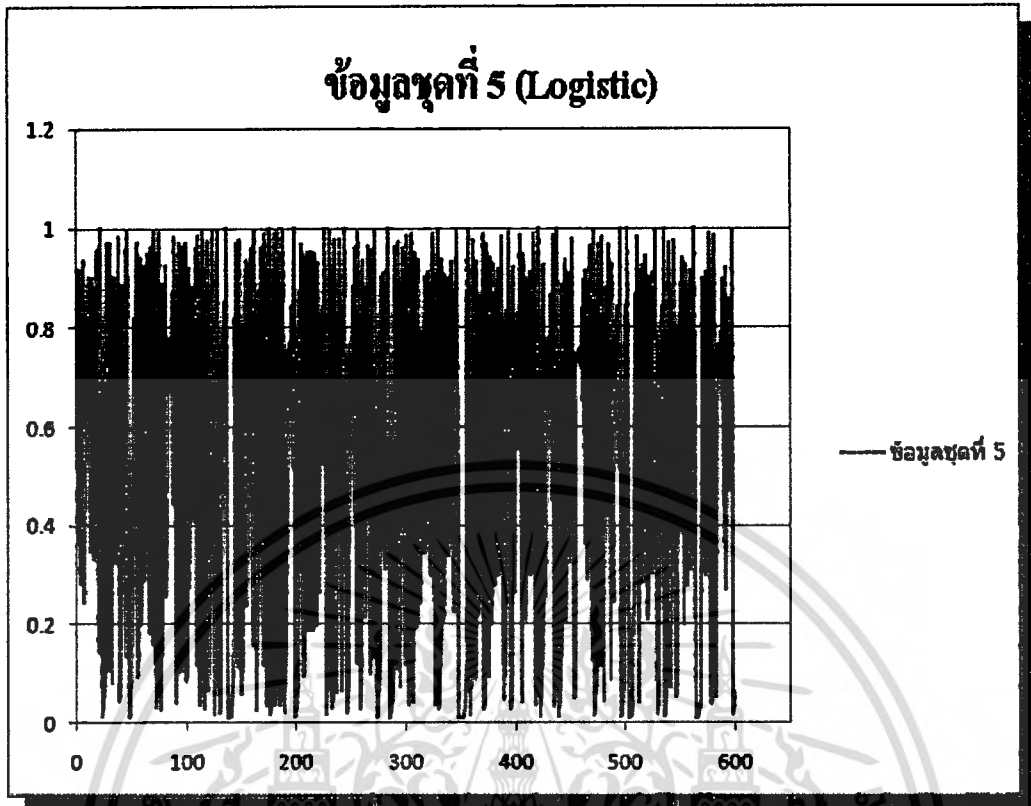


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 3

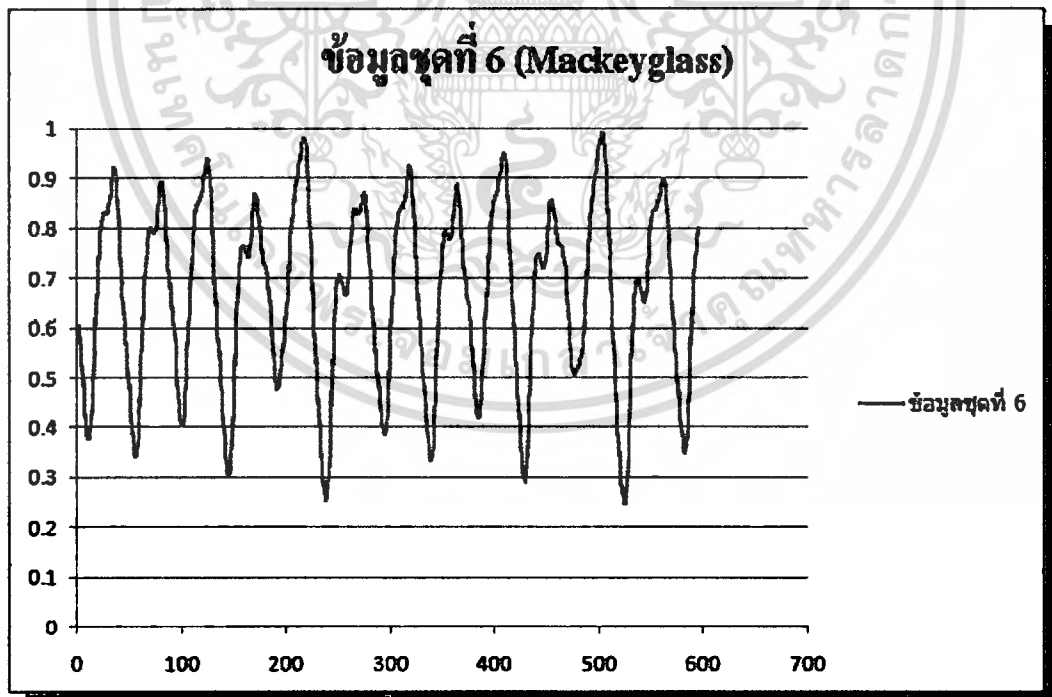


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 5



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงข้อมูลชุดที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนการทำการหาค่าผิดพลาด

ทำการทดสอบหาค่าความผิดพลาด (ในการทดลองนี้จะใช้การหาค่าความผิดพลาดแบบ MAPE และ RMSE) ที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดจากการกำหนดค่า Input node, Hidden node และ Output node ในแต่ละชุดข้อมูลของการฝึกสอนทั้ง 6 ชุด โดยจะได้ค่า Input node, Hidden node และ Output node ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.11 ตามลำดับ โดยจะนำค่า Input node, Hidden node, Output node, Weight และค่าตัวแปรที่ได้ต่างๆ จากการฝึกสอนไปใช้กับข้อมูลชุดทดสอบต่อไป การเปรียบเทียบหาข้อผิดพลาด โดยนำเอาค่า Input node, Hidden node และ Output node ที่มีความแตกต่างกันของข้อมูลแต่ละชุด

ตารางที่ 4.2 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 1 (9-9) ของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายเอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)

Input	Hidden	Output	Train					
			Jordan net.		Elman net.		MRNN	
			MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	4	1	0.1231	0.1001	0.1200	0.0994	0.2294	0.1185
1	5	1	0.1284	0.1007	0.1583	0.1040	0.3034	0.1482
1	6	1	0.1559	0.1044	0.1474	0.1026	0.2590	0.1258
1	7	1	0.1611	0.1053	0.2286	0.1180	0.2801	0.1311
1	8	1	0.1817	0.1088	0.1744	0.1075	0.2865	0.1332

ตารางที่ 4.3 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B) ของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)

Input	Hidden	Output	Train					
			Jordan net.		Elman Net.		MRNN	
			MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	4	1	0.0512	0.0558	0.0978	0.0573	0.1315	0.0611
1	5	1	0.0510	0.0557	0.1098	0.0584	0.1834	0.0690
1	6	1	0.0543	0.0558	0.1390	0.0617	0.1854	0.0686
1	7	1	0.0542	0.0557	0.1230	0.0597	0.2563	0.0828
1	8	1	0.0580	0.0558	0.1829	0.0685	0.2638	0.0837

ตารางที่ 4.4 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2) ของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)

Input	Hidden	Output	Train					
			Jordan net.		Elman Net.		MRNN	
			MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	4	1	0.0203	0.0221	0.0291	0.0225	0.0452	0.0241
1	5	1	0.0206	0.0222	0.0386	0.0232	0.0503	0.0245
1	6	1	0.0212	0.0222	0.0481	0.0239	0.0570	0.0245
1	7	1	0.0218	0.0222	0.0537	0.0224	0.0669	0.0255
1	8	1	0.0235	0.0223	0.0591	0.0249	0.0741	0.0261

ตารางที่ 4.5 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW) ของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)

Input	Hidden	Output	Train					
			Jordan net.		Elman Net.		MRNN	
			MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	4	1	0.2270	0.1176	0.2710	0.1183	0.3045	0.1231
1	5	1	0.2243	0.1169	0.2974	0.1216	0.3215	0.1230
1	6	1	0.2382	0.1183	0.3158	0.1186	0.3956	0.1273
1	7	1	0.2361	0.1177	0.3440	0.1247	0.4001	0.1272
1	8	1	0.2283	0.1165	0.3412	0.1233	0.4123	0.1362

ตารางที่ 4.6 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic) ของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)

Input	Hidden	Output	Train					
			Jordan net.		Elman Net.		MRNN	
			MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	4	1	0.1027	0.0556	0.1018	0.0527	0.0456	0.0623
1	5	1	0.0928	0.0677	0.1046	0.0536	0.0390	0.0605
1	6	1	0.0877	0.0561	0.0997	0.0498	0.0356	0.0612
1	7	1	0.0824	0.0401	0.919	0.0437	0.0312	0.0631
1	8	1	0.0828	0.0354	0.0918	0.0337	0.0299	0.0601

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการหาค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass) ของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุงใหม่)

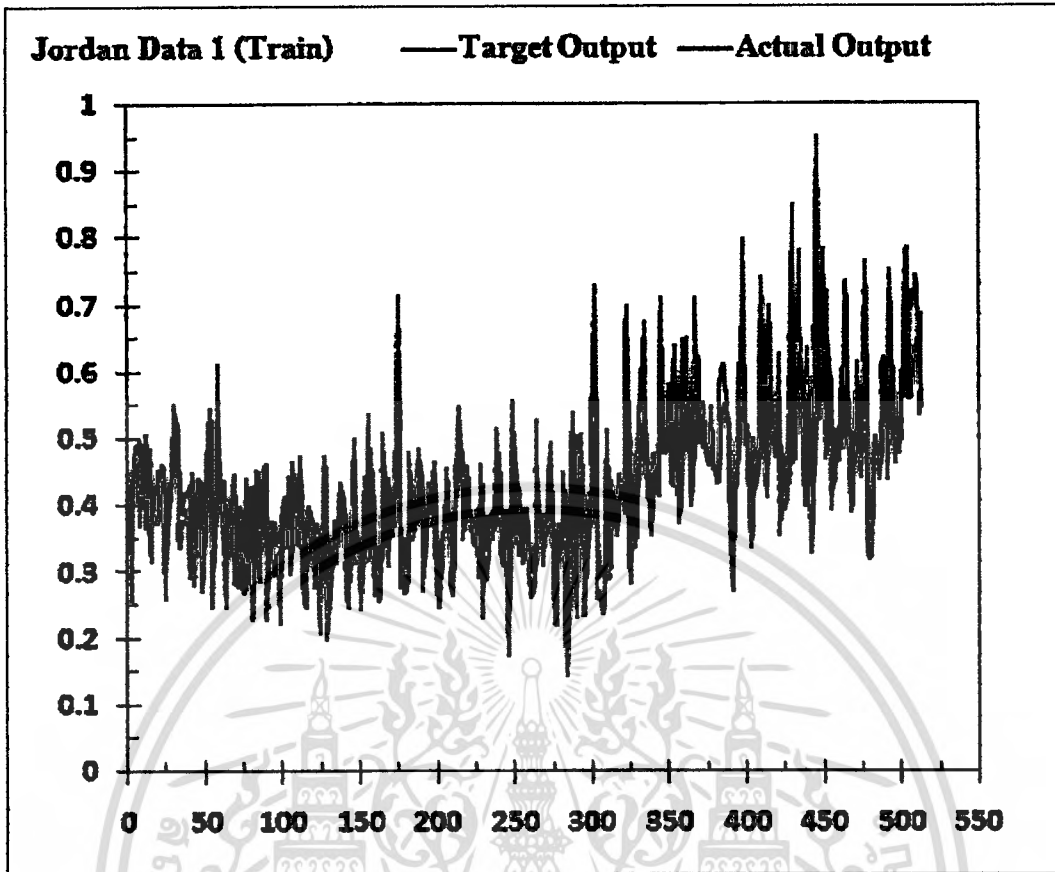
Input	Hidden	Output	Train					
			Jordan net.		Elman Net.		MRNN	
			MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
1	4	1	0.0124	0.0214	0.0145	0.0674	0.0139	0.0342
1	5	1	0.0132	0.0271	0.0162	0.0541	0.0117	0.0345
1	6	1	0.0156	0.0262	0.0122	0.0446	0.0108	0.0355
1	7	1	0.0125	0.0287	0.0134	0.0617	0.0129	0.0351
1	8	1	0.0119	0.0206	0.0120	0.0501	0.0112	0.0320

4.3 การเปรียบเทียบข้อมูล

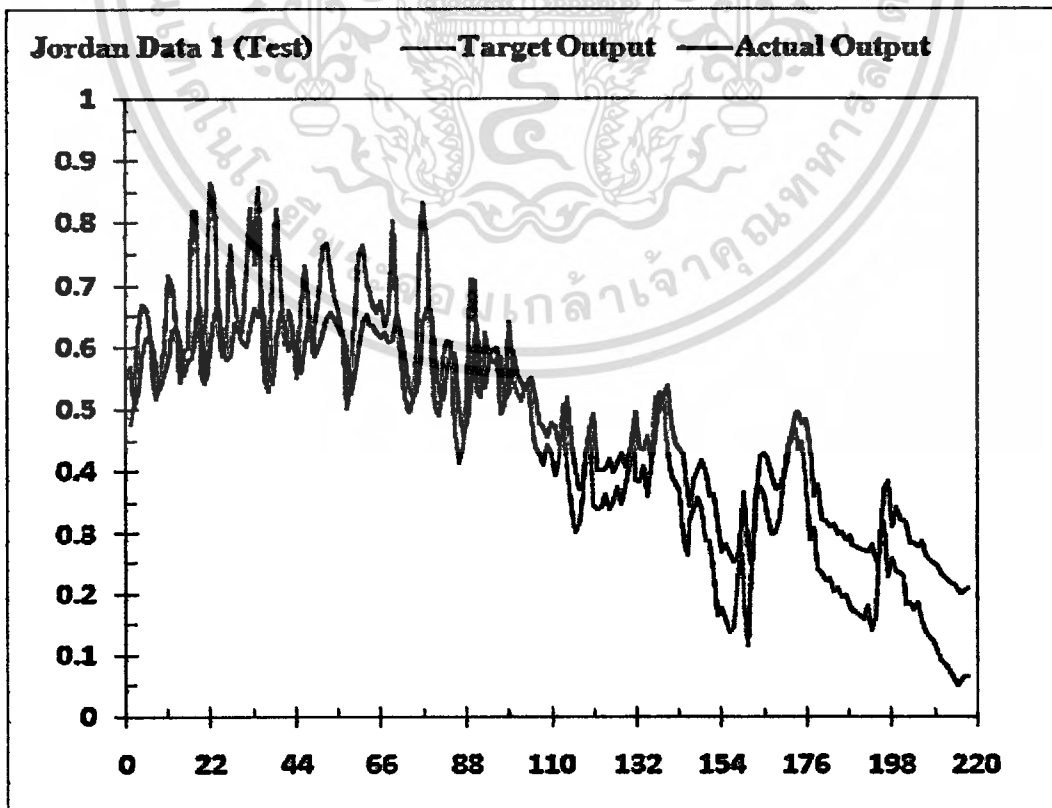
นำค่าความผิดพลาดจากการฝึกสอนที่น้อยที่สุดของแต่ละโครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดใหม่) สำหรับทุกชุดข้อมูลมาทำการทดสอบและเปรียบเทียบกัน ผลการฝึกสอนที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 1 ทั้ง 3 โมเดล การทำงานจะได้ผลความผิดพลาดตามตาราง 4.6 และกราฟแสดงความถูกต้องของฝึกสอนและทดสอบแต่ละวิธี ดังรูปที่ 4.5 ถึง รูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบของข้อมูลชุดที่ 1 (9-9)

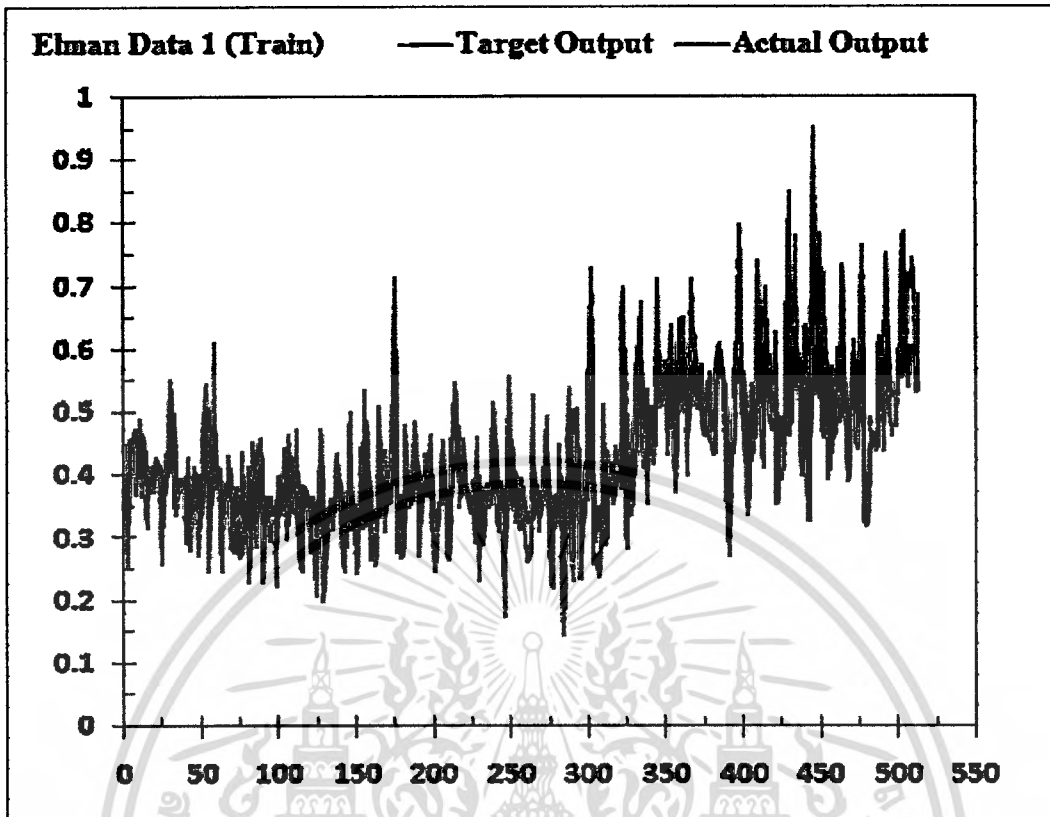
Model	Input	Hidden	Output	Error			
				MAPE		RMSE	
				Train	Test	Train	Test
Jordan net.	1	4	1	0.0469	0.2219	0.0944	0.0939
Elman net.	1	4	1	0.0438	0.2549	0.0901	0.1069
Modify RNN.	1	4	1	0.0400	0.2996	0.0926	0.1066



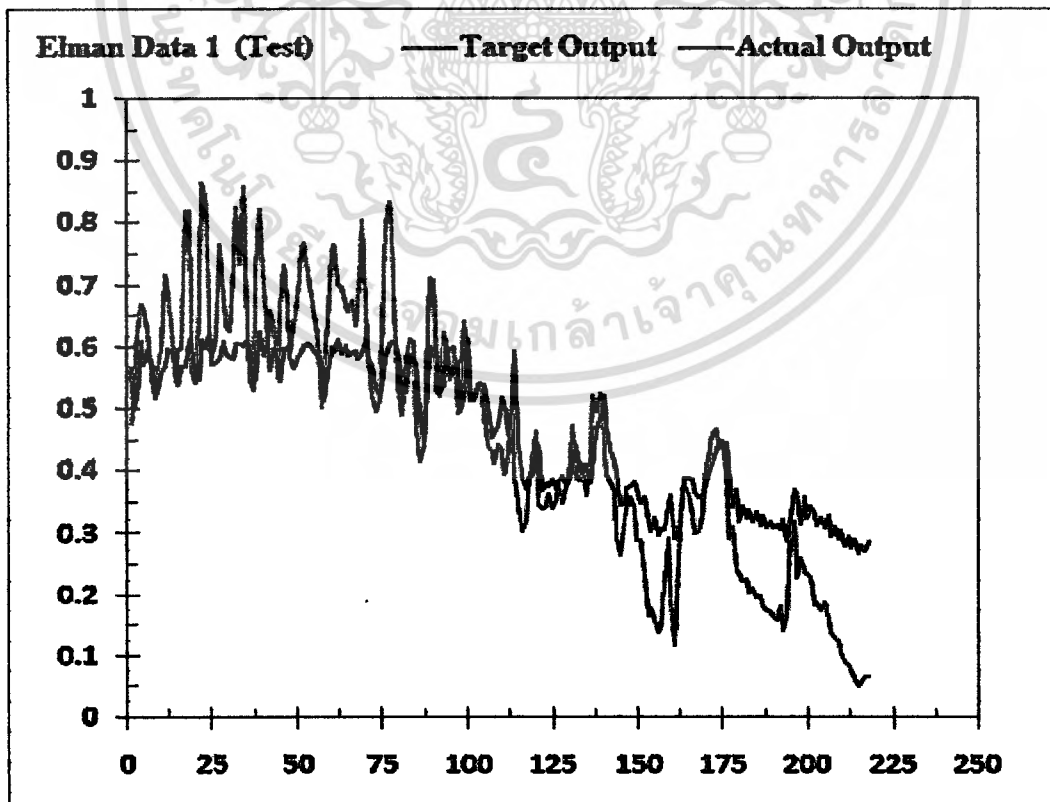
รูปที่ 4.5 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 1 (9-9)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 1 (9-9) ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

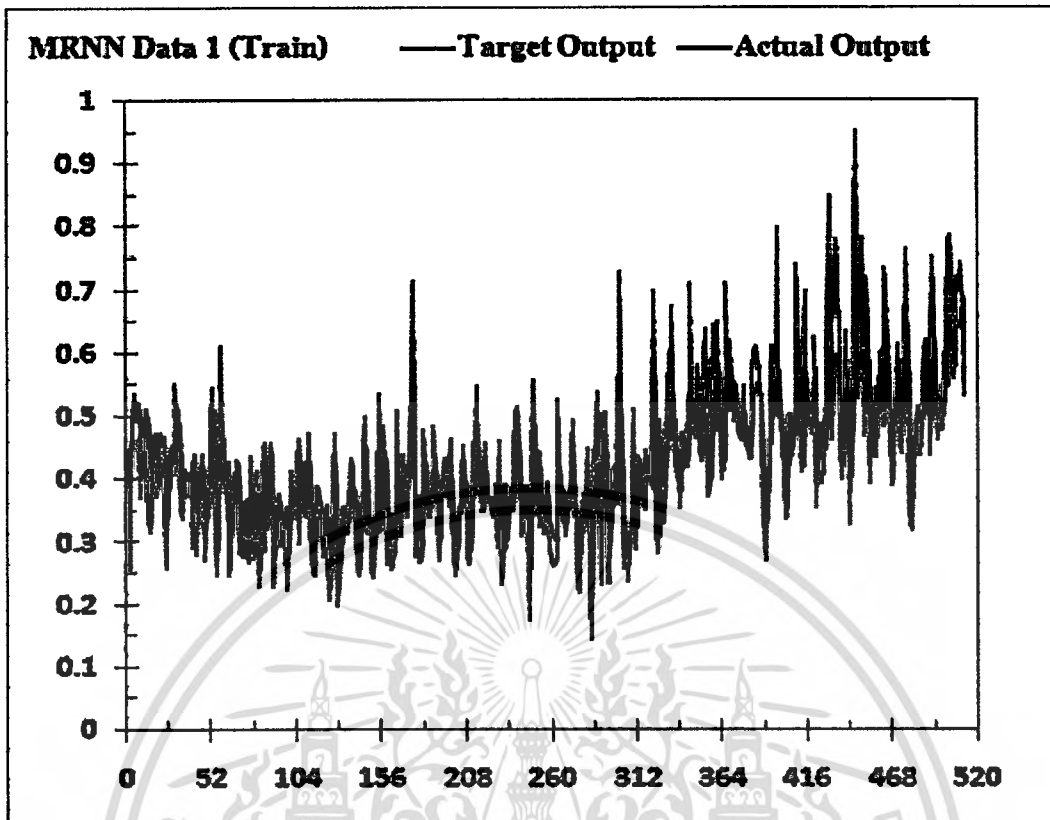


รูปที่ 4.7 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 1 (9-9)

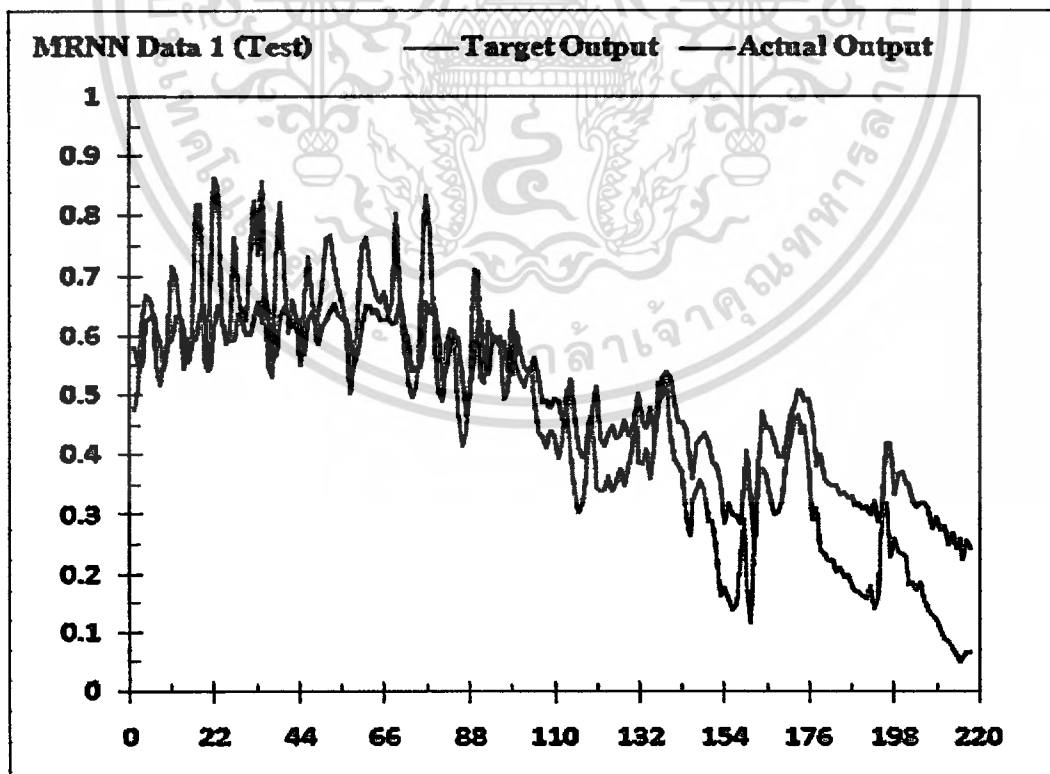


รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 1 (9-9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลการฝึกสอนของ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 1 (9-9)



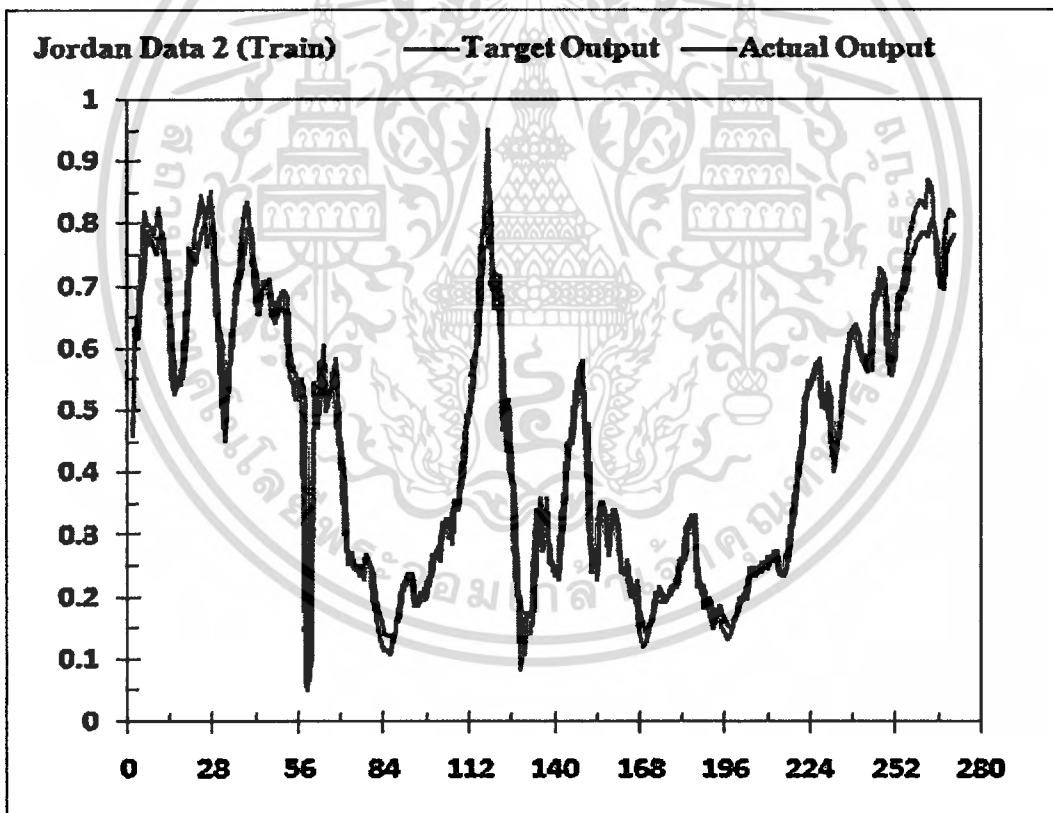
รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบของ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 1 (9-9)

ผลการทดสอบที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 2 ของทั้ง 3 โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน โครงข่าย -
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่) การทำงานจะได้ค่าความผิดพลาดตามตารางที่ 4.7 และกราฟแสดงความถูกต้องของฝึกสอนและทดสอบแต่ละวิธีดังรูปที่ 4.11 ถึงรูปที่ 4.16

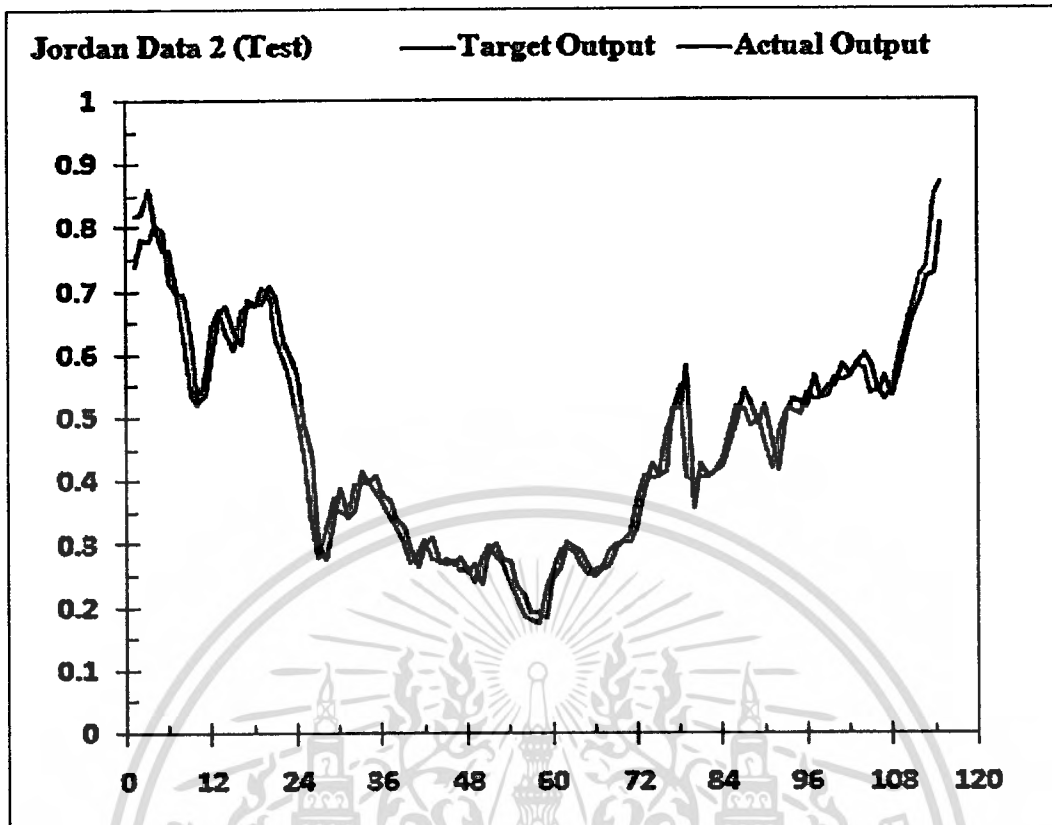
ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบข้อชุดที่ 2 (9-17B)

Model	Input	Hidden	Output	Error			
				MAPE		RMSE	
				Train	Test	Train	Test
Jordan net.	1	5	1	0.0400	0.0128	0.0565	0.0386
Elman net.	1	4	1	0.0336	0.0262	0.0894	0.0411
Modify RNN.	1	4	1	0.0251	0.0195	0.0567	0.0423

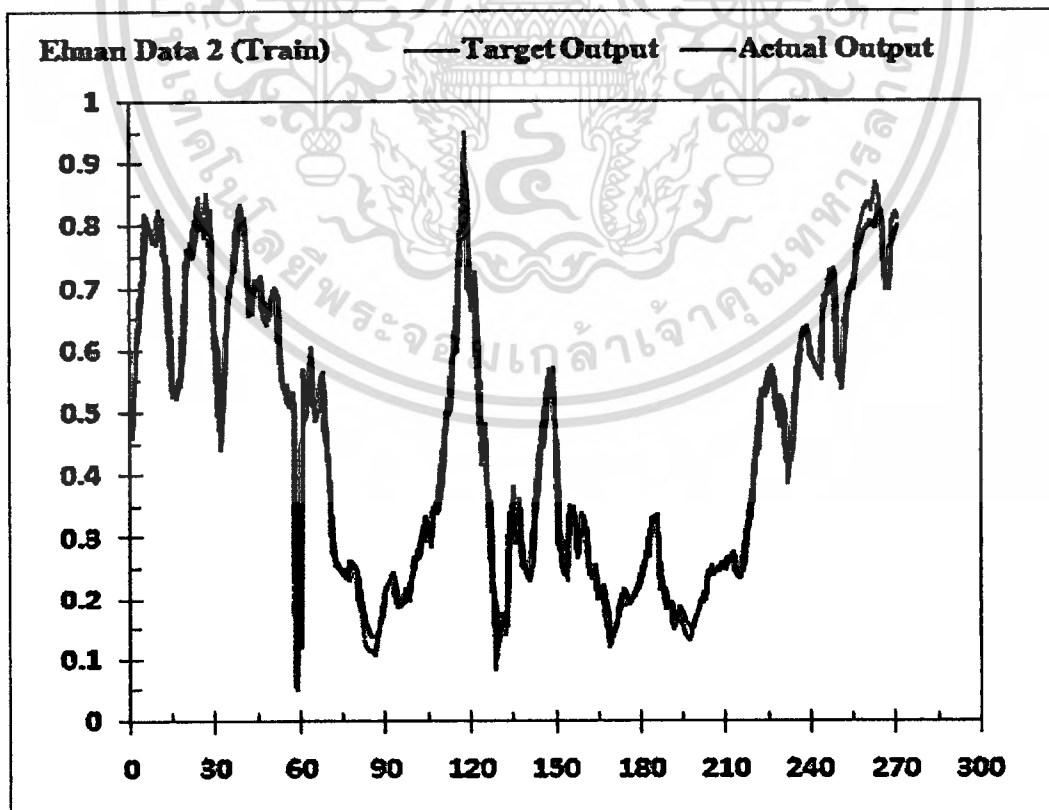


รูปที่ 4.11 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

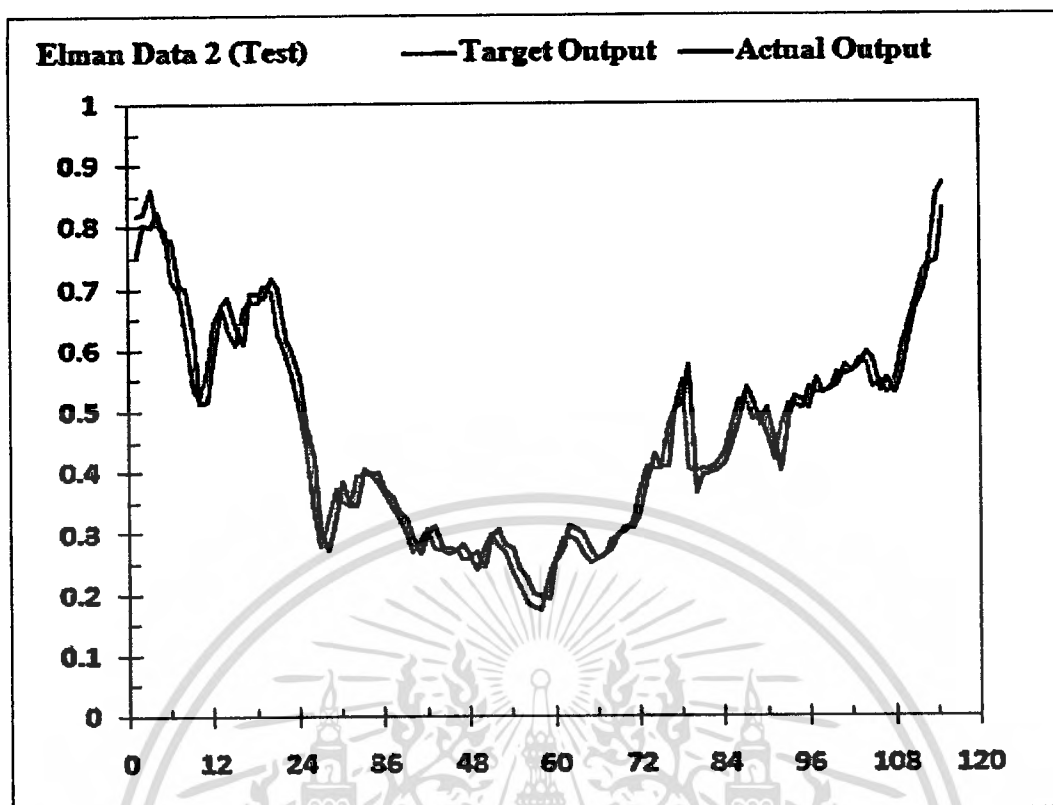


รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B)

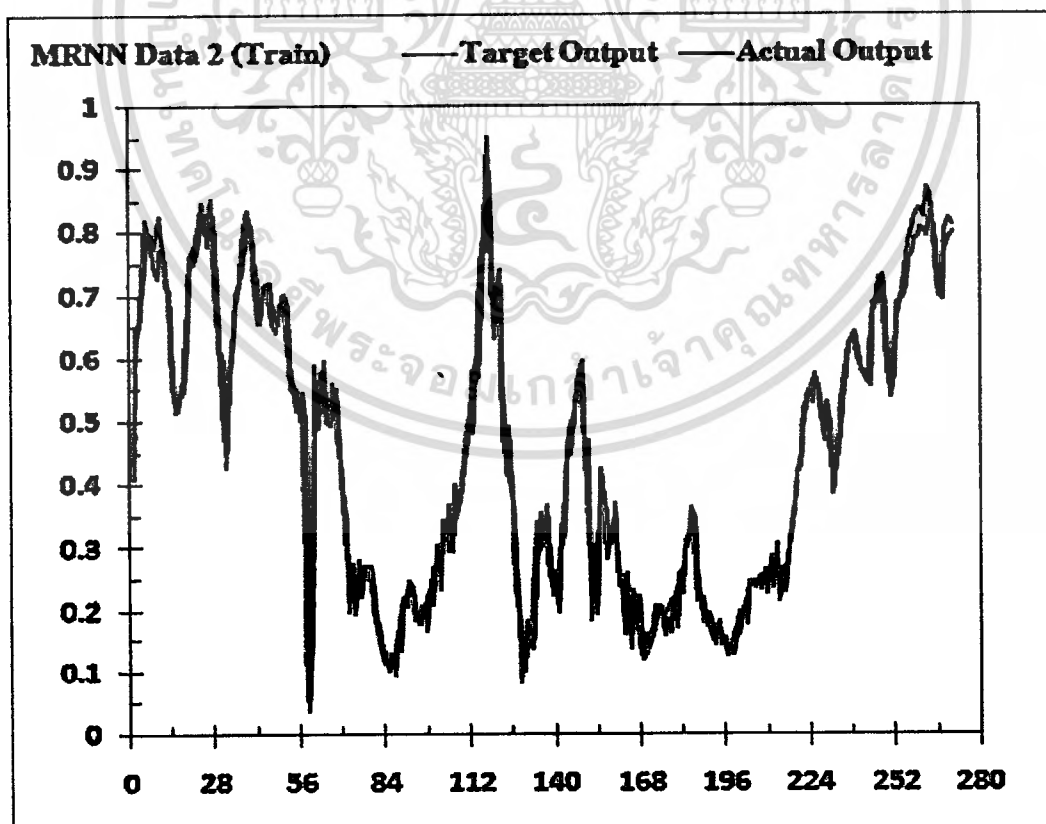


รูปที่ 4.13 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายเอลแมนข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

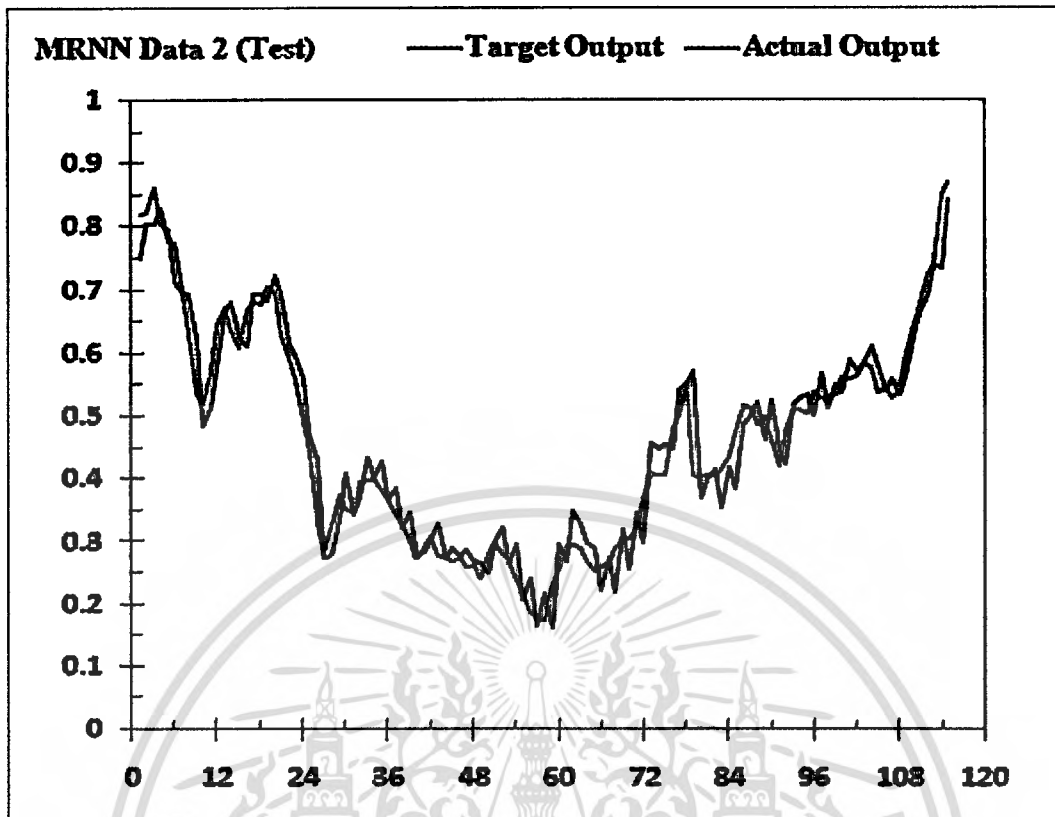


รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบของโครงข่ายเอลแมนข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B)



รูปที่ 4.15 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



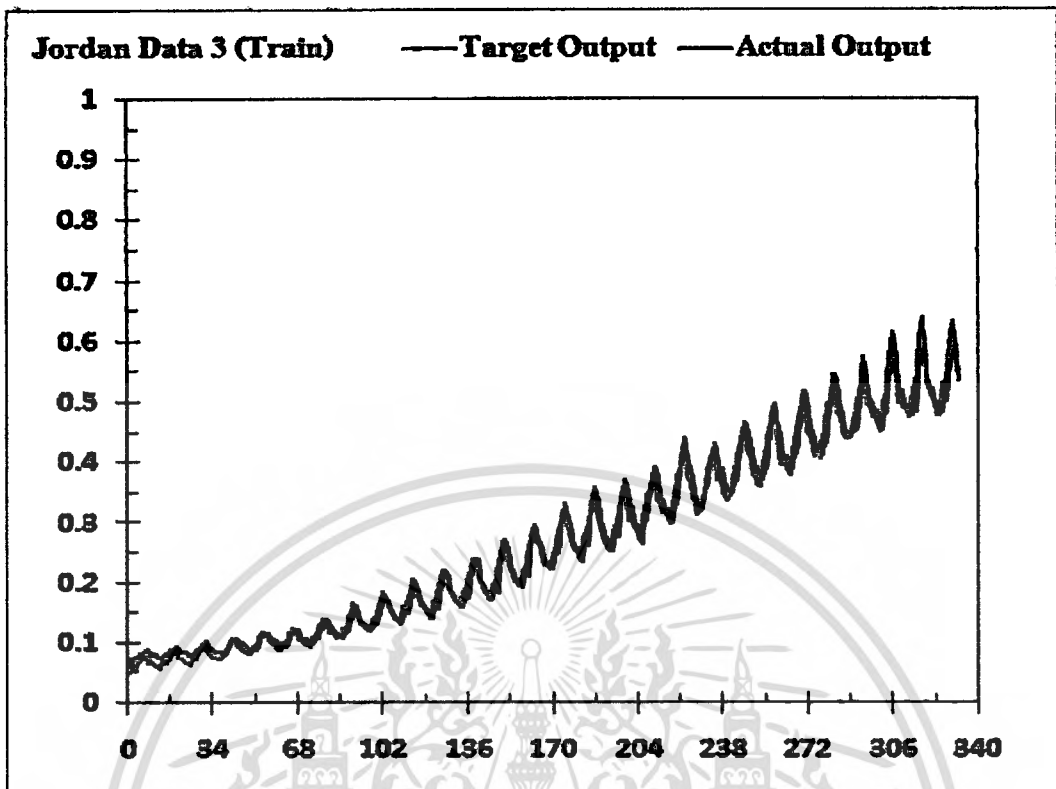
รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B)

ผลการทดสอบที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 3 ของทั้ง 3 โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่) การทำงานจะได้ค่าความผิดพลาดตามตารางที่ 4.8 และกราฟแสดงความถูกต้องของฝึกสอนและทดสอบแต่ละวิธีดังรูปที่ 4.17 ถึงรูปที่ 4.22

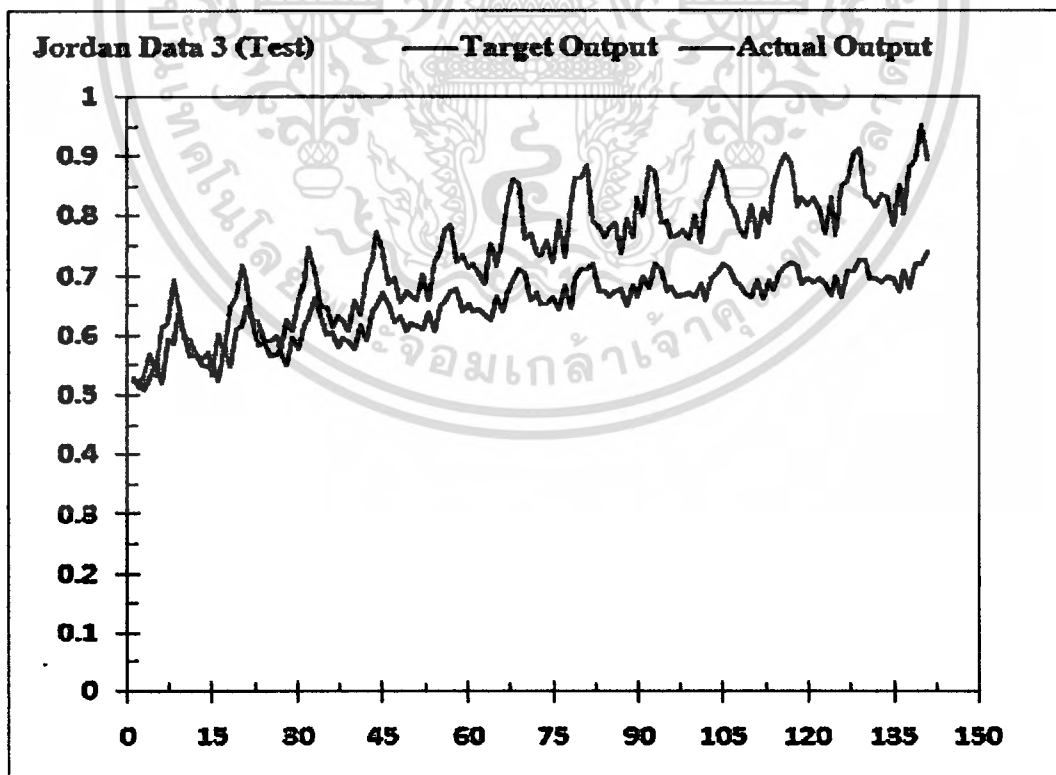
ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบข้อชุดที่ 3 (BEER2)

Model	Input	Hidden	Output	Error			
				MAPE		RMSE	
				Train	Test	Train	Test
Jordan net.	1	4	1	0.0160	0.1069	0.0215	0.1012
Elman net.	1	4	1	0.0080	0.1167	0.0211	0.1033
Modify RNN.	1	4	1	0.0100	0.1072	0.0198	0.1045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

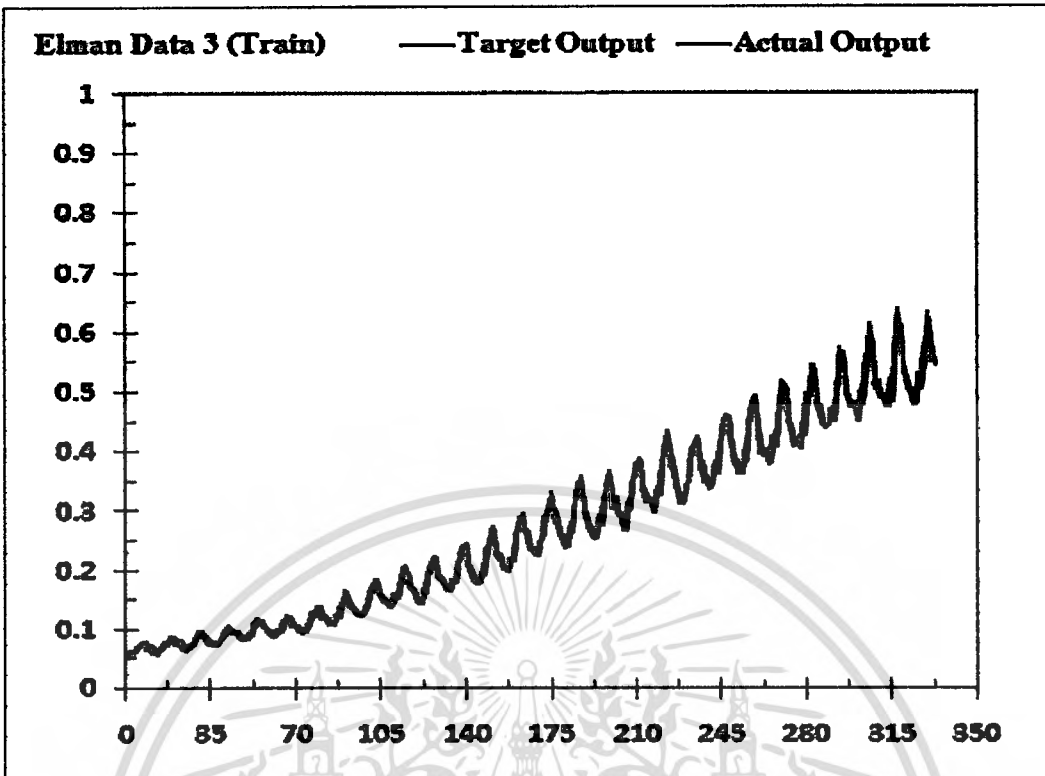


รูปที่ 4.17 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2)

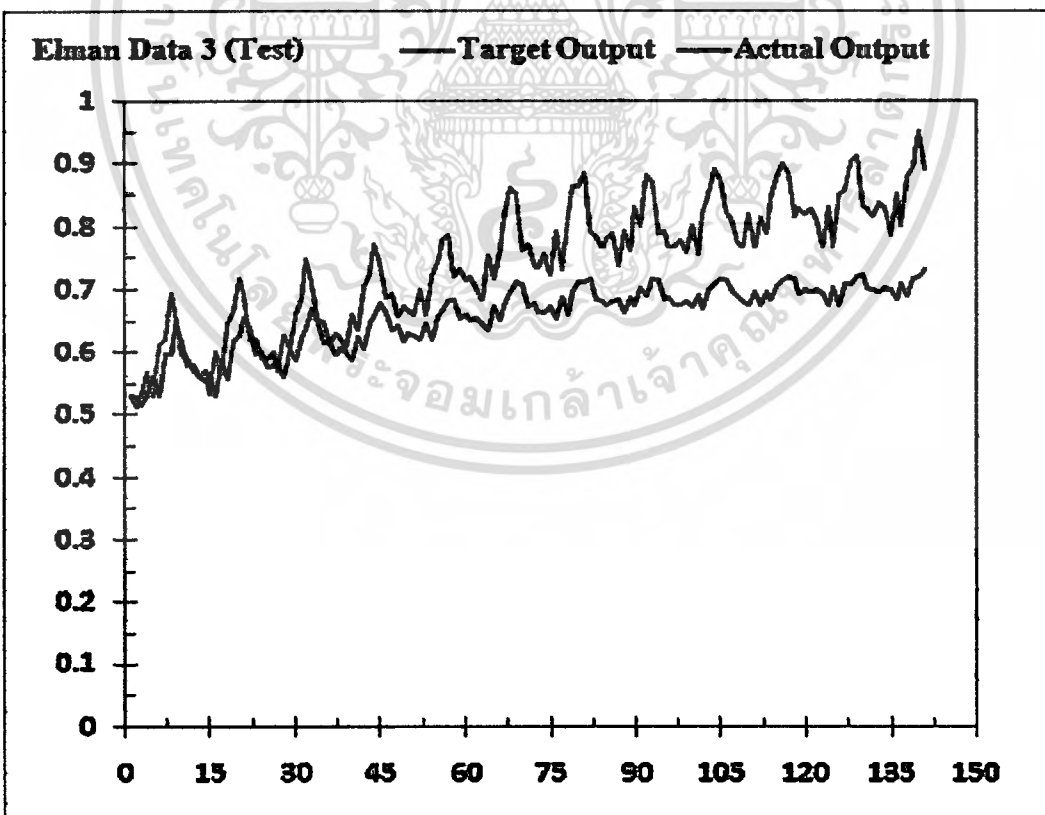


รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

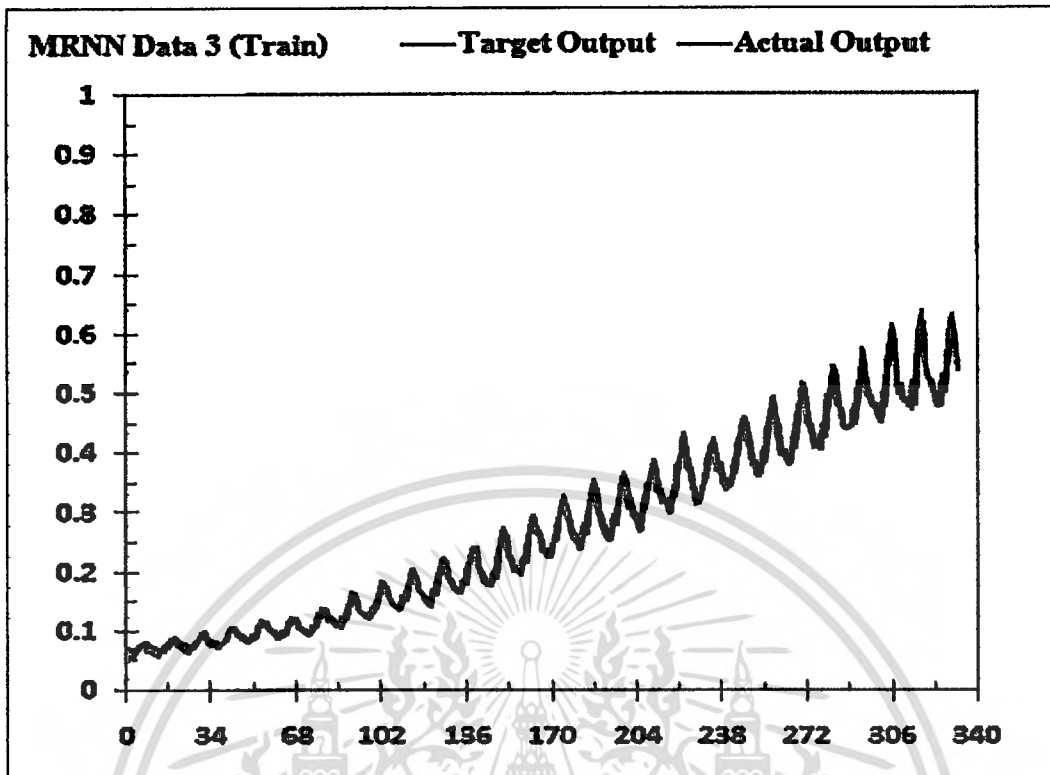


รูปที่ 4.19 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายแอดแมนข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2)

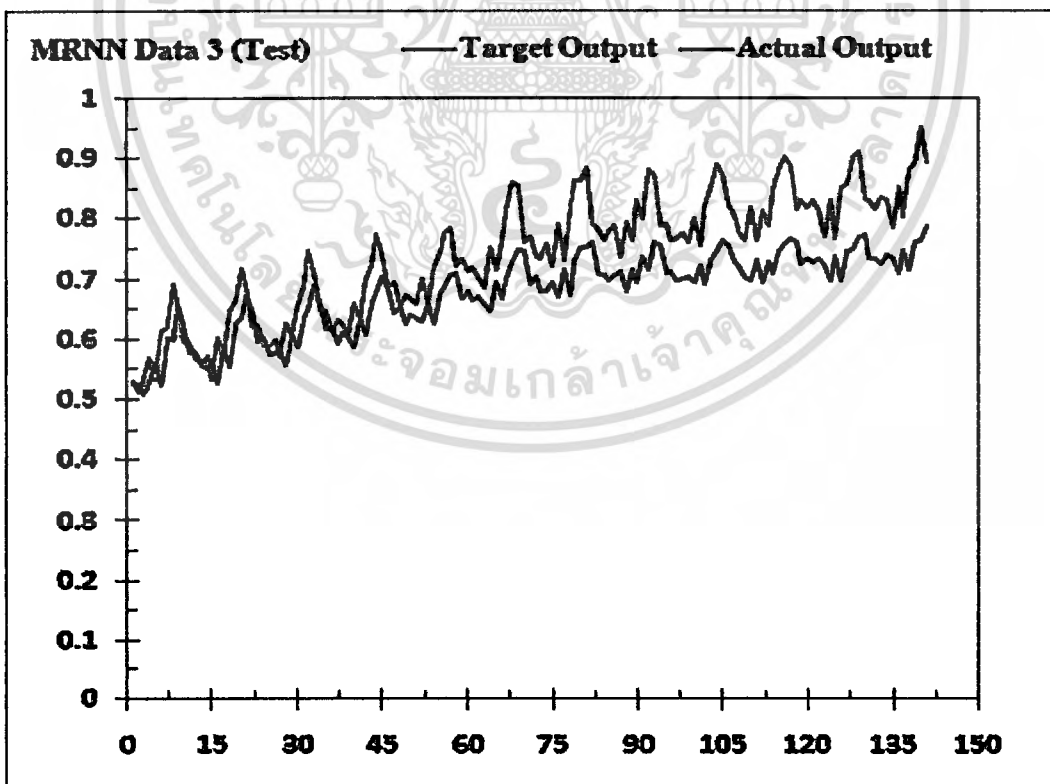


รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอดแมนข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2)



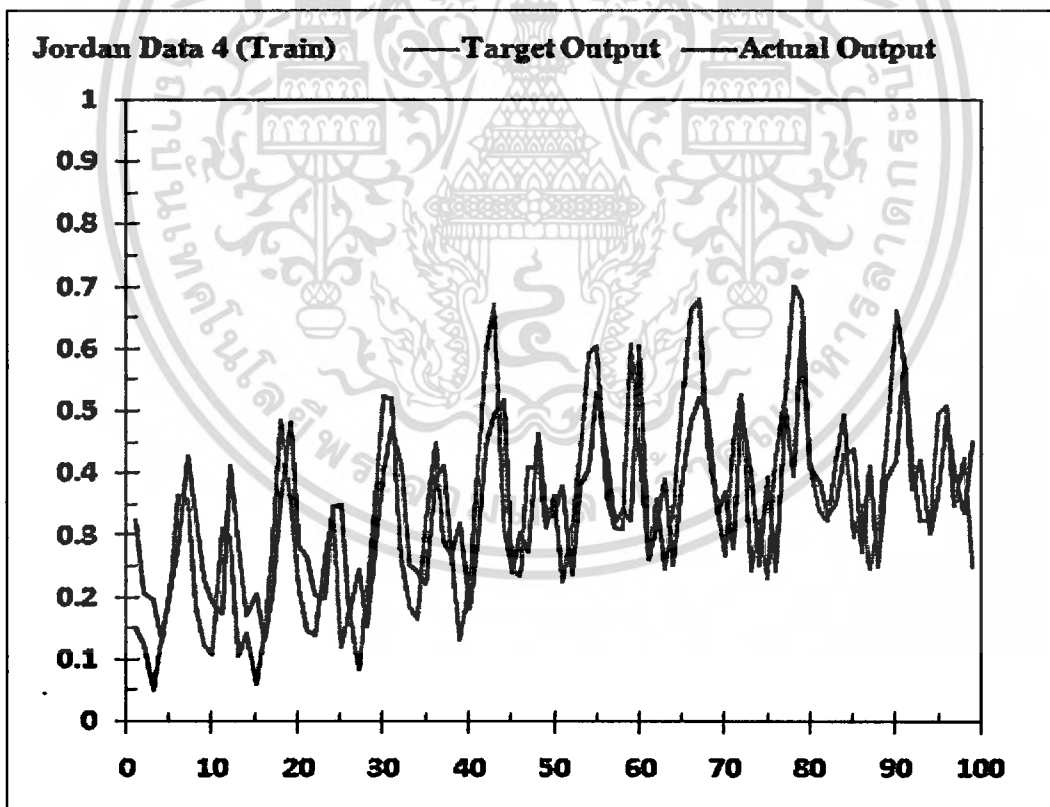
รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

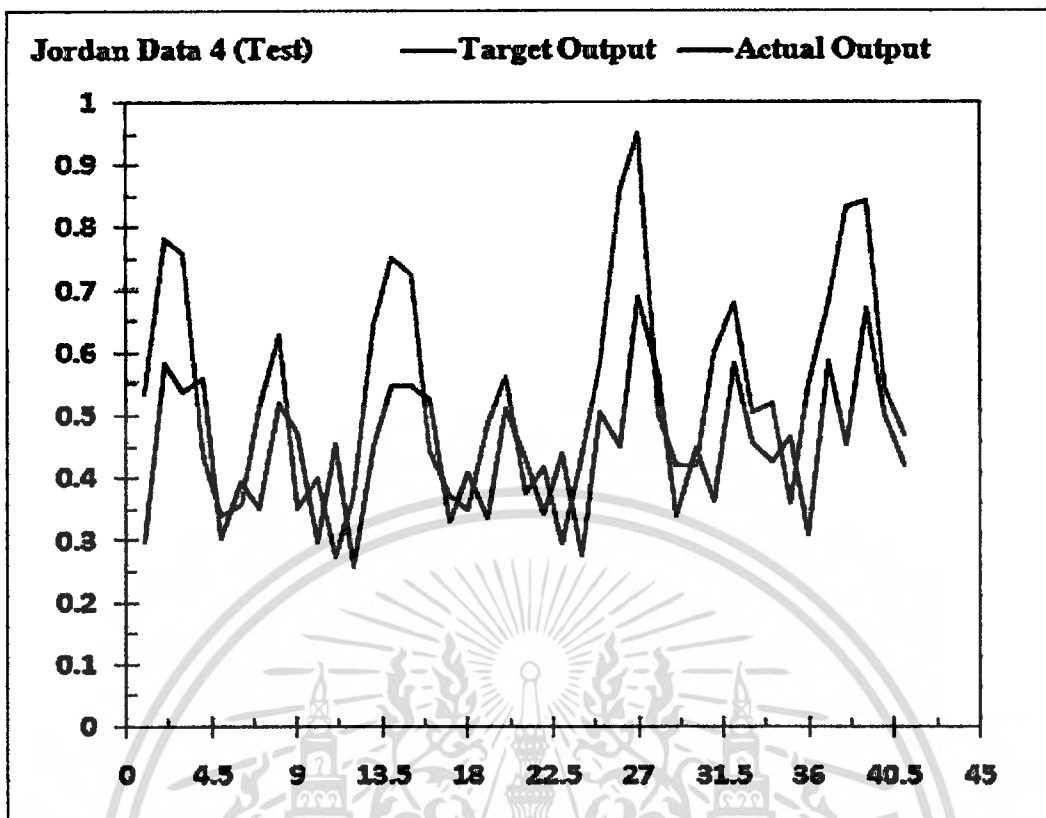
ผลการทดสอบที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 4 ของทั้ง 3 โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่) การทำงานจะได้ค่าความผิดพลาดตามตารางที่ 4.9 และกราฟแสดงความถูกต้องของการฝึกสอนและการทดสอบแต่ละวิธีดังรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.28

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)

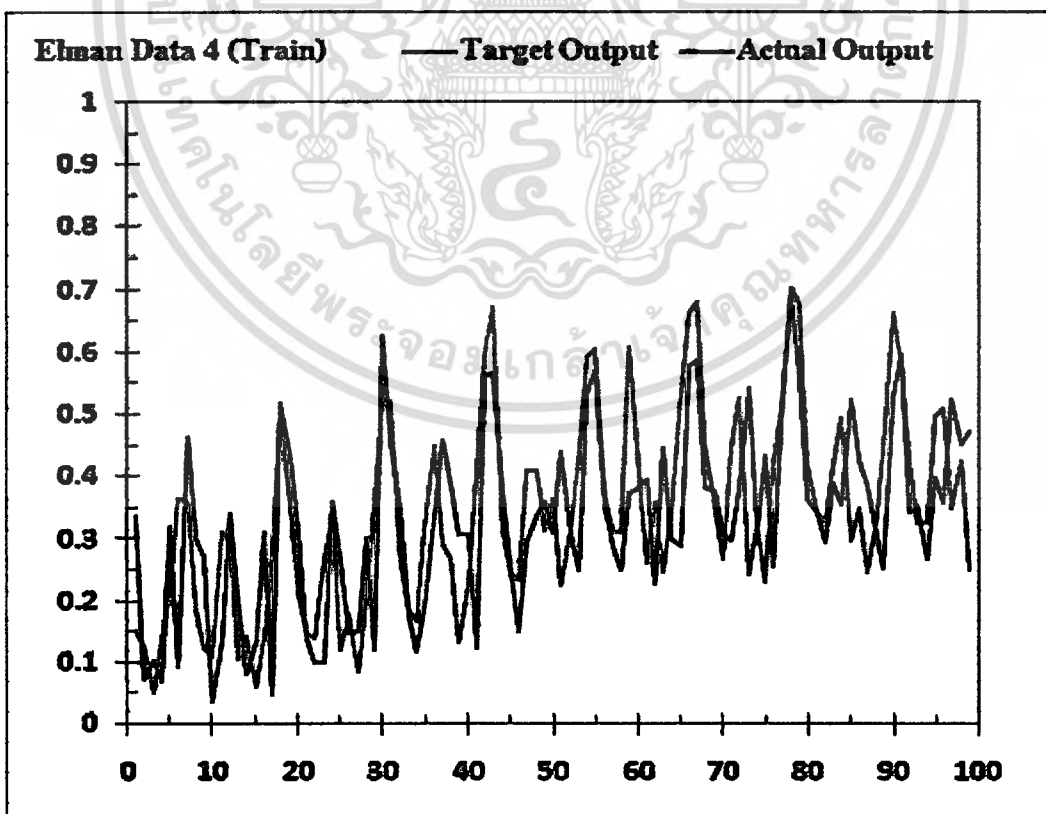
Model	Input	Hidden	Output	Error			
				MAPE		RMSE	
				Train	Test	Train	Test
Jordan net.	1	5	1	0.1800	0.1077	0.1136	0.17681
Elman net.	1	4	1	0.0873	0.1160	0.1526	0.1829
Modify RNN.	1	4	1	0.0648	0.2398	0.1602	0.2086



รูปที่ 4.23 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)

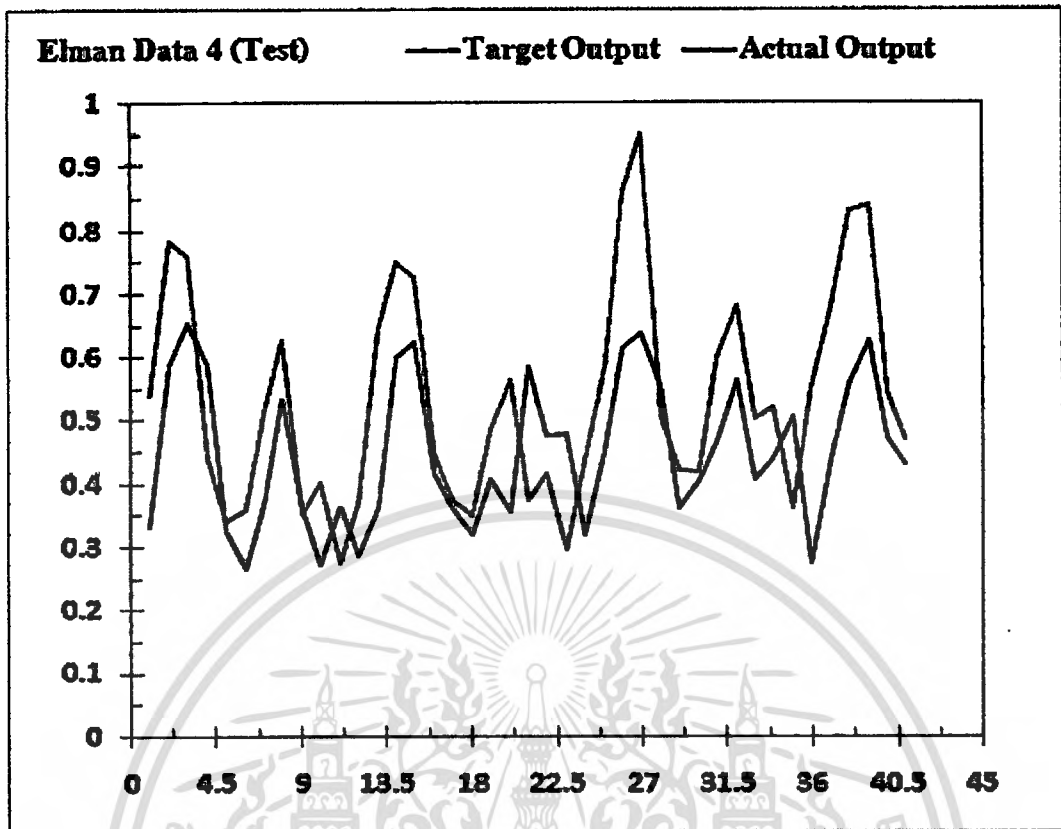


รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)

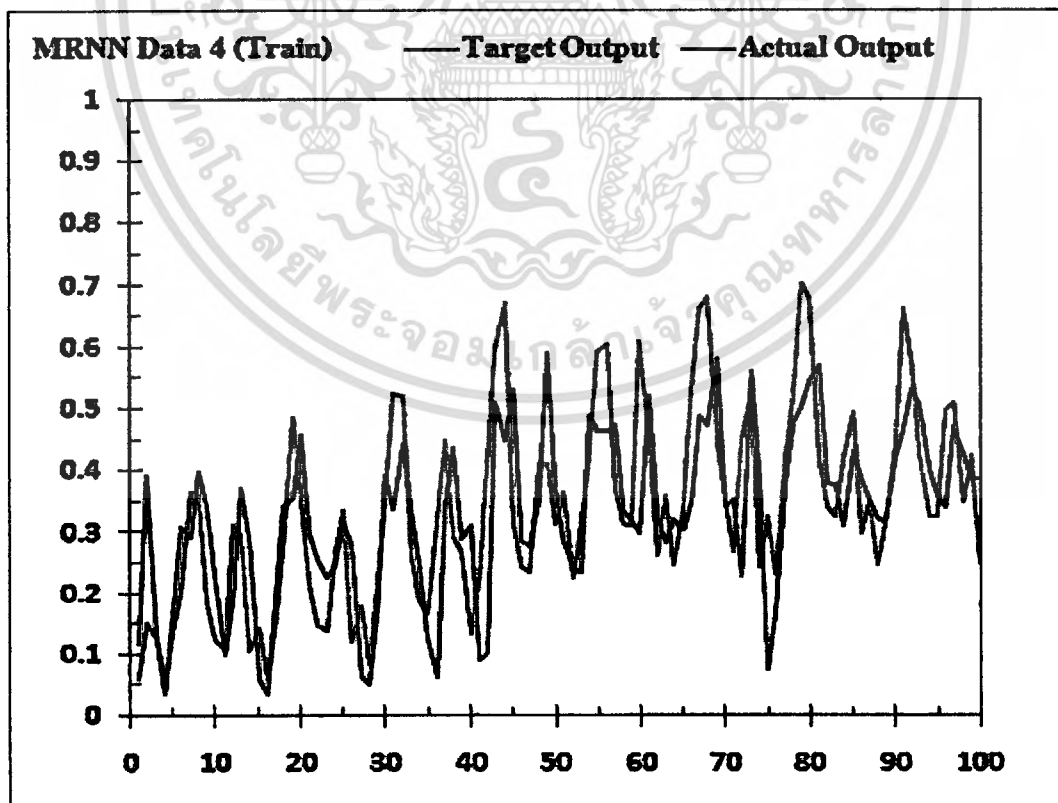


รูปที่ 4.25 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายเอลแมนข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

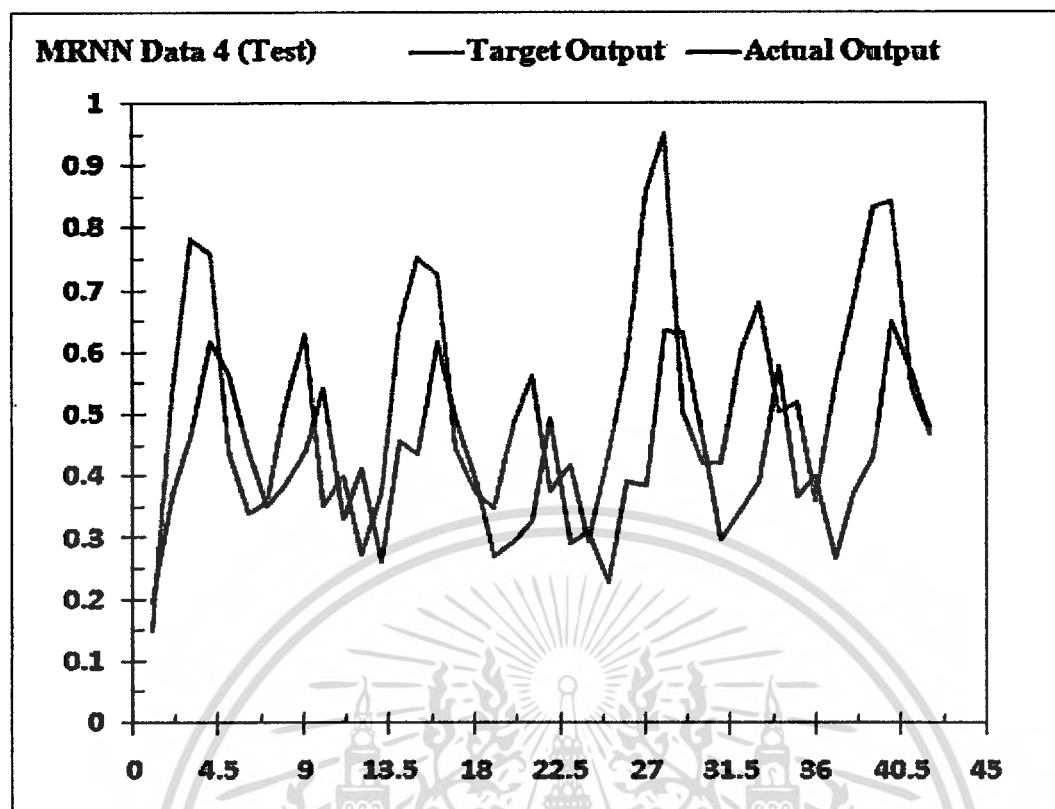


รูปที่ 4.26 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอลแมนข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)



รูปที่ 4.27 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



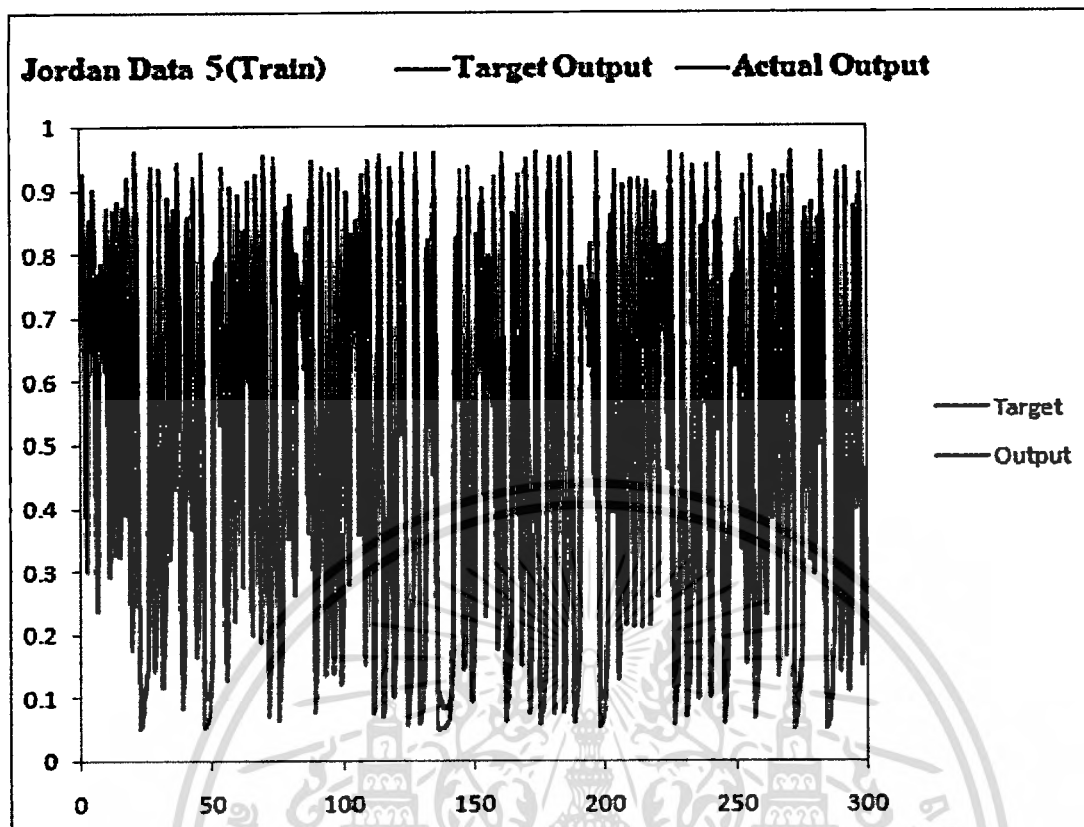
รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 4 (ELENEW)

ผลการทดสอบที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 5 ของทั้ง 3 โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่) การทำงานจะได้ค่าความผิดพลาดตามตารางที่ 4.10 และกราฟแสดงความถูกต้องของการฝึกสอนและการทดสอบแต่ละวิธีดังรูปที่ 4.29 ถึงรูปที่ 4.34

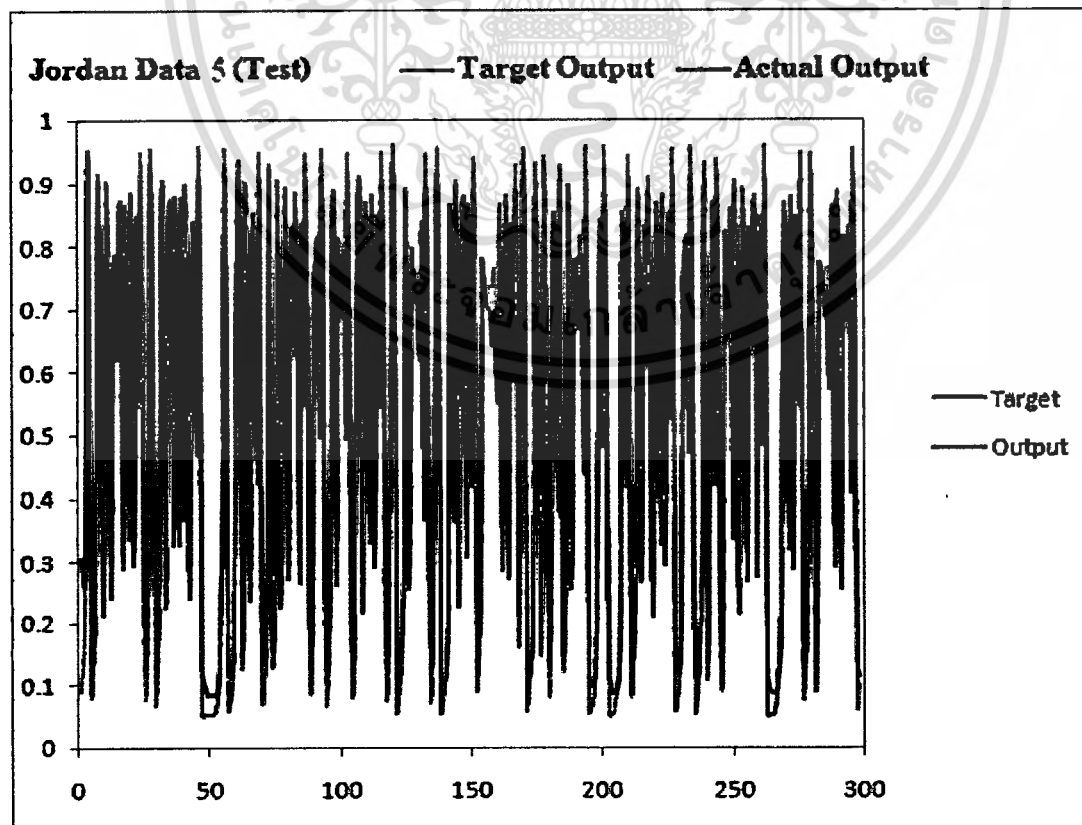
ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic)

Model	Input	Hidden	Output	Error			
				MAPE		RMSE	
				Train	Test	Train	Test
Jordan net.	1	7	1	0.0728	0.0334	0.0801	0.0602
Elman net.	1	8	1	0.0618	0.0337	0.0709	0.0598
Modify RNN.	1	8	1	0.0542	0.0286	0.0680	0.0684

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

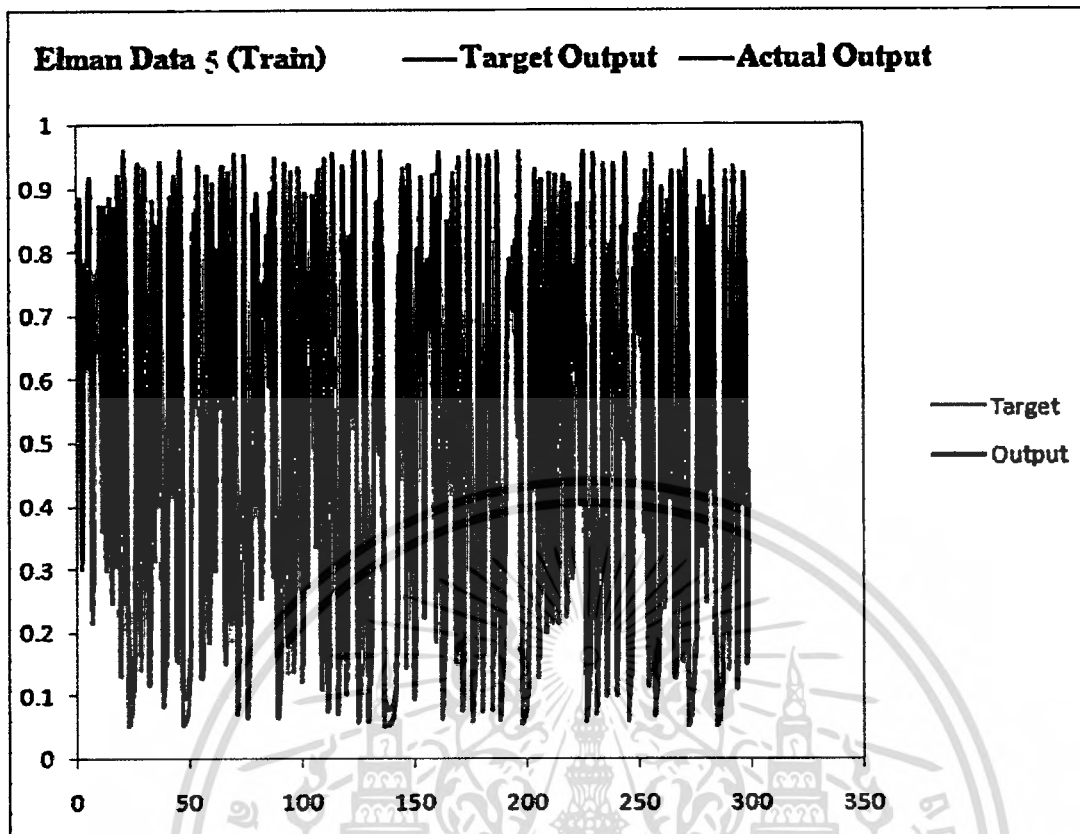


รูปที่ 4.29 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic)

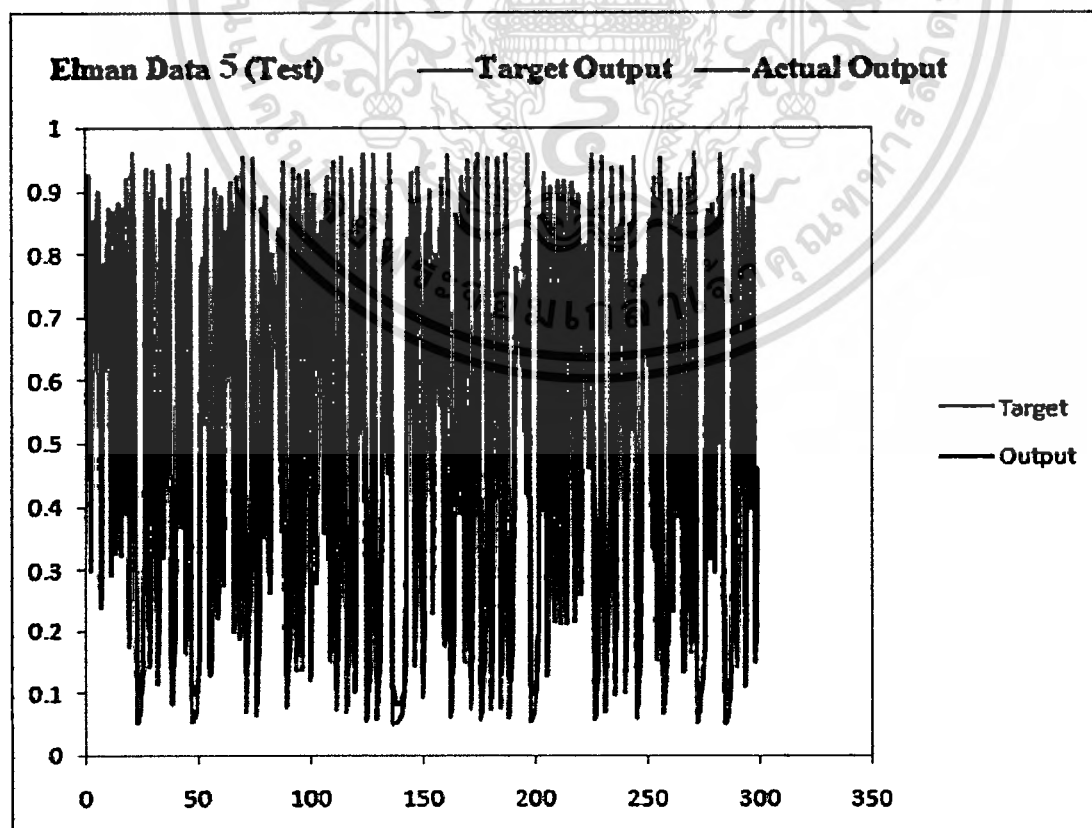


รูปที่ 4.30 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic)

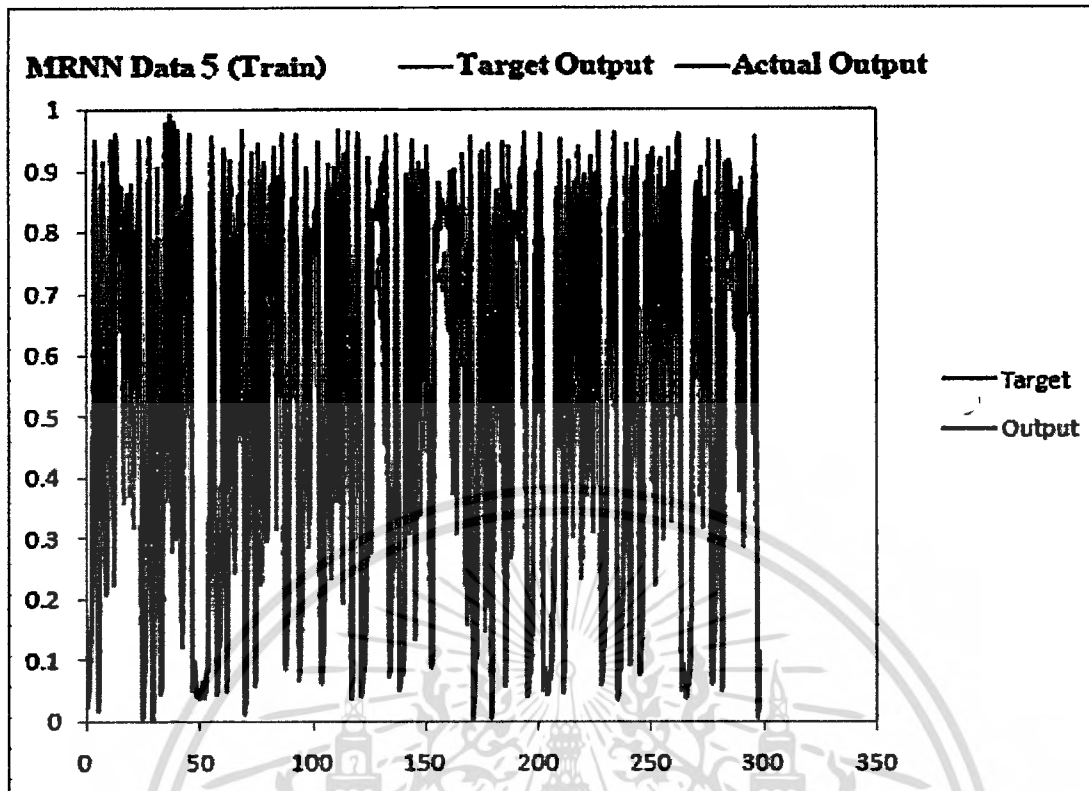
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



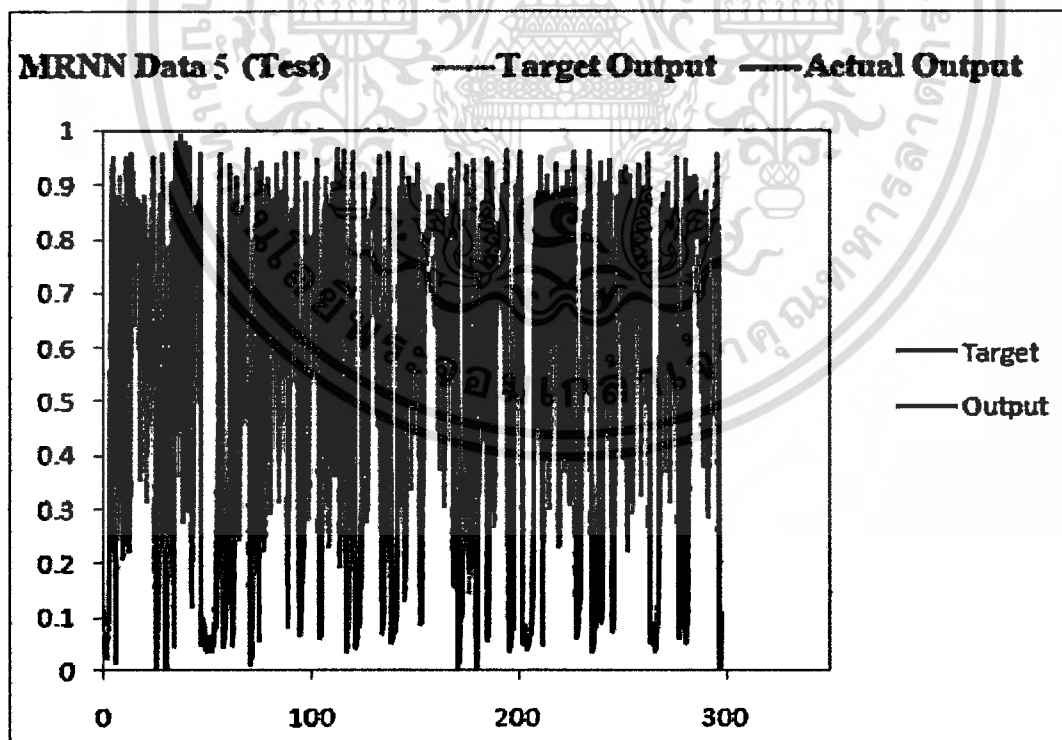
รูปที่ 4.31 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายเอลแมนข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.32 ผลการทดสอบของโครงข่ายเอลแมนข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic) ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic)



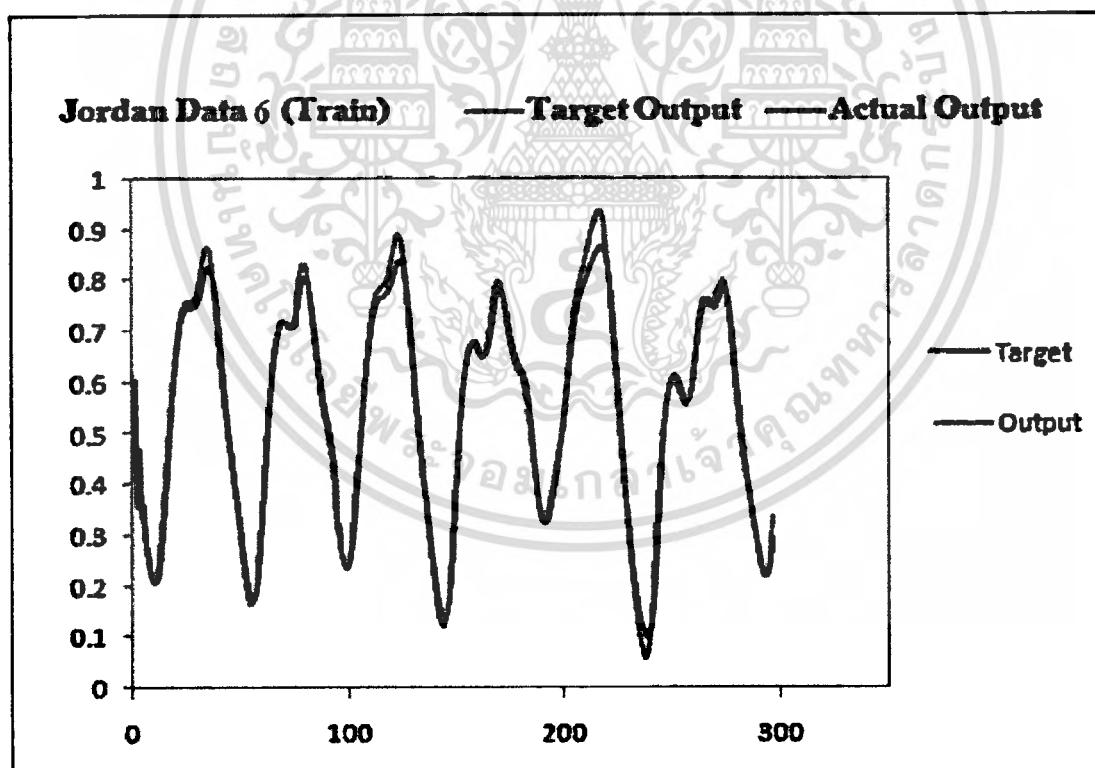
รูปที่ 4.34 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบที่ดีที่สุดของข้อมูลชุดที่ 6 ของทั้ง 3 โครงข่าย (โครงข่ายจอร์แดน โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่) การทำงานจะได้ค่าความผิดพลาดตามตารางที่ 4.11 และกราฟแสดงความถูกต้องของการฝึกสอนและการทดสอบแต่ละวิธีดังรูปที่ 4.35 ถึงรูปที่ 4.40

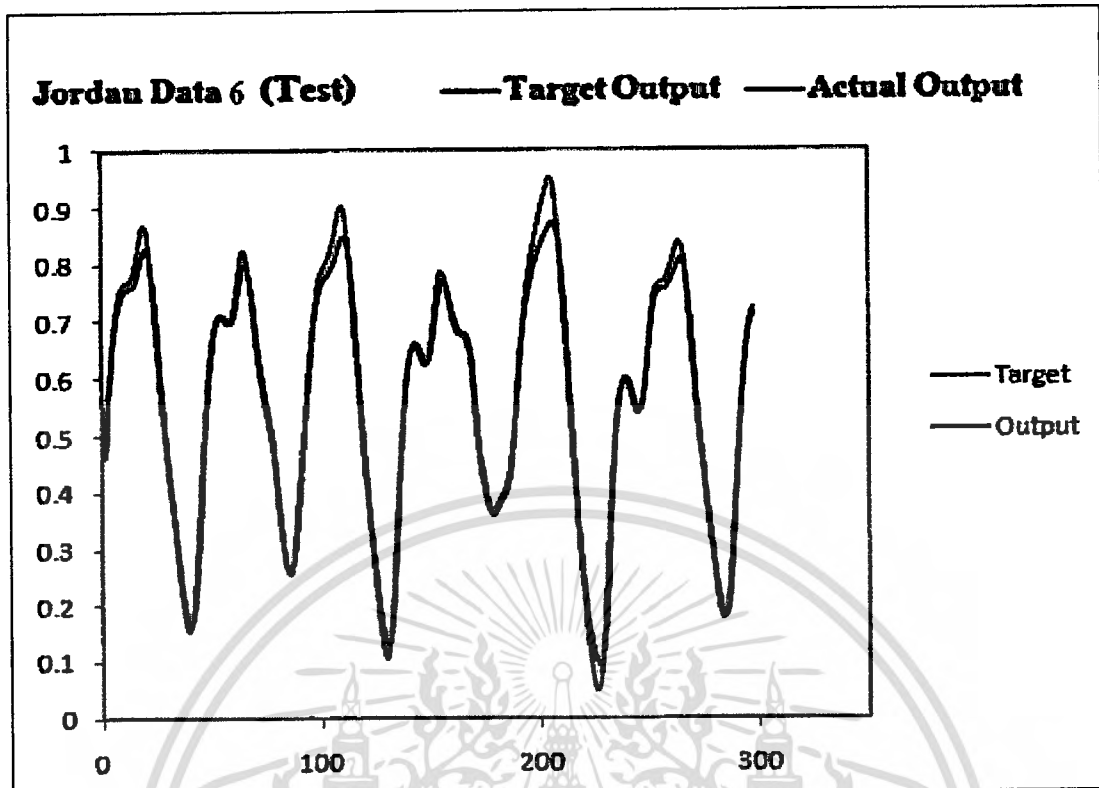
ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)

Model	Input	Hidden	Output	Error			
				MAPE		RMSE	
				Train	Test	Train	Test
Jordan net.	1	8	1	0.0114	0.0102	0.0136	0.0181
Elman net.	1	8	1	0.0098	0.0072	0.0134	0.0159
Modify RNN.	1	8	1	0.0089	0.0052	0.0096	0.0110

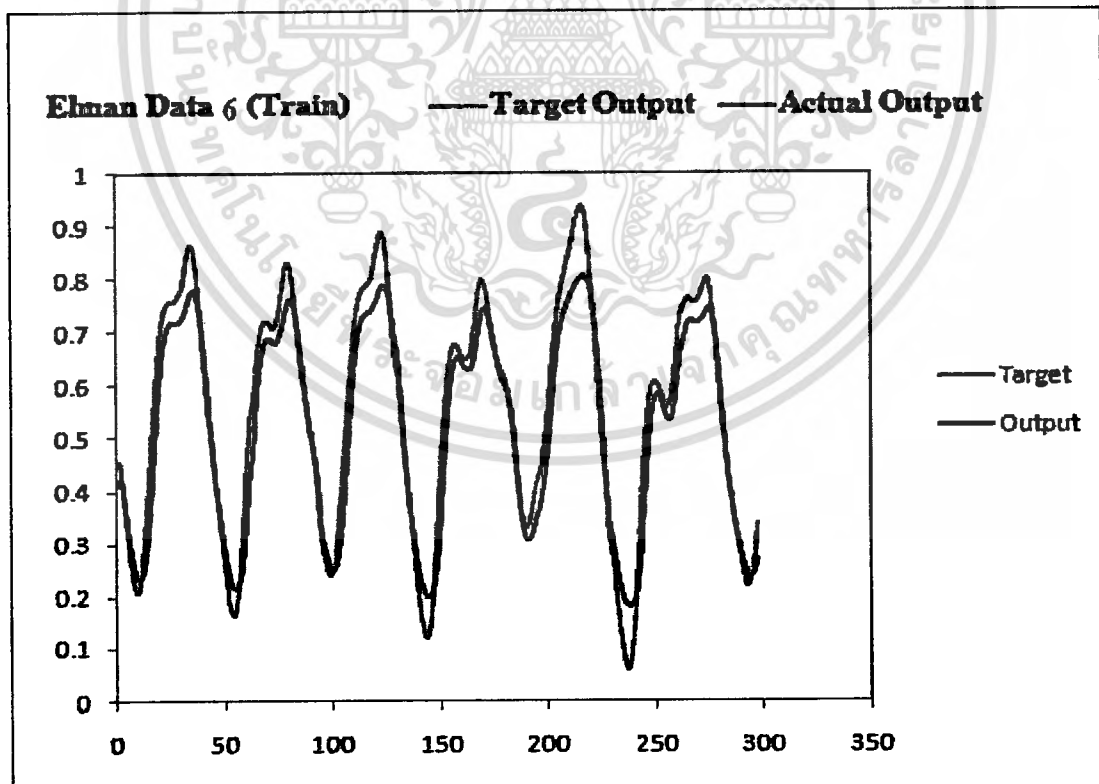


รูปที่ 4.35 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

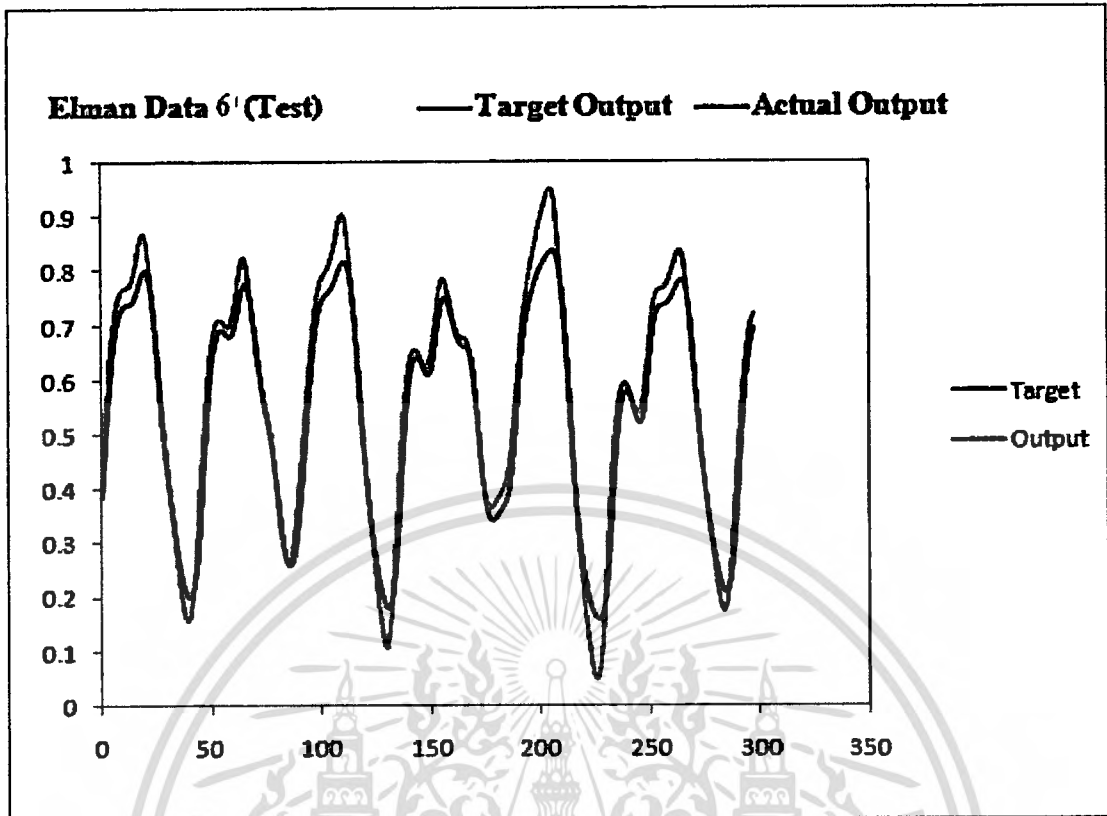


รูปที่ 4.36 ผลการทดสอบของโครงข่ายจอร์แดนข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)

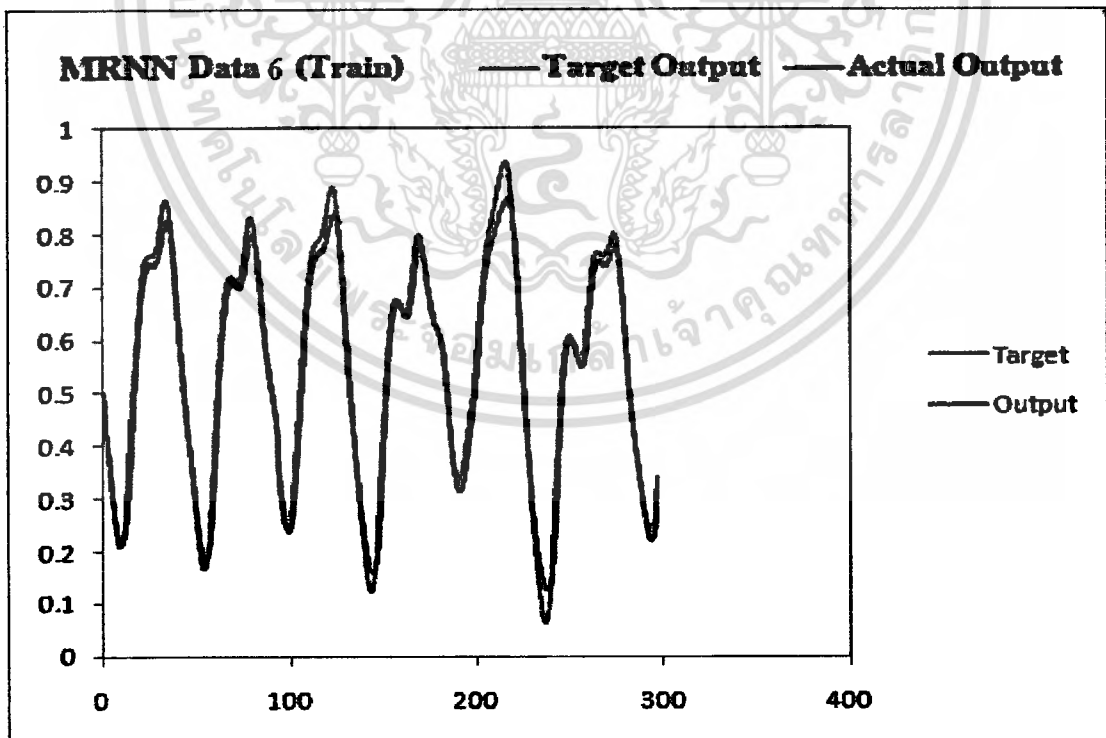


รูปที่ 4.37 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายเอลแมนข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

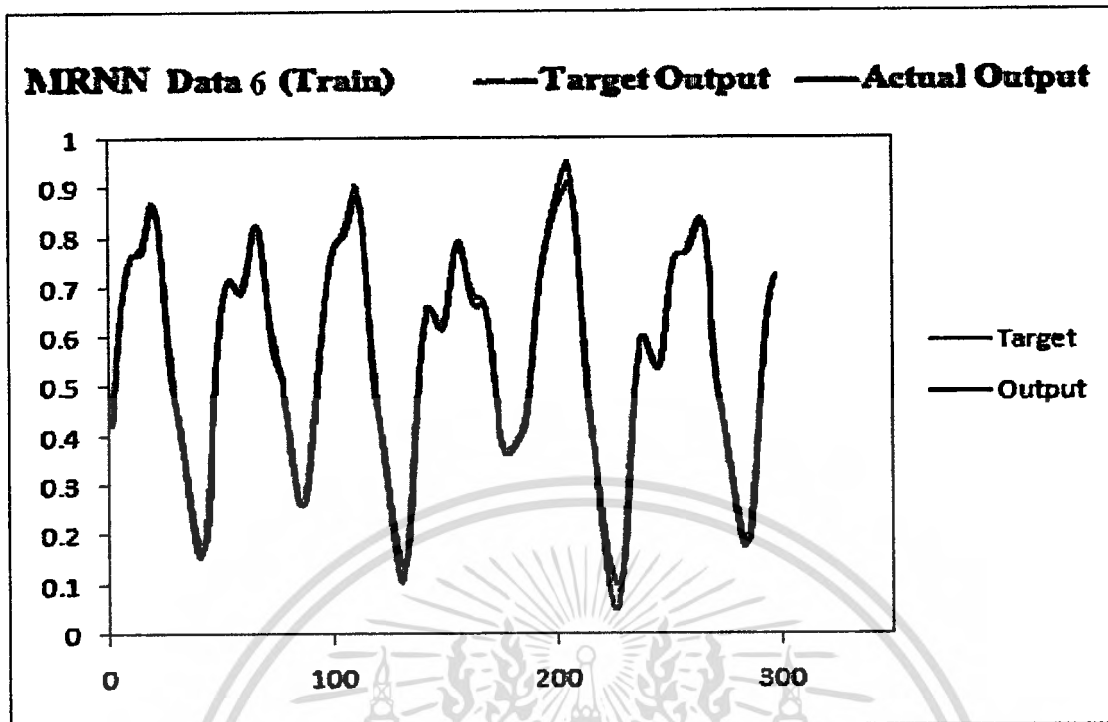


รูปที่ 4.38 ผลการทดสอบของโครงข่ายแอดแมนข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)



รูปที่ 4.39 ผลการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 ผลการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่ข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass)

จากผลทดลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 ประเภทดังนี้ คือ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง เมื่อข้อมูลชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับแอฟพลิเคชันในการพยากรณ์อนุกรมเวลา จะพบว่าเมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาด MAPE โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดในการฝึกสอนน้อยที่สุดได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1,2,4 ในการทดลอง และผลจากการทดลองโดยใช้ข้อมูลชุดที่ 3 พบว่า โครงข่ายแอลแมนให้ค่าความผิดพลาดในการฝึกสอนน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาดในการทดสอบพบว่าโครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดได้แก่ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง เรียงตามลำดับ และเมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 5 และชุดที่ 6 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับแอฟพลิเคชันในการพยากรณ์ระบบจำแนกแบบพลวัต (Dynamic System Identification) เมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาด MAPE โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดในการฝึกสอนน้อยที่สุดได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาดในการทดสอบพบว่าโครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ

รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

ข้อมูลกลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลา ประกอบด้วย

ข้อมูลชุดที่ 1 (9-9) เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ระยะยาว เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ราคาล้อรถยนต์ตั้งแต่ปี 1264-1996

ข้อมูลชุดที่ 2 (9-17B) ข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ระยะยาว เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ราคาไก่ตั้งแต่ปี 1924-1993

ข้อมูลชุดที่ 3 (BEER2) ข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ราคาผลิตภัณฑ์เบียร์ของโรงงานในประเทศออสเตรเลียตั้งแต่ปี 1991 – 1995

ข้อมูลชุดที่ 4 (Elecnew) ข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ราคาค่าไฟฟ้าของโรงงานไฟฟ้าในอเมริกาตั้งแต่ปี (1985-1996)

โดยที่ข้อมูลชุดที่ 1, ชุดที่ 2 และชุดที่ 4 เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบข้อมูลเข้า (Input pattern) ที่ไม่ชัดเจน คือ รูปแบบข้อมูลมีความแตกต่างกันและรูปแบบอินพุตที่นำเข้าแต่ละค่ามักจะไม่ใช่ค่ากัน

ส่วนข้อมูลชุดที่ 3 เป็นข้อมูลที่มีรูปแบบข้อมูลเข้า (Input pattern) ที่ชัดเจน คือ รูปแบบอินพุตก่อนข้างจะมีค่าซ้ำๆกัน

ข้อมูลกลุ่มที่ 2 เป็นชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับ โมเดลพลวัตที่ซับซ้อนสำหรับการพยากรณ์ ประกอบด้วย ข้อมูลชุดที่ 5 (Logistic 5) และข้อมูลชุดที่ 6 (Mackeyglass) ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ชุดนี้จะมีรูปแบบข้อมูลเข้า (Input pattern) ที่ชัดเจนมาก คือ รูปแบบอินพุตที่นำเข้าแต่ละตัวจะมีค่าซ้ำๆกัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพยากรณ์โดยใช้รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำทั้ง 3 ชนิด คือ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง โครงข่ายจอร์แดน และโครงข่ายแอลแมน เพื่อทำการทดสอบหาโครงข่ายที่มีความสามารถในการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งทั้ง 3 โครงข่ายที่กล่าวมาข้างต้นเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำทั้งหมดแต่มีความแตกต่างกันใน ส่วนของการป้อนย้อนกลับของผลลัพธ์เพื่อให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้ ดังนั้นจึงมีการทดลองในแต่ละโครงข่ายเพื่อศึกษาว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดใดมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ข้อมูลมากที่สุด

โครงการนี้ได้มีผลสรุปการดำเนินงานและสรุปผลการทดลองรวมถึงข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการเรียนรู้แต่ละครั้ง ผลที่ได้จากการทดลองจะมีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากผลลัพธ์จากการทำงานของการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมจะขึ้นกับการกำหนดค่าโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม เช่น จำนวน Input node, จำนวน Hidden node, จำนวน Output node รวมไปถึงการกำหนดค่าต่างๆที่ใช้ในการฝึกสอน เช่น อัตราการเรียนรู้, จำนวนรอบที่ใช้ในการเรียนรู้, ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ เป็นต้น ดังนั้นในการเรียนรู้จึงต้องอาศัยการฝึกสอนหลายๆ ครั้ง เพื่อให้สามารถคาดเดาการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดได้

เมื่อทำการเรียนรู้และได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของแต่ละโครงข่ายแล้ว ก็จะมีการเก็บค่าตัวแปรต่างๆ ของโครงข่ายในชุดข้อมูลนั้นๆ ไว้ เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบและนำผลจากการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบว่าวิธีการใดให้ผลการพยากรณ์ ที่ถูกต้องมากที่สุด ในการทดลองนี้ได้กำหนดช่วง Input node, Hidden node และ Output node เพื่อทำการกำหนดค่าทั้ง 3 ที่สามารถพยากรณ์ให้ได้ผล ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด และนำผลการทดลองที่ได้มาทำการทดสอบกับข้อมูลทั้ง 6 ชุด ซึ่งข้อมูลชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา ส่วนข้อมูลชุดที่ 5 และชุดที่ 6 เป็นข้อมูลสำหรับการจำแนกระบบพลวัต จากการทดลองโดยใช้ข้อมูล ชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 พบว่า โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุง, โครงข่ายแอลแมนและ โครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ และ โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการ

ทดสอบคือ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง ซึ่งจะพบว่าโครงข่ายที่ให้ผลในการฝึกสอนที่ดีจะให้ผลในการทดสอบที่ไม่ดี

และจากผลการทดลอง เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 5 และ ชุดที่ 6 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกระบบแบบพลวัต พบว่าเมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาด MAPE โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนคือ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่, โครงข่ายแอลแมน โครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ ส่งผลให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ คือโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายจอร์แดน ตามไปด้วย จากผลการทดลองพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงนั้นเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกระบบพลวัตมากกว่าที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา เนื่องจากเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกระบบพลวัตแล้ว ผลที่ได้จากการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมที่ดีจะส่งผลให้ผลที่ได้จากการทดสอบดีตามไปด้วย แต่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมแล้วจะพบว่าผลที่ได้จากการฝึกสอน โครงข่ายที่ดีเกินไปอาจส่งผลให้ข้อมูลเกิด Over fit ทำให้ผลที่ได้จากการทดสอบได้ผลออกมาไม่ดี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพยากรณ์โดยใช้รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำทั้ง 3 ชนิด คือ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง โครงข่ายจอร์แดน และโครงข่ายแอลแมน เพื่อทำการทดสอบหาโครงข่ายที่มีความสามารถในการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งทั้ง 3 โครงข่ายที่กล่าวมาข้างต้นเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำทั้งหมดแต่มีความแตกต่างกันในส่วนของ การป้อนย้อนกลับของผลลัพธ์เพื่อให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้ ดังนั้นจึงมีการทดลองในแต่ละโครงข่ายเพื่อศึกษาว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดใดมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลมากที่สุด

โครงการนี้ได้มีผลสรุปการดำเนินงานและสรุปผลการทดลองรวมถึงข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการเรียนรู้แต่ละครั้ง ผลที่ได้จากการทดลองจะมีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากผลลัพธ์จากการทำงานของการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมจะขึ้นกับการกำหนดค่าโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม เช่น จำนวน Input node, จำนวน Hidden node, จำนวน Output node รวมไปถึงการกำหนดค่าต่างๆที่ใช้ในการฝึกสอน เช่น อัตราการเรียนรู้, จำนวนรอบที่ใช้ในการเรียนรู้, ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ เป็นต้น ดังนั้นในการเรียนรู้จึงต้องอาศัยการฝึกสอนหลายๆ ครั้ง เพื่อให้สามารถคาดการณ์ค่าที่กำหนดค่าตัวแปรต่างๆให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดได้

เมื่อทำการเรียนรู้และได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของแต่ละโครงข่ายแล้ว ก็จะมีการเก็บค่าตัวแปรต่างๆของโครงข่ายในชุดข้อมูลนั้นๆไว้ เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบและนำผลจากการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบว่าวิธีการใดให้ผลการพยากรณ์ ที่ถูกต้องมากที่สุด ในการทดลองนี้ได้กำหนดช่วง Input node, Hidden node และ Output node เพื่อทำการกำหนดค่าทั้ง 3 ที่สามารถพยากรณ์ให้ได้ผลค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด และนำผลการทดลองที่ได้มาทำการทดสอบกับข้อมูลทั้ง 6 ชุด ซึ่งข้อมูลชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา ส่วนข้อมูลชุดที่ 5 และชุดที่ 6 เป็นข้อมูลสำหรับการจำแนกระบบพลวัต

จากการทดลองโดยใช้ข้อมูล ชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 4 พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดปรับปรุง, โครงข่ายแอลแมนและโครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ และโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบคือ โครงข่ายจอร์แดน,

โครงข่ายแอลแมน และโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง ซึ่งจะพบว่าโครงข่ายที่ให้ผลในการฝึกสอนที่ดีจะให้ผลในการทดสอบที่ไม่ดี

และจากผลการทดลอง เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 5 และ ชุดที่ 6 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกระบบแบบพลวัต พบว่าเมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาด MAPE โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนคือ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่, โครงข่ายแอลแมน โครงข่ายจอร์แดน เรียงตามลำดับ ส่งผลให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดในชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดใหม่, โครงข่ายแอลแมน และ โครงข่ายจอร์แดน ตามไปด้วย

จากผลการทดลองพบว่าทั้ง 6 ชุดข้อมูล โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงนั้นเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกระบบพลวัตมากกว่าที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา เนื่องจากว่าเมื่อนำโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุงมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกระบบพลวัตแล้ว ผลที่ได้จากการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมที่ดีจะส่งผลให้ผลที่ได้จากการทดสอบดีตาม ไปด้วย แต่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมแล้วจะพบว่าผลที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายที่ดีเกินไปอาจส่งผลให้ข้อมูลเกิด Over fit ทำให้ผลที่ได้จากการทดสอบได้ผลออกมาไม่ดี

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการทดลองของโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำทั้ง 3 ชนิด

Application	Jordan Net.	Elman Net.	MRNN
- พยากรณ์ข้อมูล อนุกรมเวลา (Data Time Series) (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ถึง 4)	- ผลที่ได้จากการ ฝึกสอนแ่งที่สุด - ให้ผลที่ได้จากการ ทดสอบคี่ที่สุด (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1, 2 และ 4)	- ผลในการฝึกสอน คี่ที่สุด - ให้ผลในการ ทดสอบคี่ที่สุด (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 3)	- ผลที่ได้จากการ ฝึกสอนคี่ที่สุด - ให้ผลที่ได้จากการ ทดสอบแ่งที่สุด (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 1, 2 และ 4)
- พยากรณ์ข้อมูล จำแนกระบบพลวัต (Dynamic System - Identification) (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 5,6)	- ให้ผลที่ได้จากการ ฝึกสอนแ่งที่สุด - ให้ผลที่ได้จากการ ทดสอบแ่งที่สุด (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 5,6)	- ให้ผลที่ได้จากการ ฝึกสอนคี่เป็น ลำดับที่ 2 - ให้ผลที่ได้จากการ ทดสอบคี่เป็น ลำดับที่ 2 (เมื่อใช้ ข้อมูลชุดที่ 5,6)	- ให้ผลที่ได้จากการ ฝึกสอนคี่ที่สุด - ให้ผลที่ได้จากการ ทดสอบคี่ที่สุด (เมื่อใช้ข้อมูลชุดที่ 5, 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

การพัฒนากระบวนการพัฒนาระบบการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาโดยการใช้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำชนิดต่างๆ ด้วยโปรแกรม Microsoft visual C#.NET เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนา และในการกำหนดช่วง Input node, Hidden node, Output node และจำนวนข้อมูลการฝึกสอนและการทดสอบ จากผลการทดลองได้เกิดปัญหาและมีความผิดพลาด

เนื่องจากการกำหนด Input node, Hidden node และ Output node บางครั้งเราสุ่มทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ในการทดลองจึงมีปัญหาในกรณีที่เลือกค่าที่ไม่เหมาะสมมาใช้ในการทดลอง จึงทำให้การพยากรณ์ของข้อมูลขาดความแม่นยำได้ ในการแบ่งชุดข้อมูลสำหรับการฝึกสอนและการทดสอบมักจะกำหนดให้ข้อมูลในการฝึกสอนมากขึ้น เพื่อให้ผลการทดสอบมีอัตราความถูกต้องสูงขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อปรับปรุงโปรแกรมประยุกต์นี้ในอนาคต ผู้ศึกษามีความคิดเห็นว่าในส่วนของการป้อนย้อนกลับของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ นอกจากที่จะมีการป้อนย้อนกลับจากบางชั้นของโหนดก่อนหน้าแล้ว อาจจะมีการเพิ่มเติมในส่วนของการป้อนย้อนกลับจากชั้นของตัวมันเองด้วย เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำมีประสิทธิภาพในการรู้จำมากยิ่งขึ้น โปรแกรมประยุกต์นี้อาจนำไปใช้ในการพัฒนาต่อเพื่อพยากรณ์กับข้อมูลอื่นๆ ได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

Medsker, L.R., L.C. Jain. 2000. Recurrent neural networks Design and Applications. United States of America

Michael Negnevitsky.2002. Artificial Intelligence: a guide to intelligent system. New York: Addison-Wesley.

Mikael Boden. “A guid to recurrent neural networks Design and backpropagation.” [Online]. Avaiable:<http://www2.hh.se/staff/mobo/publications/rn2.pdf>

Pham DT, Karaboga D. 1999. “Training Elman and Jordan networks for system identification using genetic algorithms.” **Artificial intelligence in Engineering**. 13:107-117

Qiao-ling Ji, Wei-Min Qi. “The Property of PID Elman Neural Network and Its Application in Identification of Hydraulic Unit.” **2007 IEEE International conference on control and automation**. Guangzhou, CHINA

Rob J Hyndman. “Data sets from forecasting: method and application [Online]. Available: <http://www.personal.soton.ac.uk/rhc/Teaching/MATH6011/mwhdata/READMEdatasets.htm>

Yuan-Chu-Cheng. et al. “Dynamic Properties Of Elman and Modified Elman Neural Network.” **Proceeding of the First International Conference on Machine Learning and Cybernetics**.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูล 732 ตัว

1	385.34	29	472.93	57	443.44	85	461.96
2	438.82	30	469.13	58	429.61	86	347.99
3	317.22	31	608.37	59	669.12	87	436.01
4	505.15	32	562.38	60	441.38	88	499.4
5	513.57	33	525.81	61	440.42	89	516.88
6	515.48	34	415.59	62	471.11	90	421.33
7	519.31	35	398.06	63	372.26	91	291.39
8	524.42	36	436.89	64	308.55	92	374.25
9	430.38	37	434.64	65	330.52	93	398.23
10	527.86	38	432.37	66	439.67	94	365.47
11	467.25	39	436.46	67	442.34	95	399.48
12	547.68	40	454.18	68	434.54	96	356.31
13	428.1	41	353.71	69	490.87	97	355.06
14	519.38	42	486.32	70	343.64	98	389.09
15	404.74	43	397.47	71	343.52	99	285.71
16	377.95	44	340.25	72	338.43	100	392
17	439.9	45	427.57	73	424.45	101	456.03
18	434.65	46	472.29	74	358.84	102	421.94
19	472.25	47	466.95	75	341.53	103	403.81
20	434.87	48	463.79	76	330.08	104	396.69
21	468.36	49	332.87	77	497.54	105	502.69
22	486	50	396.88	78	333.63	106	358.37
23	476.66	51	400.09	79	362.37	107	521.93
24	422.87	52	513.36	80	398.84	108	463.62
25	321.15	53	559.07	81	471.53	109	426.42
26	360.79	54	602.5	82	289.33	110	485.72
27	435.66	55	436.19	83	351.94	111	401.01
28	493.59	56	309.19	84	510.98	112	531.99
113	430.61	141	404.04	169	370.65	197	429.77
114	343.58	142	327.33	170	500.3	198	486.14

115	315.35	143	308.86	171	435.1	199	523.94
116	307.93	144	354.6	172	414.71	200	400.85
117	443.44	145	345.44	173	470.8	201	365.03
118	424.78	146	490.86	174	475.48	202	309.43
119	409.02	147	558.26	175	589.4	203	340.65
120	396.94	148	372.58	176	769.36	204	400.06
121	337.55	149	380.16	177	437.62	205	407.61
122	403.86	150	367.25	178	337.55	206	427.46
123	393.54	151	321.93	179	383.22	207	512.95
124	330.8	152	303.8	180	328.85	208	457.17
125	269.71	153	411.05	181	330.94	209	438.17
126	297.89	154	501.1	182	370.53	210	339.29
127	416.37	155	376.05	183	536.53	211	326.9
128	532.98	156	593.39	184	484.39	212	405.07
129	427.62	157	378.92	185	410.36	213	518.25
130	260.76	158	544.44	186	429.9	214	512.58
131	299.12	159	436.73	187	420.29	215	606.84
132	339.37	160	325.05	188	487.75	216	551.57
133	409.16	161	350.66	189	542.87	217	460.45
134	416.12	162	366.97	190	478.49	218	410.94
135	388.47	163	316.25	191	393.81	219	478.4
136	374.89	164	332.28	192	332.17	220	516.75
137	430.87	165	354.6	193	437.82	221	460.18
138	494	166	567.46	194	433.74	222	434.73
139	477.09	167	464.75	195	473.94	223	425.87
140	458.11	168	418.27	196	492.12	224	416.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

225	400.46
226	408.78
227	450.6
228	352.62
229	519.44
230	294.28
231	344.59
232	438.06
233	350.12
234	437.82
235	428.98
236	446.66
237	409.37
238	463.74
239	560.29
240	572.95
241	477.94
242	394.91
243	370.99
244	446.05
245	448.95
246	341.22
247	235.96
248	334.07
249	457.87
250	614.63
251	414.79
252	403.8

253	501.73
254	386.21
255	448.13
256	374.19
257	423.79
258	454.79
259	390.3
260	358.65
261	335.02
262	321.85
263	329.94
264	342.15
265	584.59
266	451.13
267	423.44
268	442.77
269	370.56
270	383.49
271	428.35
272	432.89
273	508.39
274	554.24
275	415.83
276	383.48
277	287.35
278	280.27
279	424.89
280	376.05

281	421.94
282	382.62
283	508.37
284	290.79
285	206.38
286	308.37
287	505.04
288	511.66
289	596.84
290	330.39
291	293.53
292	560.72
293	482.61
294	563.69
295	295.73
296	295.19
297	338.19
298	407.33
299	477.14
300	428.89
301	614.89
302	628.98
303	786.59
304	472.22
305	319.54
306	331.44
307	317.86
308	300.61

309	373.81
310	401
311	569.96
312	349.32
313	417.3
314	495.64
315	465.46
316	431.26
317	415.03
318	466.93
319	506.33
320	478.2
321	486.57
322	450.41
323	713.47
324	754.51
325	375.6
326	343.75
327	551.51
328	447.13
329	396.4
330	474.09
331	525.82
332	591.87
333	654.39
334	668.46
335	732.83
336	531.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

337	471.77
338	525.22
339	415.67
340	483.73
341	533.49
342	534.96
343	479.64
344	573.62
345	599.54
346	768.71
347	566.73
348	570.12
349	574.29
350	617.31
351	638.5
352	507.23
353	493.42
354	642.42
355	697.01
356	535.03
357	432.21
358	446.66
359	631.22
360	703.81
361	561.97
362	652.98
363	709.05
364	539

365	458.89
366	523.21
367	573.84
368	766.18
369	571.81
370	677.8
371	580.64
372	565.14
373	611.92
374	569.39
375	547.63
376	525.8
377	523.33
378	607.71
379	526.63
380	515.49
381	514.28
382	493.1
383	495.36
384	629.82
385	657.57
386	669.76
387	632.46
388	636.75
389	610.52
390	474.27
391	376.1
392	330.56

393	482.61
394	563.69
395	295.73
396	295.19
397	338.19
398	407.33
399	477.14
400	428.89
401	614.89
402	628.98
403	786.59
404	472.22
405	319.54
406	331.44
407	317.86
408	300.61
409	373.81
410	401
411	569.96
412	349.32
413	417.3
414	495.64
415	465.46
416	431.26
417	415.03
418	466.93
419	506.33
420	478.2

421	571.56
422	683.56
423	415.58
424	542.94
425	458.98
426	454.34
427	498.52
428	470.67
429	633.98
430	791.3
431	905.45
432	523.65
433	707.17
434	720.68
435	835.48
436	741.77
437	671.46
438	540.95
439	459.91
440	512.47
441	693.51
442	526.15
443	389.69
444	462.1
445	516.48
446	798.05
447	1006.19
448	588.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

449	713.47
450	641.86
451	838.13
452	528.2
453	776.93
454	707.6
455	663.77
456	455.82
457	546.17
458	557.09
459	495.37
460	570.79
461	525.78
462	658.06
463	659.04
464	543.52
465	791.38
466	750.78
467	561.69
468	540.96
469	451.16
470	476.54
471	495.21
472	617.02
473	673.62
474	510.93
475	503.34
476	525.76

477	642.56
478	820.75
479	475.15
480	392.97
481	381.11
482	385.35
483	497.83
484	549.93
485	506.81
486	525.68
487	497.76
488	541.69
489	663.2
490	678.64
491	651.17
492	497.86
493	583.47
494	808.68
495	701.64
496	551.62
497	522.52
498	537.05
499	537.05
500	539.26
501	656.62
502	651.66
503	632.86
504	835.9

505	841.35
506	741.25
507	618.01
508	777.69
509	764.89
510	756.84
511	801.02
512	755.34
513	590.96
514	744.05
515	633.14
516	534.92
517	572.22
518	685.11
519	727.19
520	720.3
521	684.2
522	614.93
523	575.72
524	620.94
525	655.86
526	772.21
527	756.25
528	687.71
529	603.68
530	653.91
531	658.03
532	875.81

533	874
534	622.04
535	599.86
536	738.64
537	919.68
538	897.71
539	687.41
540	645.95
541	662.24
542	822.04
543	736.15
544	693.71
545	682.87
546	786.37
547	880.52
548	791.95
549	914.2
550	773.57
551	609.17
552	588.11
553	781.7
554	878.29
555	761.48
556	664.59
557	717.18
558	691.07
559	610.89
560	713.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

561	787.88
562	719.53
563	652.11
564	695.46
565	739.78
566	819.39
567	824.47
568	774.19
569	739.28
570	710.02
571	671.53
572	562.67
573	625.09
574	702.37
575	806.92
576	822.81
577	758.54
578	753.24
579	725.16
580	715.06
581	732.43
582	692.81
583	716.5
584	860.77
585	714.09
586	645.9
587	581.26
588	555.99

589	576.22
590	669.32
591	854.82
592	889.11
593	823.62
594	653.6
595	565.62
596	549.91
597	639.7
598	670.66
599	665.73
600	528.24
601	474.14
602	502.55
603	594.4
604	767.06
605	765.84
606	589.06
607	578.99
608	680.74
609	644.8
610	652.78
611	658.08
612	552.37
613	569.73
614	700.34
615	605.86
616	589.14

617	573.16
618	597.47
619	600
620	553.42
621	499.14
622	489.79
623	472.83
624	501.34
625	491.06
626	453.77
627	484.71
628	566.38
629	457.66
630	403.04
631	365
632	379.49
633	426.48
634	479.02
635	523.12
636	406.11
637	399.38
638	403.81
639	425.48
640	399.38
641	416.23
642	437.43
643	410.49
644	438.55

645	468.95
646	531.23
647	449.37
648	444.73
649	470.4
650	422.93
651	475.12
652	578.56
653	555.82
654	583.9
655	494.33
656	455.6
657	441.78
658	430.74
659	354.89
660	326.81
661	382.2
662	402.06
663	419.86
664	399.31
665	350.37
666	348.73
667	294.49
668	226.73
669	238.97
670	221.57
671	199.37
672	210.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

673	283.55
674	352.49
675	251.66
676	180.66
677	323.39
678	429.25
679	435.36
680	424.63
681	389.79
682	362.98
683	365.56
684	388.13
685	447.39
686	481.22
687	519.89
688	525.06
689	497.16
690	508.05
691	451.48
692	352.42
693	371.14
694	302.85
695	296.23
696	284.45
697	286.1
698	266.88
699	271.51
700	256.11

701	259.78
702	243.45
703	236.43
704	232.8
705	226.41
706	222.4
707	241.52
708	205.09
709	227.62
710	360.59
711	378.85
712	289.3
713	321.45
714	298.97
715	296.12
716	291.2
717	246.31
718	247.13
719	237.6
720	249.05
721	218.01
722	201.32
723	192.78
724	184.83
725	166.84
726	154.3
727	147.24
728	139.44

729	124.68
730	113.2
731	119.97
732	128.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูล 388 ตัว

1	1.198938	29	1.56487	57	1.204348	85	0.463622
2	1.29991	30	1.395649	58	1.163751	86	0.464201
3	1.348435	31	1.320892	59	0.36452	87	0.452888
4	1.455093	32	1.107306	60	0.34745	88	0.499671
5	1.552336	33	1.194777	61	1.045744	89	0.539891
6	1.725968	34	1.318208	62	1.120466	90	0.61203
7	1.694321	35	1.420211	63	1.157109	91	0.649351
8	1.681869	36	1.517884	64	1.29339	92	0.668508
9	1.648196	37	1.54937	65	1.181483	93	0.681895
10	1.697809	38	1.656639	66	1.176719	94	0.63943
11	1.736508	39	1.739487	67	1.193553	95	0.590358
12	1.620808	40	1.755338	68	1.263748	96	0.598424
13	1.605157	41	1.632925	69	1.122197	97	0.632881
14	1.430414	42	1.550926	70	1.041095	98	0.610933
15	1.261505	43	1.436905	71	0.936706	99	0.656165
16	1.203517	44	1.500498	72	0.759741	100	0.684185
17	1.233163	45	1.512805	73	0.73845	101	0.740614
18	1.227566	46	1.528752	74	0.712114	102	0.734218
19	1.313457	47	1.471175	75	0.698161	103	0.776154
20	1.497786	48	1.434839	76	0.704654	104	0.830696
21	1.621974	49	1.4091	77	0.677468	105	0.83713
22	1.600681	50	1.468326	78	0.725635	106	0.787446
23	1.671367	51	1.489383	79	0.720057	107	0.869476
24	1.720116	52	1.467662	80	0.699057	108	0.878108
25	1.775124	53	1.33498	81	0.621649	109	0.905885
26	1.688127	54	1.250519	82	0.57267	110	0.970039
27	1.73614	55	1.233247	83	0.523322	111	1.067984
28	1.784338	56	1.186374	84	0.477349	112	1.136023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

113	1.177344
114	1.294396
115	1.330927
116	1.500402
117	1.658972
118	1.69201
119	1.964777
120	1.523377
121	1.499516
122	1.551051
123	1.372924
124	1.10029
125	1.134978
126	1.005005
127	0.931256
128	0.689696
129	0.600878
130	0.410734
131	0.527989
132	0.546046
133	0.513565
134	0.692795
135	0.868333
136	0.790587
137	0.868893
138	0.807528
139	0.714021
140	0.703984

141	0.677533
142	0.727574
143	0.837852
144	0.937242
145	1.05792
146	1.063064
147	1.148668
148	1.233377
149	1.276381
150	1.144861
151	1.102134
152	0.787417
153	0.745844
154	0.687328
155	0.82996
156	0.888136
157	0.852686
158	0.765854
159	0.823303
160	0.866768
161	0.832399
162	0.733481
163	0.690702
164	0.717497
165	0.665384
166	0.621108
167	0.651099
168	0.583132

169	0.521362
170	0.473402
171	0.494547
172	0.525104
173	0.579584
174	0.632358
175	0.632055
176	0.596595
177	0.609218
178	0.619786
179	0.644014
180	0.645696
181	0.681164
182	0.720807
183	0.734287
184	0.814037
185	0.836564
186	0.851665
187	0.755295
188	0.646392
189	0.643798
190	0.587655
191	0.598795
192	0.570929
193	0.527187
194	0.576425
195	0.560576
196	0.531846

197	0.512429
198	0.495691
199	0.516431
200	0.54956
201	0.578644
202	0.614934
203	0.609539
204	0.655938
205	0.698641
206	0.688422
207	0.702849
208	0.698998
209	0.715065
210	0.709367
211	0.733726
212	0.729718
213	0.751424
214	0.703638
215	0.68475
216	0.6935
217	0.734557
218	0.798756
219	0.859653
220	0.93184
221	1.005588
222	1.059995
223	1.188118
224	1.211593

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

225	1.23531
226	1.268968
227	1.287893
228	1.227746
229	1.163887
230	1.204931
231	1.180474
232	1.027435
233	1.037869
234	1.078462
235	1.163697
236	1.266832
237	1.336236
238	1.375894
239	1.396324
240	1.365095
241	1.319374
242	1.304084
243	1.285667
244	1.26664
245	1.410066
246	1.490388
247	1.499687
248	1.566702
249	1.546944
250	1.368524
251	1.263307
252	1.29355

253	1.41232
254	1.490175
255	1.507297
256	1.545423
257	1.62371
258	1.669205
259	1.710328
260	1.736378
261	1.758499
262	1.761416
263	1.736889
264	1.818369
265	1.795864
266	1.708215
267	1.560893
268	1.513282
269	1.632242
270	1.699226
271	1.731497
272	1.714038
273	1.637534
274	1.726642
275	1.735266
276	1.801338
277	1.698151
278	1.68168
279	1.535972
280	1.507182

281	1.392017
282	1.219974
283	1.190827
284	1.280689
285	1.415506
286	1.462803
287	1.399851
288	1.349871
289	1.458016
290	1.47834
291	1.475108
292	1.522089
293	1.505316
294	1.379191
295	1.323799
296	1.263968
297	1.146498
298	1.053527
299	0.853609
300	0.760621
301	0.840847
302	0.925902
303	0.887717
304	0.880443
305	0.965462
306	0.968054
307	0.976045
308	0.942943

309	0.916814
310	0.874519
311	0.849037
312	0.797858
313	0.741642
314	0.778478
315	0.806959
316	0.754357
317	0.747306
318	0.737583
319	0.751129
320	0.722683
321	0.729338
322	0.691362
323	0.759021
324	0.792037
325	0.759779
326	0.745409
327	0.685688
328	0.648343
329	0.594531
330	0.582839
331	0.570434
332	0.672484
333	0.71761
334	0.781507
335	0.785447
336	0.777291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

337	0.740967
338	0.709248
339	0.720424
340	0.730705
341	0.774187
342	0.796668
343	0.801489
344	0.827807
345	0.916464
346	0.9937
347	0.987543
348	0.989349
349	1.119197
350	1.159895
351	1.246875
352	0.984298
353	0.980816
354	0.985949
355	0.986264
356	1.002005
357	1.042495
358	1.105811
359	1.18809
360	1.181455
361	1.130283
362	1.154678
363	1.088763
364	1.011819

365	1.111384
366	1.174032
367	1.178627
368	1.166585
369	1.227253
370	1.20779
371	1.214302
372	1.219254
373	1.265997
374	1.261039
375	1.274634
376	1.306225
377	1.292558
378	1.225041
379	1.239066
380	1.208609
381	1.239951
382	1.331009
383	1.411654
384	1.473569
385	1.55946
386	1.585132
387	1.78814
388	1.81748

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อมูล 467 ตัว

1	1254	29	1777	57	2096	85	2184
2	1290	30	1824	58	2055	86	2144
3	1379	31	1994	59	2004	87	2379
4	1346	32	1835	60	1924	88	2383
5	1535	33	1787	61	1851	89	2717
6	1555	34	1699	62	1839	90	2774
7	1655	35	1633	63	2019	91	3051
8	1651	36	1645	64	1937	92	2891
9	1500	37	1597	65	2270	93	2613
10	1538	38	1577	66	2251	94	2600
11	1486	39	1709	67	2382	95	2493
12	1394	40	1756	68	2364	96	2410
13	1409	41	1936	69	2129	97	2390
14	1387	42	2052	70	2110	98	2463
15	1543	43	2105	71	2072	99	2616
16	1502	44	2016	72	1980	100	2734
17	1693	45	1914	73	1995	101	2970
18	1616	46	1925	74	1932	102	3125
19	1841	47	1824	75	2171	103	3342
20	1787	48	1765	76	2162	104	3207
21	1631	49	1721	77	2489	105	2964
22	1649	50	1752	78	2424	106	2919
23	1586	51	1914	79	2641	107	2764
24	1500	52	1857	80	2630	108	2732
25	1497	53	2159	81	2324	109	2622
26	1463	54	2195	82	2412	110	2698
27	1648	55	2287	83	2284	111	2950
28	1595	56	2276	84	2186	112	2895

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

113	3200
114	3408
115	3679
116	3473
117	3154
118	3107
119	3052
120	2918
121	2786
122	2739
123	3125
124	3033
125	3486
126	3661
127	3927
128	3851
129	3456
130	3390
131	3280
132	3166
133	3080
134	3069
135	3340
136	3310
137	3798
138	3883
139	4191
140	4213

141	3766
142	3628
143	3520
144	3322
145	3250
146	3287
147	3552
148	3440
149	4153
150	4265
151	4655
152	4492
153	4051
154	3967
155	3807
156	3639
157	3647
158	3560
159	3929
160	3858
161	4485
162	4697
163	4977
164	4675
165	4596
166	4491
167	4127
168	4144

169	4014
170	3994
171	4320
172	4400
173	5002
174	5091
175	5471
176	5193
177	4997
178	4737
179	4546
180	4498
181	4350
182	4206
183	4743
184	4582
185	5191
186	5457
187	5891
188	5618
189	5158
190	5030
191	4800
192	4654
193	4453
194	4440
195	4945
196	4788

197	5425
198	5706
199	6061
200	5846
201	5242
202	5408
203	5114
204	5042
205	5008
206	4657
207	5359
208	5193
209	5891
210	5980
211	6390
212	6366
213	5756
214	5640
215	5429
216	5398
217	5413
218	5141
219	5695
220	5554
221	6369
222	6592
223	7107
224	6917

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

225	6353
226	6205
227	5830
228	5646
229	5379
230	5489
231	5824
232	5907
233	6482
234	6795
235	7028
236	6776
237	6274
238	6362
239	5940
240	5958
241	5769
242	5887
243	6367
244	6165
245	6868
246	7201
247	7601
248	7581
249	7090
250	6841
251	6408
252	6435

253	6176
254	6138
255	6717
256	6470
257	7312
258	7763
259	8171
260	7788
261	7311
262	6679
263	6704
264	6724
265	6552
266	6427
267	7105
268	6869
269	7683
270	8082
271	8555
272	8386
273	7553
274	7398
275	7112
276	6886
277	7077
278	6820
279	7426
280	7143

281	8261
282	8240
283	8977
284	8991
285	8026
286	7911
287	7510
288	7381
289	7366
290	7414
291	7824
292	7524
293	8279
294	8707
295	9486
296	8973
297	8231
298	8206
299	7927
300	7999
301	7834
302	7521
303	8284
304	7999
305	8940
306	9381
307	10078
308	9796

309	8471
310	8572
311	8150
312	8168
313	8166
314	7903
315	8606
316	8071
317	9178
318	9873
319	10476
320	9296
321	8818
322	8697
323	8381
324	8293
325	7942
326	8001
327	8744
328	8397
329	9115
330	9773
331	10358
332	9849
333	9083
334	9143
335	8800
336	8741

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

337	8492
338	8795
339	9354
340	8796
341	10072
342	10174
343	11326
344	10744
345	9806
346	9740
347	9373
348	9244
349	9407
350	8827
351	9880
352	9364
353	10580
354	10899
355	11687
356	11280
357	10208
358	10212
359	9725
360	9721
361	9846
362	9407
363	10265
364	9970

365	365
366	366
367	367
368	368
369	369
370	370
371	371
372	372
373	373
374	374
375	375
376	376
377	377
378	378
379	379
380	380
381	381
382	382
383	383
384	384
385	385
386	386
387	387
388	388
389	389
390	390
391	391
392	392

393	11764
394	11956
395	11646
396	11750
397	11485
398	11198
399	12265
400	11704
401	12419
402	13259
403	13945
404	13839
405	12387
406	12546
407	12038
408	11977
409	12336
410	11793
411	12877
412	11923
413	13306
414	13988
415	14002
416	14336
417	12867
418	12721
419	12449
420	12686

421	12810
422	12015
423	12888
424	12431
425	13499
426	13014
427	14296
428	14125
429	12817
430	12862
431	12449
432	12489
433	12621
434	12380
435	13023
436	12302
437	13339
438	13825
439	14428
440	14151
441	13355
442	13094
443	12656
444	12435
445	13287
446	12434
447	13209
448	12817

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

449	13746
450	14259
451	14590
452	14354
453	13254
454	13464
455	13302
456	13456
457	13171
458	12517
459	13489
460	12509
461	13785
462	13921
463	14603
464	14749
465	13540
466	13457
467	13243
468	13590
469	13487
470	12776
471	13812
472	13032
473	14268
474	14473
475	15359
476	14457



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อมูล 142 ตัว

1	227.86	29	206.07	57	227.15	85	243.97
2	198.24	30	225.59	58	219.91	86	217.76
3	194.97	31	247.91	59	219.3	87	224.66
4	184.88	32	247.64	60	259.04	88	210.84
5	196.79	33	213.01	61	237.29	89	220.35
6	205.36	34	203.01	62	212.88	90	236.84
7	226.72	35	200.26	63	226.03	91	266.15
8	226.05	36	220.5	64	211.07	92	255.2
9	202.5	37	237.9	65	222.91	93	234.76
10	194.79	38	216.94	66	249.18	94	221.29
11	192.43	39	214.01	67	266.38	95	221.26
12	219.25	40	196	68	268.53	96	244.13
13	217.47	41	208.37	69	238.02	97	245.78
14	192.34	42	232.75	70	224.69	98	224.62
15	196.83	43	257.46	71	213.75	99	234.8
16	186.07	44	267.69	72	237.43	100	211.37
17	197.31	45	220.18	73	248.46	101	222.39
18	215.02	46	210.61	74	210.82	102	249.63
19	242.67	47	209.59	75	221.4	103	282.29
20	225.17	48	232.75	76	209	104	279.13
21	206.69	49	232.75	77	234.37	105	236.6
22	197.75	50	219.82	78	248.43	106	223.62
23	196.43	51	226.74	79	271.98	107	225.86
24	213.55	52	208.04	80	268.11	108	246.41
25	222.75	53	220.12	81	233.88	109	261.7
26	194.03	54	235.69	82	223.43	110	225.01
27	201.85	55	257.05	83	221.38	111	231.54
28	189.5	56	258.69	84	233.76	112	214.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

113	227.7
114	263.86
115	278.15
116	274.64
117	237.66
118	227.97
119	224.75
120	242.91
121	253.08
122	228.13
123	233.68
124	217.38
125	236.38
126	256.08
127	292.83
128	304.71
129	245.57
130	234.41
131	234.12
132	258.17
133	268.66
134	245.31
135	247.47
136	226.25
137	251.67
138	268.79
139	288.94
140	290.16

141	250.69
142	240.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลชุดที่ 5 ประกอบด้วยข้อมูล 599 คิว

1	0.60396	29	0.83343	57	0.35755	85	0.7852
2	0.58157	30	0.84067	58	0.38801	86	0.75146
3	0.55706	31	0.85372	59	0.43117	87	0.72019
4	0.52918	32	0.87208	60	0.48239	88	0.69272
5	0.49828	33	0.89293	61	0.53656	89	0.66937
6	0.46623	34	0.91089	62	0.58967	90	0.64954
7	0.43556	35	0.91982	63	0.63909	91	0.63166
8	0.40887	36	0.91515	64	0.68322	92	0.61339
9	0.38864	37	0.89591	65	0.72097	93	0.59227
10	0.3774	38	0.86483	66	0.75146	94	0.56666
11	0.37756	39	0.82626	67	0.77433	95	0.50422
12	0.39082	40	0.78439	68	0.78946	96	0.47209
13	0.41727	41	0.74236	69	0.7976	97	0.44324
14	0.45481	42	0.70242	70	0.79985	98	0.42038
15	0.49978	43	0.66573	71	0.79808	99	0.40608
16	0.54824	44	0.63273	72	0.79429	100	0.40266
17	0.597	45	0.60304	73	0.79099	101	0.41166
18	0.64397	46	0.57555	74	0.79115	102	0.43304
19	0.68779	47	0.54867	75	0.79711	103	0.46485
20	0.7273	48	0.52085	76	0.81048	104	0.50388
21	0.76144	49	0.4912	77	0.83077	105	0.54675
22	0.78882	50	0.45994	78	0.85509	106	0.59078
23	0.80887	51	0.42839	79	0.87739	107	0.63432
24	0.82183	52	0.39845	80	0.89076	108	0.67645
25	0.82868	53	0.37231	81	0.89051	109	0.71647
26	0.83101	54	0.35234	82	0.87626	110	0.75331
27	0.83093	55	0.34129	83	0.85114	111	0.78536
28	0.83093	56	0.34218	84	0.8195	112	0.81104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

113	0.8298	141	0.36942	169	0.85307	197	0.56483
114	0.84204	142	0.34284	170	0.86443	198	0.58655
115	0.84897	143	0.32158	171	0.86274	199	0.61012
116	0.85251	144	0.30808	172	0.85017	200	0.63749
117	0.85517	145	0.30551	173	0.83045	201	0.66996
118	0.85911	146	0.31725	174	0.80758	202	0.70644
119	0.8666	147	0.34546	175	0.78463	203	0.74349
120	0.87868	148	0.38909	176	0.76402	204	0.77747
121	0.8951	149	0.4434	177	0.74719	205	0.80621
122	0.91354	150	0.502	178	0.73455	206	0.82948
123	0.92997	151	0.55937	179	0.72578	207	0.84832
124	0.93907	152	0.61182	180	0.71924	208	0.86418
125	0.93617	153	0.65732	181	0.71231	209	0.87868
126	0.91918	154	0.69481	182	0.70174	210	0.89309
127	0.88898	155	0.72388	183	0.68448	211	0.90807
128	0.84937	156	0.74453	184	0.65912	212	0.92353
129	0.80444	157	0.75734	185	0.62698	213	0.93899
130	0.7579	158	0.76313	186	0.59151	214	0.95356
131	0.71239	159	0.76313	187	0.55664	215	0.9662
132	0.6695	160	0.75895	188	0.52569	216	0.97554
133	0.62991	161	0.75251	189	0.50114	217	0.97941
134	0.59359	162	0.74614	190	0.48475	218	0.97458
135	0.55986	163	0.74284	191	0.47748	219	0.95759
136	0.52762	164	0.74534	192	0.47922	220	0.92755
137	0.49576	165	0.75613	193	0.48878	221	0.88705
138	0.46361	166	0.7757	194	0.50417	222	0.83995
139	0.43123	167	0.80211	195	0.52312	223	0.79003
140	0.3994	168	0.83029	196	0.5437	224	0.73954

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

225	0.68993
226	0.64184
227	0.59548
228	0.55088
229	0.50809
230	0.46725
231	0.42852
232	0.39215
233	0.3584
234	0.32761
235	0.3004
236	0.27787
237	0.26175
238	0.25465
239	0.26006
240	0.28155
241	0.32075
242	0.37518
243	0.43818
244	0.50179
245	0.55974
246	0.6085
247	0.64678
248	0.67468
249	0.69309
250	0.70314
251	0.70614
252	0.70344

253	0.69653
254	0.68708
255	0.67718
256	0.66934
257	0.66657
258	0.67187
259	0.6873
260	0.71287
261	0.74558
262	0.7794
263	0.80766
264	0.82626
265	0.8352
266	0.83705
267	0.83512
268	0.83214
269	0.83053
270	0.83157
271	0.83592
272	0.84317
273	0.85211
274	0.86096
275	0.86741
276	0.85927
277	0.83826
278	0.80589
279	0.76652
280	0.72486

281	0.68466
282	0.64792
283	0.61546
284	0.58712
285	0.56212
286	0.53928
287	0.51742
288	0.49564
289	0.47356
290	0.45136
291	0.42979
292	0.41021
293	0.39479
294	0.38669
295	0.3898
296	0.40735
297	0.43987
298	0.48421
299	0.5349
300	0.58669
301	0.63598
302	0.68081
303	0.72027
304	0.75396
305	0.78181
306	0.80372
307	0.8199
308	0.83069

309	0.83689
310	0.83955
311	0.84043
312	0.8418
313	0.84639
314	0.85629
315	0.87232
316	0.89237
317	0.91113
318	0.92176
319	0.91918
320	0.90235
321	0.87369
322	0.83689
323	0.79574
324	0.75323
325	0.71153
326	0.67216
327	0.63594
328	0.60309
329	0.57313
330	0.54487
331	0.51675
332	0.48744
333	0.45667
334	0.42541
335	0.39545
336	0.36892

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

337	0.34803
338	0.33529
339	0.33356
340	0.3456
341	0.37286
342	0.41409
343	0.46507
344	0.52034
345	0.57506
346	0.62598
347	0.67124
348	0.70978
349	0.74091
350	0.76426
351	0.77988
352	0.78834
353	0.79091
354	0.78914
355	0.78512
356	0.78109
357	0.7798
358	0.78399
359	0.79558
360	0.81483
361	0.8393
362	0.86378
363	0.88109
364	0.88568

365	0.87626
366	0.85541
367	0.82731
368	0.79591
369	0.76434
370	0.73511
371	0.70936
372	0.68774
373	0.66982
374	0.65416
375	0.63848
376	0.62007
377	0.59681
378	0.56819
379	0.53581
380	0.50261
381	0.47173
382	0.44601
383	0.42801
384	0.41992
385	0.42326
386	0.43829
387	0.46362
388	0.49659
389	0.5342
390	0.5739
391	0.61405
392	0.65389

393	0.69311
394	0.73109
395	0.76644
396	0.79711
397	0.82151
398	0.83914
399	0.8509
400	0.85831
401	0.86354
402	0.86885
403	0.87626
404	0.88721
405	0.90179
406	0.91878
407	0.93536
408	0.94728
409	0.95018
410	0.94052
411	0.91725
412	0.88206
413	0.83874
414	0.7914
415	0.74333
416	0.69683
417	0.65298
418	0.6122
419	0.57419
420	0.53824

421	0.50346
422	0.46923
423	0.43538
424	0.40234
425	0.37092
426	0.34227
427	0.31779
428	0.29935
429	0.29188
430	0.30966
431	0.34451
432	0.39409
433	0.45253
434	0.51299
435	0.5701
436	0.62056
437	0.6627
438	0.69586
439	0.72008
440	0.73584
441	0.74405
442	0.7459
443	0.74268
444	0.73608
445	0.72827
446	0.72164
447	0.71924
448	0.72395

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

449	0.73777
450	0.7608
451	0.78995
452	0.81942
453	0.84204
454	0.85299
455	0.85211
456	0.84204
457	0.82666
458	0.80951
459	0.79341
460	0.78012
461	0.77086
462	0.76571
463	0.7637
464	0.76281
465	0.76015
466	0.75218
467	0.73576
468	0.70969
469	0.67594
470	0.63864
471	0.60201
472	0.56929
473	0.54264
474	0.52328
475	0.51147
476	0.50656

477	0.50711
478	0.51119
479	0.51691
480	0.52285
481	0.52855
482	0.53474
483	0.5435
484	0.55803
485	0.58144
486	0.61451
487	0.65427
488	0.6957
489	0.73463
490	0.76885
491	0.79824
492	0.82352
493	0.84575
494	0.8658
495	0.88431
496	0.90155
497	0.91765
498	0.93263
499	0.94664
500	0.95976
501	0.97208
502	0.98311
503	0.9902
504	0.98875

505	0.97425
506	0.94623
507	0.90718
508	0.86088
509	0.81072
510	0.75887
511	0.70693
512	0.65591
513	0.60648
514	0.5591
515	0.51408
516	0.47159
517	0.43166
518	0.39432
519	0.35957
520	0.3276
521	0.29898
522	0.27467
523	0.25617
524	0.24566
525	0.24626
526	0.26175
527	0.29513
528	0.34589
529	0.40838
530	0.47394
531	0.53492
532	0.58682

533	0.62794
534	0.65829
535	0.67874
536	0.69046
537	0.69473
538	0.69288
539	0.68638
540	0.67684
541	0.66617
542	0.65666
543	0.65121
544	0.65296
545	0.66458
546	0.68704
547	0.71849
548	0.75387
549	0.78648
550	0.81112
551	0.82642
552	0.83415
553	0.83705
554	0.8381
555	0.83979
556	0.84349
557	0.85009
558	0.85927
559	0.87022
560	0.8815

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

561	0.89124
562	0.89679
563	0.89462
564	0.88093
565	0.85436
566	0.81773
567	0.77594
568	0.73334
569	0.6926
570	0.65509
571	0.621
572	0.58984
573	0.56072
574	0.53268
575	0.505
576	0.47737
577	0.44992
578	0.42313
579	0.39791
580	0.37564
581	0.35849
582	0.34951
583	0.35232
584	0.36991
585	0.40278
586	0.44807
587	0.50056
588	0.55496

589	0.60727
590	0.65496
591	0.69655
592	0.73125
593	0.75879
594	0.77924
595	0.79293
596	0.80058



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลชุดที่ 6 ประกอบด้วยข้อมูล 596 ตัว

1	0.3652	29	0.127	57	0.38756	85	0.77787
2	0.91606	30	0.42257	58	0.93862	86	0.67517
3	0.28391	31	0.96574	59	0.20526	87	0.865
4	0.79968	32	0.10517	60	0.63576	88	0.44663
5	0.62376	33	0.35419	61	0.91499	89	0.97858
6	0.9277	34	0.90346	62	0.28753	90	0.055713
7	0.24385	35	0.32604	63	0.80603	91	0.18487
8	0.7225	36	0.86673	64	0.60809	92	0.58503
9	0.78821	37	0.44146	65	0.94252	93	0.9607
10	0.65127	38	0.97622	66	0.19123	94	0.12424
11	0.89683	39	0.06493	67	0.60123	95	0.41413
12	0.34768	40	0.21793	68	0.94838	96	0.96012
13	0.89555	41	0.6656	69	0.16991	97	0.12642
14	0.35186	42	0.87831	70	0.54567	98	0.42081
15	0.90066	43	0.40625	71	0.98169	99	0.96462
16	0.33525	44	0.95433	72	0.043549	100	0.10945
17	0.87946	45	0.14798	73	0.14016	101	0.3679
18	0.40272	46	0.48464	74	0.46192	102	0.919
19	0.95159	47	0.98924	75	0.98428	103	0.27389
20	0.15814	48	0.01364	76	0.033317	104	0.78161
21	0.51338	49	0.025116	77	0.10163	105	0.66663
22	0.98946	50	0.070119	78	0.34271	106	0.8769
23	0.012716	51	0.23625	79	0.88926	107	0.4106
24	0.021442	52	0.70637	80	0.37196	108	0.9576
25	0.055826	53	0.81642	81	0.9233	109	0.13587
26	0.18528	54	0.58168	82	0.2591	110	0.44923
27	0.58607	55	0.96297	83	0.75344	111	0.97969
28	0.95996	56	0.11567	84	0.72813	112	0.051399

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

113	0.16915
114	0.5436
115	0.98244
116	0.04058
117	0.12907
118	0.42884
119	0.96954
120	0.090681
121	0.30664
122	0.83767
123	0.52499
124	0.98765
125	0.019962
126	0.050042
127	0.16417
128	0.53007
129	0.98651
130	0.024502
131	0.067742
132	0.22788
133	0.68809
134	0.84585
135	0.50216
136	0.99018
137	0.009872
138	0.010103
139	0.011025
140	0.014706

141	0.029342
142	0.086421
143	0.29234
144	0.81426
145	0.58724
146	0.95915
147	0.13007
148	0.43189
149	0.97127
150	0.084038
151	0.28428
152	0.80034
153	0.62216
154	0.9293
155	0.23824
156	0.71064
157	0.80917
158	0.60022
159	0.94922
160	0.16688
161	0.53746
162	0.98447
163	0.032567
164	0.098769
165	0.33339
166	0.87695
167	0.41047
168	0.95749

169	0.13625
170	0.45035
171	0.98014
172	0.049604
173	0.16256
174	0.52565
175	0.98751
176	0.020505
177	0.052168
178	0.17196
179	0.55116
180	0.97952
181	0.052055
182	0.17154
183	0.55005
184	0.97997
185	0.050262
186	0.16498
187	0.53229
188	0.98594
189	0.02674
190	0.076403
191	0.25812
192	0.75151
193	0.73211
194	0.77039
195	0.6919
196	0.83995

197	0.51868
198	0.98877
199	0.015486
200	0.032426
201	0.098228
202	0.33162
203	0.87453
204	0.41789
205	0.96269
206	0.11674
207	0.39091
208	0.94165
209	0.19438
210	0.60911
211	0.94162
212	0.19449
213	0.60941
214	0.94135
215	0.19543
216	0.61175
217	0.93924
218	0.20301
219	0.63036
220	0.92086
221	0.26751
222	0.76968
223	0.69345
224	0.83751

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

225	0.52542
226	0.98756
227	0.020311
228	0.051407
229	0.16918
230	0.54369
231	0.9824
232	0.040705
233	0.12954
234	0.43027
235	0.97036
236	0.087531
237	0.29608
238	0.82056
239	0.57095
240	0.96966
241	0.090241
242	0.30517
243	0.83534
244	0.53138
245	0.98618
246	0.025802
247	0.072778
248	0.24554
249	0.72604
250	0.78173
251	0.66634
252	0.8773

253	0.40937
254	0.95669
255	0.13926
256	0.45927
257	0.98343
258	0.036674
259	0.11436
260	0.38345
261	0.93477
262	0.21894
263	0.66792
264	0.87516
265	0.41597
266	0.96139
267	0.12164
268	0.40614
269	0.95425
270	0.14829
271	0.48552
272	0.98934
273	0.013212
274	0.023415
275	0.063516
276	0.2129
277	0.65392
278	0.89353
279	0.35834
280	0.90832

281	0.30995
282	0.84282
283	0.51067
284	0.98974
285	0.011653
286	0.017214
287	0.039246
288	0.12406
289	0.41357
290	0.95973
291	0.12789
292	0.42529
293	0.96743
294	0.098752
295	0.33334
296	0.87687
297	0.41069
298	0.95766
299	0.13563
300	0.44852
301	0.97938
302	0.052561
303	0.17339
304	0.555
305	0.97785
306	0.058546
307	0.1951
308	0.61092

309	0.94
310	0.2003
311	0.62374
312	0.92772
313	0.24378
314	0.72236
315	0.78845
316	0.65071
317	0.89752
318	0.34547
319	0.89278
320	0.36073
321	0.91107
322	0.30076
323	0.82824
324	0.55058
325	0.97975
326	0.051121
327	0.16813
328	0.54085
329	0.98338
330	0.036846
331	0.11501
332	0.38549
333	0.93671
334	0.21207
335	0.65198
336	0.89596

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

337	0.35051
338	0.89904
339	0.34053
340	0.88645
341	0.38087
342	0.93229
343	0.22773
344	0.68775
345	0.84636
346	0.50072
347	0.9902
348	0.009804
349	0.00983
350	0.009933
351	0.010346
352	0.011996
353	0.018577
354	0.044606
355	0.14409
356	0.47341
357	0.98731
358	0.021302
359	0.055283
360	0.18331
361	0.58101
362	0.96342
363	0.11396
364	0.38219

365	0.93358
366	0.2232
367	0.67761
368	0.86148
369	0.45705
370	0.98268
371	0.039654
372	0.12559
373	0.41828
374	0.96295
375	0.11575
376	0.3878
377	0.93883
378	0.20446
379	0.63386
380	0.91708
381	0.28044
382	0.79353
383	0.63865
384	0.91175
385	0.29845
386	0.82448
387	0.56062
388	0.9752
389	0.068859
390	0.23182
391	0.69676
392	0.83222

393	0.53986
394	0.98372
395	0.035558
396	0.11014
397	0.37008
398	0.92134
399	0.26587
400	0.76656
401	0.7003
402	0.8265
403	0.55525
404	0.97774
405	0.058982
406	0.19667
407	0.61482
408	0.9364
409	0.21315
410	0.6545
411	0.8928
412	0.36065
413	0.91098
414	0.30106
415	0.82873
416	0.54929
417	0.98028
418	0.049048
419	0.16052
420	0.52001

421	0.98856
422	0.016319
423	0.035715
424	0.11074
425	0.37197
426	0.92333
427	0.25901
428	0.75326
429	0.72849
430	0.77719
431	0.67669
432	0.86281
433	0.45312
434	0.98124
435	0.045318
436	0.14674
437	0.48105
438	0.98874
439	0.01564
440	0.033036
441	0.10055
442	0.33923
443	0.88474
444	0.38624
445	0.9374
446	0.20959
447	0.64612
448	0.90308

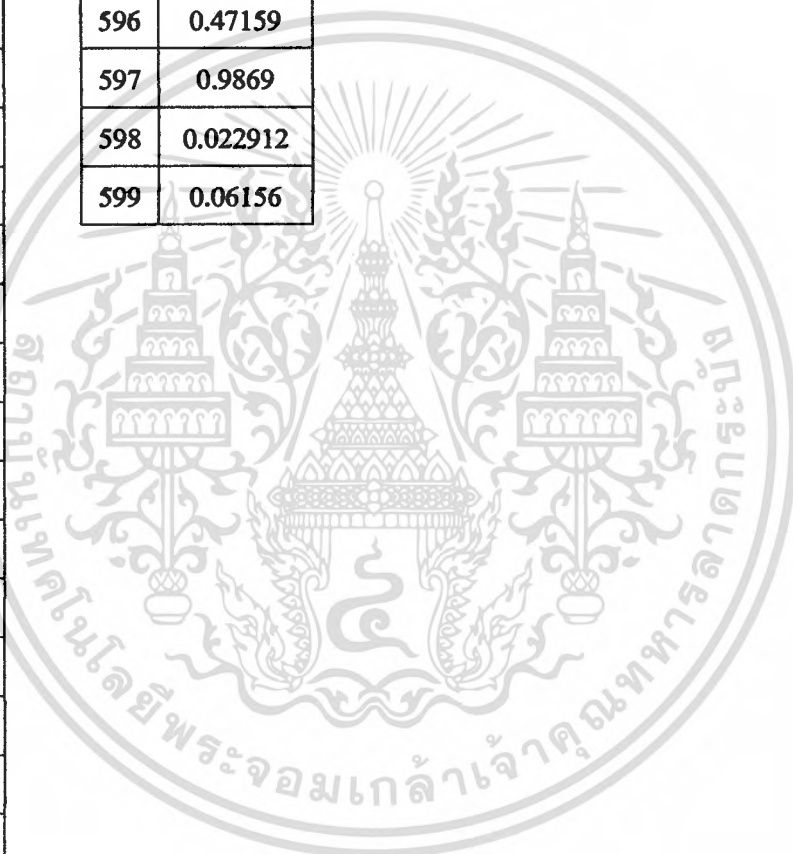
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

449	0.3273	477	0.13319	505	0.015364	533	0.83885
450	0.86852	478	0.44124	506	0.031945	534	0.52173
451	0.4361	479	0.97611	507	0.096389	535	0.98826
452	0.97354	480	0.06533	508	0.32557	536	0.017489
453	0.075277	481	0.21936	509	0.86608	537	0.04033
454	0.25423	482	0.66885	510	0.44343	538	0.12813
455	0.74375	483	0.87386	511	0.97714	539	0.426
456	0.74776	484	0.41992	512	0.061326	540	0.96785
457	0.73973	485	0.96403	513	0.20508	541	0.097125
458	0.75571	486	0.11166	514	0.63535	542	0.32799
459	0.7234	487	0.37493	515	0.91545	543	0.8695
460	0.78657	488	0.92637	516	0.28598	544	0.43315
461	0.65514	489	0.24846	517	0.80333	545	0.97196
462	0.89199	490	0.73207	518	0.61478	546	0.081366
463	0.36326	491	0.77046	519	0.93644	547	0.27518
464	0.91392	492	0.69174	520	0.21303	548	0.78399
465	0.29117	493	0.84019	521	0.65421	549	0.66115
466	0.81227	494	0.51801	522	0.89317	550	0.88423
467	0.59234	495	0.98887	523	0.3595	551	0.38783
468	0.95541	496	0.01508	524	0.90968	552	0.93886
469	0.14401	497	0.030819	525	0.30544	553	0.20438
470	0.47317	498	0.092088	526	0.83576	554	0.63364
471	0.98725	499	0.31134	527	0.53022	555	0.91731
472	0.021505	500	0.84498	528	0.98647	556	0.27965
473	0.056076	501	0.50461	529	0.024651	557	0.7921
474	0.18618	502	0.99011	530	0.068319	558	0.64208
475	0.5884	503	0.010144	531	0.22991	559	0.90783
476	0.95831	504	0.01119	532	0.6926	560	0.31157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

561	0.84533
562	0.50361
563	0.99015
564	0.010009
565	0.010651
566	0.013217
567	0.023434
568	0.06359
569	0.21317
570	0.65454
571	0.89275
572	0.36082
573	0.91117
574	0.30044
575	0.82771
576	0.55201
577	0.97916
578	0.053451
579	0.17664
580	0.5636
581	0.97369
582	0.074712
583	0.25227
584	0.73981
585	0.75556
586	0.72372
587	0.78598
588	0.65651

589	0.89025
590	0.36883
591	0.92
592	0.27048
593	0.77528
594	0.68101
595	0.85652
596	0.47159
597	0.9869
598	0.022912
599	0.06156



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.
คู่มือผู้ใช้ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือผู้ใช้ระบบ

1. การทำงานของโปรแกรมประยุกต์

การทำงานของโปรแกรมประยุกต์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

- ส่วนการทำงานในการฝึกสอนโครงข่าย
- ส่วนการทำงานในการทดสอบโครงข่าย
- ส่วนการแสดงผล

เมื่อเริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรมประยุกต์จะปรากฏหน้าจอแสดงชื่อโปรแกรม โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำและเมื่อต้องการเข้าสู่หน้าหลักก็จะปรากฏหน้าจอโปรแกรมดังรูปที่ ข.2 โดยแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนๆ คือ ส่วนของการรับข้อมูล (Data Input), ส่วนของการทำงานโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำ (Recurrent Neural Network) ดังนี้ โครงข่ายจอร์แดน, โครงข่ายแอลแมน, โครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำชนิดปรับปรุง



รูปที่ ข.1 แสดงชื่อเรื่อง โปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

2. การรับข้อมูล (Data input)

ในส่วนของการรับข้อมูลนี้จะมีการทำงานเป็นส่วนๆ ดังนี้ ส่วนการทำงานของปุ่มกด ส่วนของการป้อนข้อมูล และส่วนของการแสดงผลต่างๆ ดังนี้

3. ส่วนของปุ่มการทำงาน

- ปุ่ม Browse เป็นปุ่มการทำงานเพื่อให้ทำการเลือกแหล่งข้อมูล โดยแหล่งข้อมูลต้องเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .txt เท่านั้น และข้อมูลต้องมีการจัดรูปแบบคั่งที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2
- ปุ่ม Normalization เป็นปุ่มการทำงานเพื่อทำการแปลงค่าของข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้คือ ระหว่างช่วง 0 ถึง 1
- ปุ่ม Set Weight เป็นปุ่มการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักตามจำนวน โหนดของโครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละชั้น
- ปุ่ม Next เพื่อ ไปยังหน้าใหม่

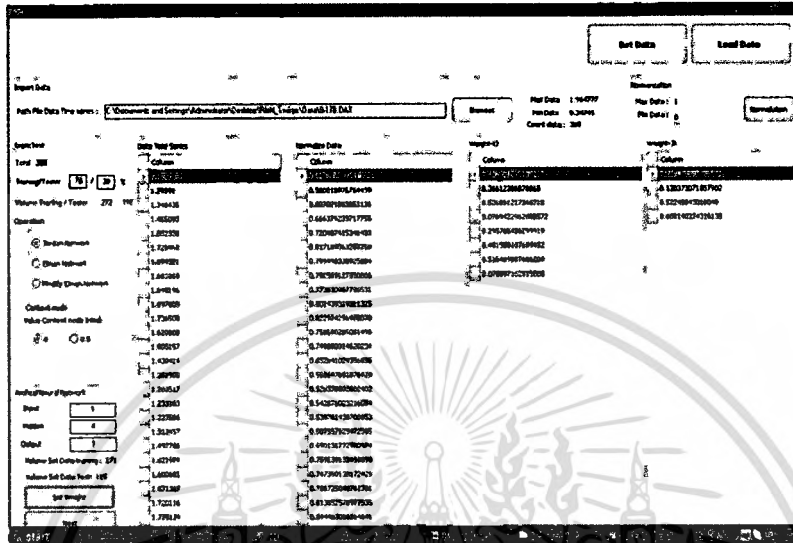
4. ส่วนของการป้อนข้อมูล

- ช่อง Normalize Max เป็นช่องสำหรับใส่ค่าขอบเขตบนของข้อมูลที่ต้องการ Normalize
- ช่อง Normalize Min เป็นช่องสำหรับใส่ค่าขอบเขตล่างของข้อมูลที่ต้องการ Normalize
- ช่อง Training เป็นช่องสำหรับใส่ค่าเปอร์เซ็นต์ข้อมูลที่ต้องการฝึกสอน
- ช่อง Tester เป็นช่องสำหรับใส่ค่าเปอร์เซ็นต์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ
- Input node เป็นจำนวนโหนดของอินพุตที่จะถูกป้อนเข้าสู่โครงข่ายเพื่อให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้ โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้เองตามความต้องการ โดยกำหนดให้โปรแกรมสามารถรับค่าเฉพาะตัวเลขจำนวนเต็ม
- Hidden node เป็นจำนวนโหนดในชั้นซ่อน ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าได้เองตามความต้องการ โดยกำหนดให้โปรแกรมสามารถรับค่าเฉพาะตัวเลขจำนวนเต็ม
- Output node เป็นจำนวนโหนดในชั้นซ่อน ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าได้เองตามความต้องการ โดยกำหนดให้โปรแกรมสามารถรับค่าเฉพาะตัวเลขจำนวนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ส่วนแสดงผล

เป็นส่วนที่แสดงผลข้อมูลจากแหล่งข้อมูล และข้อมูลที่ถูกจัดเรียงใหม่แล้ว เช่น Data ที่รับเข้ามา

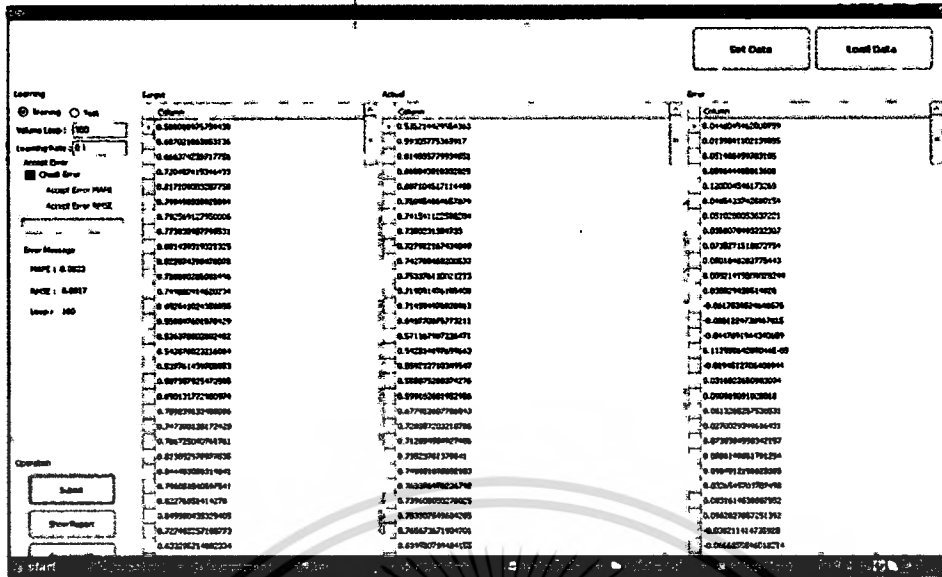


รูปที่ ข.2 โปรแกรมหน้าต่างหลักของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

- ช่องแสดงผล Data Time Series แสดงข้อมูลที่ได้รับเข้ามา
- ช่องแสดงผล Normalize Data แสดงข้อมูลผ่านการแปลงค่าให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ
- ช่องแสดงผล Weight IJ แสดงค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโหนดที่ i ของชั้นอินพุต กับโหนดที่ j ของชั้นซ่อน
- ช่องแสดงผล Weight JK แสดงค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโหนดที่ j ของชั้นซ่อน กับโหนดที่ k ของชั้นเอาต์พุต

6. การทำงานของฟังก์ชันต่างๆของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

ในการทำงานของโครงข่ายทั้ง 3 ได้จัดรูปแบบให้มีความทำงานเหมือนกันเพื่อจะเป็นความสะดวกแก่ผู้ใช้โปรแกรม ดังรูป ข.3 โดยมีการทำงานเป็นส่วนต่างๆดังนี้ ส่วนการทำงานของปุมกด ส่วนของการป้อนข้อมูล และส่วนของการแสดงผลต่างๆดังนี้



รูปที่ ข.3 โปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมวนซ้ำในส่วนของการฝึกสอนและทดสอบ

7. ส่วนการทำงานของปุ่ม

- ปุ่ม Train เป็นปุ่มที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม
- ปุ่ม Test เป็นปุ่มที่ใช้ในการทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียม
- ปุ่ม Show Report เป็นปุ่มที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปแสดงผลด้วยโปรแกรม Microsoft Office Excel
- ปุ่ม Save Weight เป็นปุ่มที่ใช้ในการบันทึกค่าน้ำหนัก และค่าตัวแปรต่างๆ ที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงแล้วจากการฝึกสอน โครงข่าย
- ปุ่ม Load Data เป็นปุ่มที่ใช้ในการโหลดข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกค่าน้ำหนัก และค่าตัวแปรต่างๆ ที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงแล้วจากการฝึกสอนของ โครงข่าย
- ปุ่ม Submit เป็นปุ่มที่ใช้เพื่อเริ่มทำการฝึกสอนหรือทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียม

8. ส่วนของการรับข้อมูล

- Volume Loop เป็นค่าจำนวนรอบที่ใช้ในการฝึกสอน โดยกำหนดให้โปรแกรมสามารถรับค่าเฉพาะตัวเลขจำนวนเต็ม
- Check Error ผู้ใช้สามารถเลือกจากได้ว่าจะตรวจสอบจาก Accept Error MAPE หรือ Accept Error RMSE ซึ่งการตรวจสอบความผิดพลาดทั้ง 2 ชนิดนี้ ผู้ใช้งานสามารถป้อนค่าความผิดพลาดที่ระบบสามารถยอมรับได้ โดยถ้าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกสอนนั้นมีค่าความผิดพลาดต่ำกว่าค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาดที่ผู้ใช้อยอมรับได้ โครงข่ายจะหยุดการเรียนรู้ โดยกำหนดให้โปรแกรมรับค่าเป็นตัวเลขทศนิยม

- Learning Rate เป็นอัตราการเรียนรู้ ที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้เอง โดยค่าจะต้องอยู่ในช่วง 0 ถึง 1

9. ส่วนของการแสดงผล

- ช่องแสดงผล Target แสดงเป้าหมายของคำตอบที่ผ่านการฝึกสอนของโครงข่าย โดยจะแสดงหนึ่งคำตอบต่อหนึ่งบรรทัด
- ช่องแสดงผล Actual แสดงคำตอบที่ได้ผ่านฝึกสอนของโครงข่าย โดยจะแสดงหนึ่งคำตอบต่อหนึ่งบรรทัด
- ช่องแสดงผล Error แสดงค่าความแตกต่างระหว่างคำตอบเป้าหมายที่ต้องการ กับคำตอบที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่าย
- ช่องแสดงผล Error MAPE แสดงผลของค่าความผิดพลาดของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย
- ช่องแสดงผล Error RMSE แสดงผลของค่าความผิดพลาดของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

ประวัติผู้เขียนโครงการ

ชื่อผู้เขียน	นางสาวศุขมา แสนปากดี
วันเดือนปีเกิด	22 กุมภาพันธ์ 2527
สถานที่เกิด	สกลนคร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้