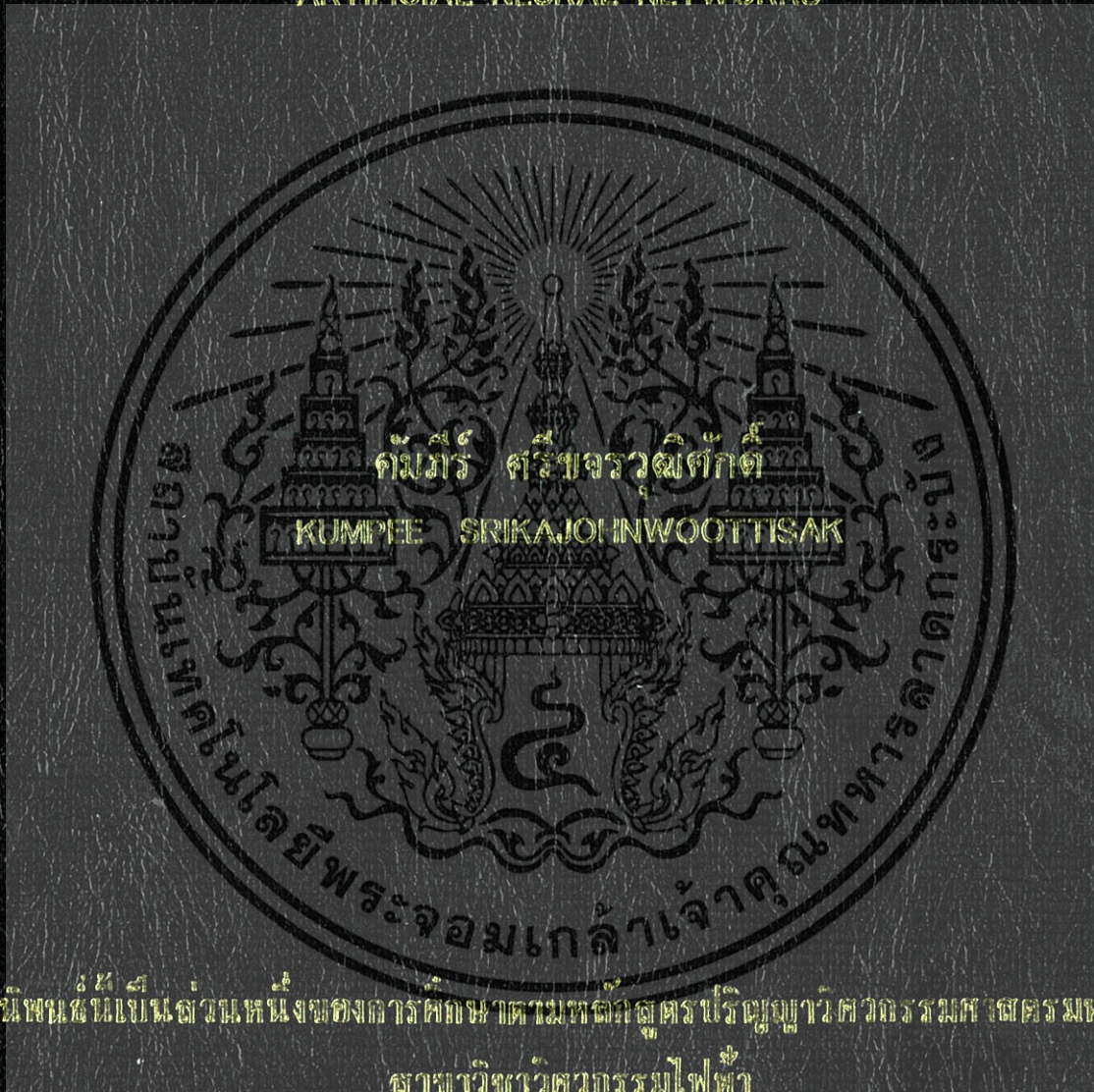


การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

FORECASTING MONTHLY ELECTRIC ENERGY DEMAND FOR
PROVINCIAL ELECTRICITY AUTHORITY USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นต้นฉบับหนึ่งของการศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-020-160

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

FORECASTING MONTHLY ELECTRIC ENERGY DEMAND FOR
PROVINCIAL ELECTRICITY AUTHORITY USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS



กัมภีร์ ศรีจักรวาลศักดิ์

KUMPEE SRIKAJOHNWOOTTISAK

กท.
๑๒๖๒๗
๒๕๕๒

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107456
วัน,เดือน,ปี 29 ส.ค. 2553



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FORECASTING MONTHLY ELECTRIC ENERGY DEMAND FOR
PROVINCIAL ELECTRICITY AUTHORITY USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ออกจากรายงานฉบับนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2009-EN-M-020-160



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Thesis Title Forecasting Monthly Electric Energy Demand for Provincial Electricity Authority using Artificial Neural Networks

นักศึกษา นายคัมภีร์ ศรีขจรวุฒิสักดิ์

รหัสประจำตัว 48060259

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-020-160

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ชาย ชมภูอิน ไทว	
ดร.สมภพ ผลไม้	
ผศ.ดร.ปานจิต คำรงกุลกำจร	
ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล	
รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2552 เวลา 09.30-11.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2552



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไปว่ากรณีใดที่ส่งมอบงานทางอินเทอร์เน็ตเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของ
นักศึกษา	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
รหัสนักศึกษา	นายคัมภีร์ ศรีจจรวุฒิสักดิ์
ปริญญา	48060259
สาขาวิชา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
พ.ศ.	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สมชาติ จิรวិภากร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) ชนิดที่มีการแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks) ลักษณะการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โดยข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ชนิดของเดือน และสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยใช้ข้อมูลแบบรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง เดือนธันวาคม 2550 และเลือกโครงสร้างและรูปแบบจากการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากโครงสร้างและรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด แล้วนำโครงสร้างและรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมนั้น มาใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอนาคต ล่วงหน้า 2 ปี ผลจากการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ไม่เกิน 2.0 % และ 1.7 % ในพื้นที่ภาคเหนือและพื้นที่ภาคกลาง ตามลำดับ

Thesis Title	Forecasting Monthly Electric Energy Demand for Provincial Electricity Authority using Artificial Neural Networks
Student	Mr.Kumpee Srikajohnwoottisak
Student ID.	48060259
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Somchat Jiriwibhakorn

ABSTRACT

The objective of this research was to compare discrepancy in demand forecasting of electrical consumption in Northern and Central regions of Provincial Electricity Authority (PEA) by using Artificial Neural Networks (ANNs) with Backpropagation Learning Algorithm and supervised learning. Data used for demand forecasting of electrical consumption consisted of the monthly electrical consumption data, the number of customers, Gross Provincial Product (GPP), and weather in Northern and Central regions of Provincial Electricity Authority (PEA) from January 2000 - December 2007. The appropriate prediction pattern was selected so as to minimize mean absolute percentage error (MAPE). Our study showed that ANN delivered satisfactory forecasting capability with mean absolute percentage errors of Northern and Central regions less than 2.0% and 1.7% respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบ
ขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทวิชาความรู้ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการศึกษาครั้งนี้
ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ จิริวิภากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้
ความอนุเคราะห์ ข้อเสนอแนะและการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาที่ดีในการทำ
วิทยานิพนธ์นี้ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาย ชมภูอินไหว ประธานกรรมการ
สอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต คำรงกุลกำจร ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล และ
ดร.สมภพ ผลไม้ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและเพิ่มเติมเนื้อหาบางส่วน ทำให้
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ และพี่ๆ จากกองเศรษฐกิจพลังงานไฟฟ้า กองวางแผนระบบไฟฟ้า
ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักพัฒนาอุดมศึกษา กรมอุดมศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์สืบค้น
ข้อมูลสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูและสั่งสอน
ให้โอกาสในการศึกษา ให้กำลังใจและช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมทั้งให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ

กัมภีร์ ศรีขจรวุฒิสักดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม.....	4
2.1 ความเป็นมาของโครงข่ายประสาทเทียม.....	4
2.2 นิเวศในสมองมนุษย์.....	6
2.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	7
2.3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว.....	8
2.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น.....	8
2.4 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม.....	9
2.4.1 การเรียนรู้ในลักษณะมีผู้สอน.....	10
2.4.2 การเรียนรู้ในลักษณะไม่มีผู้สอน.....	10
2.5 การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ.....	11
2.6 ฟังก์ชันการถ่ายโอน.....	14
2.7 การเลือกชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม.....	17
2.8 การ Normalization ของชุดข้อมูลที่ใช้เรียนรู้.....	18
2.9 การเลือกโครงสร้างที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพโครงข่ายประสาทเทียม.....	21
2.10.1 การเลือกตัวแปรด้านเข้า.....	22
2.10.2 จำนวนของข้อมูลฝึกสอน.....	22
2.10.3 การ normalization ข้อมูลฝึกสอน.....	22
2.10.4 การกระจายของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน.....	22
2.10.5 ชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันกระตุ้น.....	22
2.10.6 ค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส.....	22
2.10.7 อัลกอริทึมที่ใช้ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส.....	23
2.10.8 จำนวนรอบในการฝึกสอน.....	23
2.10.9 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม.....	23
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า.....	25
3.1 ประเภทของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า.....	25
3.1.1 การพยากรณ์ระยะยาว.....	25
3.1.2 การพยากรณ์ระยะปานกลาง.....	25
3.1.3 การพยากรณ์ระยะสั้น.....	25
3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า.....	25
3.3 ประโยชน์ของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า.....	26
3.4 วิธีการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า.....	27
3.4.1 บ้านอยู่อาศัย.....	27
3.4.2 ธุรกิจและอุตสาหกรรม.....	29
3.4.3 อื่นๆ.....	29
บทที่ 4 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม.....	30
4.1 พื้นที่แยกรายภาคของผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....	30
4.2 ลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	30
4.3 การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม.....	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม.....	32
4.5 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์.....	39
4.5.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ.....	39
4.6 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยโครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ย้อนกลับ.....	41
4.6.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	42
4.6.2 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม.....	42
4.6.3 การเปรียบเทียบผลเพื่อหาโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม.....	43
4.6.4 สรุปขั้นตอนการทดลอง.....	44
บทที่ 5 ผลการวิจัยโครงข่ายประสาทเทียม.....	46
5.1 ผลการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม.....	46
5.2 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารูปแบบที่ 1-6 ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยโครงข่ายประสาทเทียม.....	47
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	90
6.1 บทสรุป.....	90
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	92
บรรณานุกรม.....	94
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....	97
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	111
ประวัติผู้เขียน.....	117

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ฟังก์ชันการถ่ายโอนในโครงข่ายประสาทเทียม.....	15
2.2 แนวทางการเลือกโครงข่ายแต่ละประเภท	17
4.1 การกำหนดเดือน (Month Code: MC) ในรอบปี เป็น binary code 4 บิต.....	35
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุคูณของข้อมูลที่ใช้พยากรณ์ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของโครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 1 ถึง รูปแบบที่ 6.....	41
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุคูณของข้อมูลที่ใช้พยากรณ์ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของโครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 1 ถึง รูปแบบที่ 6.....	41
5.1 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 1.....	52
5.2 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 2.....	53
5.3 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 3.....	54
5.4 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 4.....	55
5.5 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 5.....	56
5.6 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 6.....	57
5.7 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 1.....	58
5.8 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 2.....	59
5.9 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 3.....	60
5.10 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 4.....	61
5.11 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 5.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเพียงอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.12 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 6.....	63
5.13 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	64
5.14 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 4 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	65
5.15 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 5 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	66
5.16 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 6 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	67
5.17 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 7 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	68
5.18 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 8 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	69
5.19 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 9 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	70
5.20 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 10 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	71
5.21 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอล ในชั้นซ่อนเป็น 11 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรอล.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใดเป็นการค้า

ไม่วารณใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.22 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 12 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	73
5.23 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 13 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	74
5.24 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 14 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	75
5.25 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 15 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	76
5.26 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 3 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	77
5.27 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 4 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	78
5.28 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 5 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	79
5.29 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 6 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	80
5.30 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรอรล ในชั้นซ้อนเป็น 7 นิรอรล และจำนวนนิรอรลในชั้นเอาต์พุทเป็น 1 นิรอรล.....	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.31 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 8 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	82
5.32 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 9 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	83
5.33 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 10 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	84
5.34 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 11 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	85
5.35 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 12 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	86
5.36 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 13 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	87
5.37 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 14 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	88
5.38 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ โดยมีจำนวนนิรโรค ในชั้นซ้อนเป็น 15 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิรโรค.....	89

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของนิเวศในสมองมนุษย์.....	6
2.2 โครงสร้างของนิเวศในโครงข่ายประสาทเทียม.....	7
2.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว.....	8
2.4 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน.....	9
2.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ที่มี 1 ชั้นซ่อน.....	11
2.6 กราฟแสดงการกระจายค่าของข้อมูลจากการ Normalization.....	18
4.1 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 1.....	36
4.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 2.....	36
4.3 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 3.....	37
4.4 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 4.....	37
4.5 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 5.....	38
4.6 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 6.....	39
4.7 การทดสอบ โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ รูปแบบที่ 1 ถึง 6.....	45
5.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 1 และ 2 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือ.....	48
5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 3 และ 4 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือ.....	48
5.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 5 และ 6 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือ.....	49
5.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 1 และ 2 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคกลาง.....	50
5.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 3 และ 4 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคกลาง.....	51
5.6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 5 และ 6 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคกลาง.....	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจ และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบัน ทำให้เกิดการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมในเขตชุมชนเมืองเริ่มหนาแน่น และกระจายตัวสู่ส่วนภูมิภาคมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น จนนำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน เช่น น้ำมัน ไฟฟ้า ทำให้มีการรณรงค์ในการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นในทุกสังคมทั่วโลก

พลังงานไฟฟ้าซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน และเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจที่กำลังขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ดังนั้นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่น่าเชื่อถือจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศ เพราะถ้าหากผลของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าความเป็นจริง จะส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอ กับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาไฟตกและไฟดับ รวมทั้งยังก่อให้เกิดผลเสียหายต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ แต่ถ้าผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าความเป็นจริง จะทำให้มีการก่อสร้างระบบจำหน่ายมากเกินไปจนสิ้นเปลือง ภายใต้งบประมาณที่กำหนดไว้ ดังนั้นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าให้ถูกต้องแม่นยำนั้น มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น สภาพเศรษฐกิจ จำนวนประชากร จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ดังนั้น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จึงต้องมีแผนการดำเนินงานเพื่อที่จะสามารถรองรับการขยายตัว และทำหน้าที่ในการให้บริการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการดำเนินงาน และการกำหนดนโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการหาโครงสร้างและรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือน ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยสร้างแบบจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Feedforward Backpropagation Neural Networks) ลักษณะการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) และใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ชนิดของเดือน และสภาพภูมิอากาศ มาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในสื่อออนไลน์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
2. ศึกษาคุณลักษณะของตัวแปร ที่นำมาเป็นปัจจัยในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
3. ศึกษาโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4. ศึกษาการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
5. ศึกษาประสิทธิภาพการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทั้ง 6 รูปแบบ ของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เพื่อศึกษาโครงสร้างและรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในอดีตนั้น การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า มีด้วยกันมากมายหลายวิธี เช่น การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการพิจารณาสถานะทางเศรษฐกิจ และการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติ [1-3]

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า จะให้ถูกต้องแม่นยำได้นั้น ต้องมีการนำปัจจัยหลายอย่าง ที่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ เช่น สถานะทางเศรษฐกิจ จำนวนประชากร จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ และสภาพภูมิอากาศ

งานวิจัยนี้ ใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) [4-8] มาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแบบรายเดือน ซึ่งเป็นเทคนิคเชิงปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ โดยโครงข่ายประสาทเทียมนั้น มีความสามารถในการเรียนรู้ต่อเนื่องแบบไม่เป็นเชิงเส้นหลายชนิดได้อย่างแม่นยำ ภายในขอบเขตข้อมูลที่เรียนรู้ รวมทั้งมีความสามารถในการรวมผลกระทบเชิงอนุกรมเวลา (Time-Series Effect) ของ

เอกสารความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีรูปแบบต่างๆ กันได้นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบ และลักษณะการทำงาน ของโครงข่ายประสาทเทียม
2. ศึกษาการ Normalization ชุดข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งช่วยลดเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ และเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลเอาต์พุต ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม
3. ศึกษาวิธีและรูปแบบ การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดที่มีการแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks) ลักษณะการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)
4. ศึกษาข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด และประเภทของเดือนมาเป็นปัจจัยในการพยากรณ์

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งเป็น 5 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม

บทที่ 3 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

บทที่ 4 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยโครงข่ายประสาทเทียม

บทที่ 5 ผลการวิจัยโครงข่ายประสาทเทียม

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ตัวแบบหรือวิธีการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และเขตพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
2. ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผน และการกำหนดนโยบายต่างๆ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
3. สามารถออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ แก้ไขปัญหาเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

บทที่ 2

โครงข่ายประสาทเทียม

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence – AI) หรือ ปัญญาของเครื่องจักร (Machine Intelligence) คือการศึกษาเกี่ยวกับความฉลาดของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะมนุษย์ เพื่อที่จะสร้างความฉลาดเทียมให้กับสิ่งที่ไม่มีชีวิตขึ้นมา เช่น หุ่นยนต์ เครื่องจักร และคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปเราเชื่อว่าปัญญาประดิษฐ์ เป็นสาขาหนึ่งของศาสตร์ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ แต่นักวิทยาศาสตร์ หลายคน ท่าน เชื่อว่าการศึกษาปัญญาประดิษฐ์นั้น เมื่อมองให้ลึกซึ้งแล้ว ครอบคลุมกว้างไกลกว่าศาสตร์ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยเชื่อมโยงไปถึงสาขาอื่นๆ เช่น ปรัชญา จิตวิทยา และ ชีววิทยา เนื่องจากศาสตร์เหล่านี้ ได้มีการศึกษาเรื่องกระบวนการคิด การให้เหตุผลหรือการอนุมาน และการทำงานของสมองมานานแล้ว ผลปรากฏว่าความเชื่อที่ถูกตั้ง เนื่องจากแนวคิดหลาย ๆ อย่าง ในศาสตร์นี้ ได้มาจากการปรับปรุงเพิ่มเติมจากศาสตร์อื่นๆ

เทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) เป็นหนึ่งในสาขาของปัญญาประดิษฐ์ โดยเทคโนโลยีประเภทนี้จะเลียนแบบมาจากระบบประสาทของมนุษย์ ซึ่งปัจจุบันได้มีการประยุกต์นำเทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียม มาใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย เช่น ด้านโทรคมนาคมได้นำมาใช้ในการบีบข้อมูลและภาพ (Image and Data Compression) ระบบนักบินอัตโนมัติ (Auto Pilot Aircraft) การแปลภาษาพูด (Real Time Translation of Spoken Language) การจดจำเสียง (Voice Recognition) การจดจำภาพ (Image Recognition) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้นำเอาโครงข่ายประสาทเทียม มาช่วยวิเคราะห์นั้น จะมีความฉลาดมากขึ้น และมีระบบความคิดที่มึการทำงานในลักษณะคล้ายกับมนุษย์

โครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกพัฒนา ค้นคว้า วิจัย และนำไปใช้ในด้านต่างๆ มากขึ้น อาทิ วิทยาศาสตร์ด้านระบบประสาท การเงิน การธนาคาร ด้านคณิตศาสตร์ การแพทย์ ระบบสื่อสาร รวมถึงงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

2.1 ความเป็นมาของโครงข่ายประสาทเทียม [9]

ในปี พ.ศ. 2486 อาจถือได้ว่า เป็นปีแห่งการกำเนิดของสาขาโครงข่ายประสาทเทียมในวงการวิทยาศาสตร์ โดย แม็คคัลลอค (Mc Culloch) และ พิทส์ (Pitts) ได้เสนอแบบจำลองของเซลล์ประสาท และได้แสดงให้เห็นว่าในทางทฤษฎีแล้ว โครงข่ายของแบบจำลองเซลล์ประสาทดังกล่าว สามารถทำงานเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใดๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี พ.ศ. 2502 โดแนลด์ เฮบบ์ (Donald Hebb) ได้เสนอผลงานวิจัยว่า การเรียนรู้ของสมองสามารถอธิบายได้ด้วยรูปแบบของการประกอบเซลล์ประสาทเข้าด้วยกันเป็นโครงข่าย และได้เสนอกฎการเรียนรู้ของเฮบบ์ (Hebb's rule) ทำให้โครงข่ายของเซลล์ประสาทเทียมที่แม็คคัลลอค (Mc Culloch) และพิตส์ (Pitts) ได้เสนอไว้ สามารถเรียนรู้ปัญหาต่างๆ ได้สำเร็จ การเรียนรู้ในแบบของ โดแนลด์ เฮบบ์ (Donald Hebb) บนเซลล์ประสาทเทียมของแม็คคัลลอค (Mc Culloch) และพิตส์ (Pitts) นั้นเป็นการเรียนรู้แบบ "ไม่มีผู้สอน" ซึ่งในทางปฏิบัติ โครงข่ายประสาทเทียมที่ทำการเรียนรู้จะพยายามทำการจัดกลุ่มข้อมูล ที่โครงข่ายประสาทเทียมมองว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกัน นำไปไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งไม่เหมาะสมกับปัญหาประเภทที่ต้องมีการควบคุมกระบวนการเรียนรู้

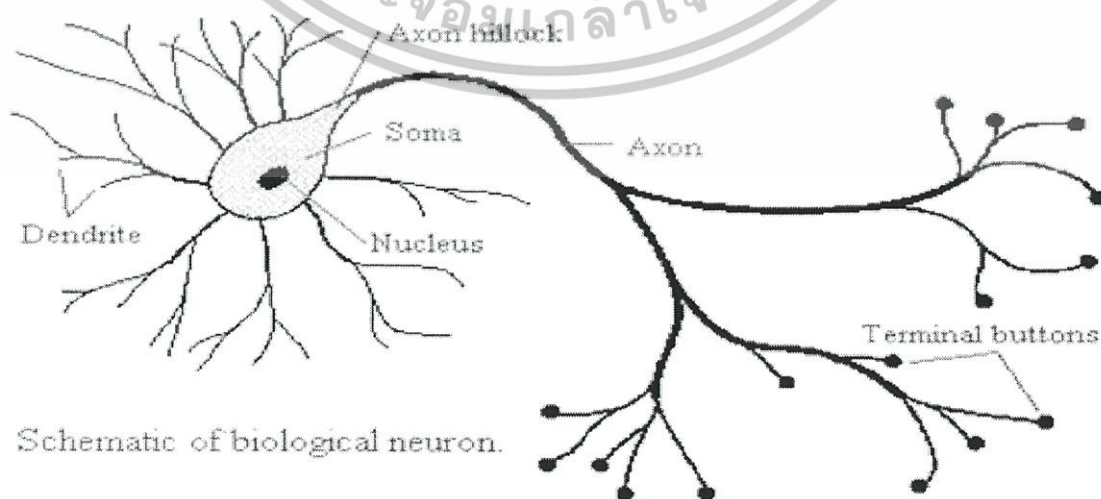
ในช่วงพ.ศ. 2500 คอมพิวเตอร์ที่ทำงานเลียนแบบสมองเครื่องแรกของโลกถูกสร้างและทดสอบโดยมินสกี (Minsky) ซึ่งได้เสนอผลงานดังกล่าวในปี พ.ศ. 2511 เมื่อคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้รับการป้อนตัวอย่างสำหรับการเรียนรู้เข้าไป ก็จะสามารถปรับอัตราการเรียนรู้ในการเชื่อมโยงหรือ "ความแข็งแรงของการเชื่อมโยง" ระหว่างเซลล์ประสาทเทียมได้เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการแสดงการเรียนรู้ตัวอย่างที่ถูกป้อนเข้าไป

ในปี พ.ศ. 2510 แฟรงค์ โรเซนแบลทท์ (Frank Rosenblatt) ได้พัฒนาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมขึ้น โดยใช้แบบจำลองของแม็คคัลลอค (Mc Culloch) และพิตส์ (Pitts) เป็นแนวทาง รวมทั้งเสนอวิธีการเรียนรู้แบบใหม่สำหรับสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เรียกว่า เพอร์เซพตรอน (Perceptron) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบ "มีผู้สอน" (Supervised Learning) โดยการปรับความแข็งแรงของการเชื่อมโยง ซึ่งจะพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบความรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับความรู้ของ "ผู้สอน" (Teacher) เพอร์เซพตรอน (Perceptron) มีความเหมาะสมกับงานประเภท "การระบุชนิด" ในระหว่างการเรียนรู้นั้น เพอร์เซพตรอน (Perceptron) จะถูกสอนว่าข้อมูลตัวอย่างที่สอนเข้าไปแต่ละแบบนั้นจัดเป็นชนิดใดบ้าง หากปัญหาและข้อมูลตัวอย่างมีความเหมาะสม เพอร์เซพตรอน (Perceptron) จะสามารถระบุชนิดของข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อนได้อย่างถูกต้อง

ในช่วงต้นพ.ศ. 2500 เบอรรินาร์ดี วิโดรว์ (Bernard Widrow) และมาร์เซียน ฮอฟฟ์ (Marcian Hoff) ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า อดาไลน์ (ADALINE; Adaptive Linear combiner) และกฎการเรียนรู้แบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง เรียกว่า "กฎการเรียนรู้ของวิโดรว์-ฮอฟฟ์" (Widrow-Hoff Learning rule) เป็นการเรียนรู้แบบ "มีผู้สอน" ซึ่งในเวลาต่อมาอุปกรณ์ดังกล่าวได้รับการขยายแนวคิดไปเป็นมาดาดไลน์ (MADALINE; Many ADALINEs) และได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) การพยากรณ์อากาศ และระบบควบคุมที่จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบไปตามสภาพแวดล้อมต่างๆ

2.2 นิวรอลในสมองมนุษย์

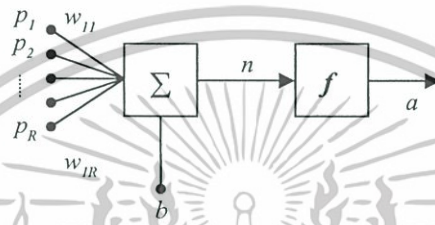
องค์ประกอบพื้นฐานของสมองมนุษย์ ประกอบด้วย เซลล์ประสาท “นิวรอล” (Neuron) ซึ่งคือกลุ่มของเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ในการจดจำ คิด นำความรู้ และประสบการณ์ที่บันทึกไว้ในสมองมาใช้ในการตัดสินใจ แต่ละนิวรอลอาจเชื่อมต่อกับนิวรอลอื่นๆ มากถึง 200,000 นิวรอล พลังสมองของมนุษย์เกิดจากนิวรอลจำนวนมากและระบบการเชื่อมต่อแบบซับซ้อนของนิวรอลจำนวนมาก ในแต่ละนิวรอล ประกอบด้วย ปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรท์" (Dendrite) ซึ่งเป็นอินพุต และปลายในการส่งกระแสประสาท เรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือนเอาต์พุต ของเซลล์ โดยเซลล์เหล่านี้จะทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรท์ (Dendrite) เข้าสู่ นิวเคลียส ซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อไป ผ่านทางแอกซอน (Axon) ของมัน ตามโมเดลนี้ข้างงาน ประสาทเกิดจากการเชื่อมต่องานระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน โดยกระแสประสาทจะถูกส่งผ่านจากนิวรอลหนึ่งไปสู่อีกนิวรอลหนึ่ง โดยผ่าน ซิแนปส์ (Synapse) เมื่อกระแสประสาทผ่านเข้ามาถึงไซแนปส์ (Synapse) สารเคมีในไซแนปส์ (Synapse) จะมีผลต่อกระแสประสาทในการกระตุ้นกระแสประสาทให้มีขนาดเพิ่มขึ้น หรืออาจจะยับยั้ง ให้กระแสประสาทมีขนาดเล็กลงเปรียบกับโครงข่ายประสาทเทียม คือการที่สัญญาณอินพุตถูกถ่วงน้ำหนักให้มีค่ามากขึ้นหรือลดลง เมื่อผ่านออกจากไซแนปส์ (Synapse) กระแสประสาททั้งหมดจะถูกรวมเข้าด้วยกัน หากผลรวมของกระแสประสาท มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold ของนิวรอลถ้าดับถัดไป กระแสประสาทดังกล่าว ก็จะสามารถไหลผ่านเข้าไปในนิวรอลนั้นได้ แต่หากผลรวมของกระแสประสาทนั้นมีค่าน้อยกว่าค่า Threshold กระแสประสาทก็จะถูกยับยั้ง ไม่ให้ผ่านเข้าไปในนิวรอลถัดไปได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของนิวรอล ในสมองมนุษย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม [10-11]

จากหัวข้อที่ 2.2 เป็นระบบการทำงานของนิวรอนในระบบประสาทของมนุษย์ ซึ่งนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม จะจำลองการทำงานของนิวรอนในระบบประสาทมนุษย์เช่นเดียวกัน ซึ่งนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะมีโครงสร้างการทำงาน ที่ง่ายกว่านิวรอนในสมองมนุษย์อย่างมาก โดยแต่ละนิวรอนมีค่าอินพุตที่ป้อนเข้าคือ ค่าข้อมูล ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบแอส ดังรูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างการทำงานของนิวรอน จำนวน 1 นิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม

จากรูปที่ 2.2 สามารถเขียนค่าเอาต์พุตที่มาจากนิวรอน ได้ดังสมการ

$$a = f(w * p + b) \quad (2.1)$$

เมื่อ	$p_1, p_2, p_3, \dots, p_R$	เป็นค่าอินพุตของหน่วยประสาทเทียม
	w_{11}, \dots, w_{1R}	เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลเข้าหน่วยประสาทเทียม
	b	เป็นค่าไบแอสของหน่วยประสาทเทียม
	f	เป็นฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer function)
	a	เป็นผลลัพธ์ของหน่วยประสาทเทียม

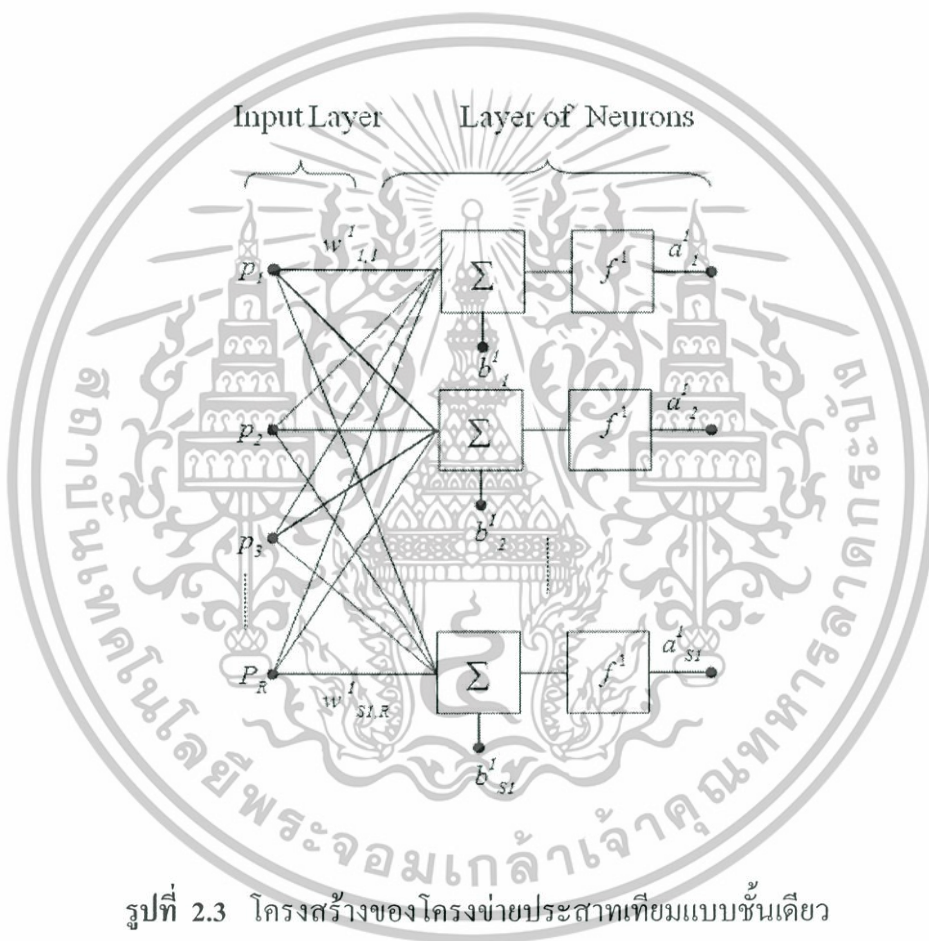
เมื่อเปรียบเทียบกับระบบประสาทชีวภาพ จะเห็นได้ว่า ในส่วนที่เป็นชั้นอินพุตเลเยอร์ จะเปรียบได้กับเดนไดรต์ (Dendrite) ข้อมูลอินพุตจะเปรียบได้กับกระแสประสาทที่เข้าไปยังนิวรอน ค่าถ่วงน้ำหนักจะเปรียบได้กับไซแนปส์ (Synapse) ที่ทำการถ่วงน้ำหนักให้กับค่าอินพุตที่เข้าสู่ นิวรอน ชั้นเอาต์พุตเลเยอร์ ซึ่งเปรียบได้กับ แอกซอน (Axon) และเอาต์พุตที่ออกจากนิวรอนคือ กระแสประสาทที่ออกจากนิวรอน

โครงข่ายประสาทเทียม แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง ได้ 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Neural Network) [11]

เมื่อนำเอานิวรอลมาต่อหลายๆ นิวรอลเข้าด้วยกัน ให้เกิดเป็นลักษณะของโครงข่ายเป็นชั้นๆ หรือที่เรียกว่า เลเยอร์ (Layer) จะสามารถสร้างโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นมาได้ โดยนิวรอลที่อยู่ในเลเยอร์เดียวกันจะไม่มี การเชื่อมต่อถึงกัน โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวประกอบด้วยอินพุทเลเยอร์ และเอาต์พุทเลเยอร์ ซึ่งอินพุทเลเยอร์นั้นเราจะไม่นับเป็น 1 ชั้น เนื่องจากเป็นเลเยอร์ที่ไม่มี การประมวลผลใดๆ โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวนี้ มีความสามารถในการคำนวณค่อนข้างน้อย แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะรวดเร็ว รูปของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว แสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

2.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi Layer Neural Networks) [11]

โครงข่ายประสาทเทียมแบบนี้ จะมีชั้นที่เพิ่มขึ้นมาจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวที่มีแค่ อินพุทเลเยอร์ เอาต์พุทเลเยอร์ นั่นคือจะมีชั้นซ่อน (Hidden Layer) เพิ่มขึ้นมา โดยชั้นซ่อนนี้อาจจะมีได้ตั้งแต่ 1 ชั้น ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหาที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการวิเคราะห์ แต่โดยทั่วไปแล้วชั้นซ่อนนี้จะมีไม่เกิน 2 ชั้น เนื่องจากจะทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณมากขึ้น เพราะถ้าจำนวนชั้นซ่อนมาก เวลาที่ใช้ในการคำนวณก็จะมากตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน โดยโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 4 เลเยอร์ คือ อินพุทเลเยอร์ เอาต์พุทเลเยอร์ และ ชั้นซ่อนจำนวน 2 เลเยอร์

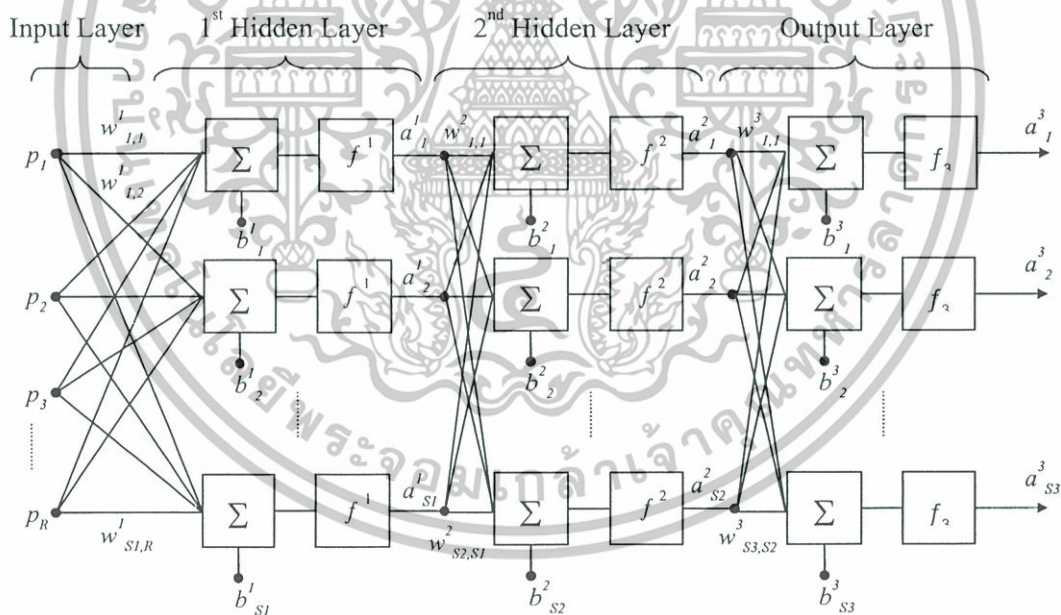
จากรูปที่ 2.4 แสดงสมการ ได้ดังนี้

$$a^1 = f^1(p \cdot w^1 + b^1) \tag{2.2}$$

$$a^2 = f^2(a^1 \cdot w^2 + b^2) \tag{2.3}$$

$$\begin{aligned} a^3 &= f^3(a^2 \cdot w^3 + b^3) \\ &= f^3(f^2(f^1(p \cdot w^1 + b^1) \cdot w^2 + b^2) \cdot w^3 + b^3) \end{aligned} \tag{2.4}$$

โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นนี้ จะมีความสามารถในการคำนวณที่มากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว แต่จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน

2.4 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม คือ ช่วงที่โครงข่ายประสาทเทียมจะปรับตัวเอง (ปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส) จากการกระตุ้นอินพุทเพื่อสร้างผลตอบสนองเอาต์พุทของโครงข่ายประสาทเทียมให้ได้ตามต้องการ และในที่สุดโครงข่ายประสาทเทียมก็จะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามใช้เพื่อการเรียนการสอนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างผลตอบสนองเอาท์พุทที่ต้องการได้ในทุกรูปแบบของอินพุทนั้น โครงข่ายประสาทเทียมก็จะสิ้นสุดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์ ลักษณะการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

2.4.1 การเรียนรู้ในลักษณะมีผู้สอน (Supervised Learning)

การเรียนรู้ในลักษณะมีผู้สอน เริ่มต้นด้วยการส่งอินพุท ซึ่งในที่นี้จะเป็นสิ่งที่เราที่ใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้สร้างผลตอบสนองเอาท์พุท โดยผลการตอบสนองจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเริ่มต้นของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม และผลตอบสนองดังกล่าว จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลตอบสนองเป้าหมาย (Target Response) ซึ่งผู้สอน (Teacher) จะเป็นผู้สร้าง ดังนั้นหากผลตอบสนองทั้งสองนี้มีความแตกต่างกัน ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ที่เกิดขึ้น จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าไบแอส (Bias) ทุกๆ ค่าของโครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละรอบของการเรียนรู้ จนกว่าโครงข่ายประสาทเทียมจะสามารถสร้างผลตอบสนองได้เหมือนกับผลตอบสนองเป้าหมาย นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนนั้น มีค่าเท่ากับศูนย์ หรืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กระบวนการเรียนรู้ก็จะสิ้นสุด การปรับแต่งค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส จะพิจารณาขั้นตอนการคำนวณที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการส่วนใหญ่ของการเรียนรู้ในลักษณะมีผู้สอน จะดัดแปลงมาจากวิธีการทางคณิตศาสตร์ในเรื่องเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Technique) เนื่องจากการพัฒนาเครื่องมือเพื่อนำมาใช้งาน จะขึ้นอยู่กับความควบคุมเครื่องมือและการสั่งการของมนุษย์ เพื่อให้ได้งานที่ต้องการ จึงทำให้การเรียนรู้ในลักษณะมีผู้สอนนั้น ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถควบคุมและสั่งการได้ โดยการสร้างข้อมูลตัวอย่าง (ค่าผลตอบสนองเป้าหมาย) เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง และสามารถเก็บลักษณะของค่าถ่วงน้ำหนักต่างๆ การนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้งานนั้นคุณภาพของข้อมูลตัวอย่างที่ใช้สอนนั้นจะต้องมีจำนวนมากพอจึงจะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2 การเรียนรู้ในลักษณะไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้ในลักษณะไม่มีผู้สอน จะมีความแตกต่างกับการเรียนรู้ในลักษณะมีผู้สอน กล่าวคือ ไม่จำเป็นต้องมีค่าผลตอบสนองเป้าหมายในช่วงการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม โครงข่ายประสาทเทียมไม่จำเป็นต้องมีผู้สอน แต่จำเป็นต้องมีสิ่งชี้แนะ โดยโครงข่ายประสาทเทียมจะได้รับข้อมูลกระตุ้นในรูปแบบต่างๆ และการจัดกลุ่มรูปแบบต่างๆ เหล่านั้นตามต้องการ เอาท์พุทของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การเรียนรู้ในลักษณะไม่มีผู้สอนนี้ จะเป็นการระบุกลุ่มของข้อมูลที่ใส่เข้าไป โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มซึ่งได้เรียนรู้จากข้อมูลที่เคยพบมา

การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การเรียนรู้ในลักษณะนี้ จะต้องมีการปรับแต่ง

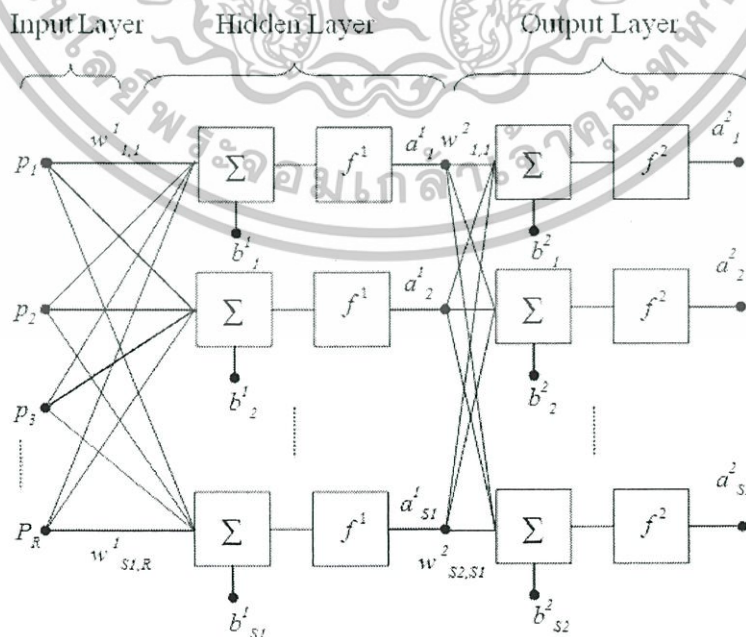
เอกสารข้อมูลเพื่อให้เกิดการเน้นสภาพของคุณลักษณะสำคัญ ที่ต้องการนำมาเป็นแนวทางในการจัดกลุ่มการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าไม่มีตัวชี้แนะโครงข่ายประสาทเทียม ก็จะไม่ทราบว่าจะใช้คุณลักษณะชนิดใดในการจัดกลุ่มข้อมูล การประมวลผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม จะไม่มีข้อสรุปที่ตายตัว นั่นคือ ประเภทของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่แตกต่างกัน ก็ย่อมมีการประมวลผลที่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน

2.5 การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Learning Algorithm)

การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของการไหลประสาทระหว่างเซลล์ประสาทภายในโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการตอบสนองของโครงข่ายประสาทเทียม ต่อรูปแบบของข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตที่ต้องการ มาเป็นค่าเริ่มต้น โดยมีเป้าหมาย เพื่อให้ค่าผิดพลาดที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีค่าลดลง

จากรูปที่ 2.5 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ที่มี 1 ชั้นซ่อน และมีอินพุตทั้งหมด R อินพุต จำนวนนิรอรอลในชั้นซ่อนเท่ากับ $S1$ และในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ $S2$ ตามลำดับ อินพุตแต่ละตัวจะถูกเชื่อมเข้ากับนิรอรอลในชั้นซ่อนแต่ละนิรอรอลด้วย ค่าถ่วงน้ำหนัก (w^1) จากนั้นจะทำการรวมกับค่าไบแอส (b^1) แล้วนำไปผ่านฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อแปลงเป็นผลลัพธ์ (a^1) ซึ่งเป็นเอาต์พุตของชั้นซ่อน และจะเป็นอินพุตให้กับชั้นเอาต์พุตต่อไป โดยจะถูกเชื่อมด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (w^2) และนำไปรวมกับค่าไบแอส (b^2) แล้วนำไปผ่านฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อแปลงเป็นผลลัพธ์ (a^2) ของโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ที่มี 1 ชั้นซ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเอาต์พุตที่ได้ในชั้นซ่อน มีค่าดังสมการ 2.5

$$a^1_{s1} = f^1 \left(\sum_{j=1}^{j=R} w^1_{s1,j} \cdot p_j + b^1_{s1} \right) \quad (2.5)$$

ค่าเอาต์พุตที่ได้ในชั้นเอาต์พุต มีค่าดังสมการ 2.6

$$a^2_{s2} = f^2 \left(\sum_{i=1}^{i=S1} w^2_{s2,i} \cdot a^1_i + b^2_{s2} \right) \quad (2.6)$$

เมื่อให้ค่าเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในชั้นเอาต์พุตแต่ละนิวรอนมีค่า a^2_i โดย $i = 1, 2, \dots, S2$ และค่าเอาต์พุตจริงมีค่า t_i โดย $i = 1, 2, \dots, S2$ ค่าผิดพลาด e_i สำหรับแต่ละนิวรอนในชั้นเอาต์พุตจะมีค่าดังสมการ 2.7

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{S2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1 - a^2_1 \\ t_2 - a^2_2 \\ \vdots \\ t_{S2} - a^2_{S2} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

การปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอส ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Network) นั้น มีวิธีการหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้สำหรับทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสนั้น ได้แก่ Levenberg-Marquardt Algorithm เนื่องจากมีขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอสที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด และมีขั้นตอนในการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก (w) และค่าไบแอส (b) ดังสมการ 2.8 และ สมการ 2.9 ตามลำดับ

$$\begin{aligned} w_{new} &= w_{old} + \Delta w \\ &= w_{old} + [J^T(w) \cdot J(w) + \mu I]^{-1} \cdot J^T(w) \cdot e \end{aligned} \quad (2.8)$$

โดยที่ $J(w)$ คือ จาโคเบียนเมทริกซ์ของอนุพันธ์ค่าผิดพลาดเทียบกับถ่วงน้ำหนัก

$$J(w) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w^2_{1,1}} & \frac{\partial e_1}{\partial w^2_{1,2}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w^2_{1,S1}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w^2_{2,1}} & \frac{\partial e_2}{\partial w^2_{2,2}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w^2_{2,S1}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial e_{S2}}{\partial w^2_{S2,1}} & \frac{\partial e_{S2}}{\partial w^2_{S2,2}} & \dots & \frac{\partial e_{S2}}{\partial w^2_{S2,S1}} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} b_{new} &= b_{old} + \Delta b \\ &= b_{old} + [J^T(b) \cdot J(b) + \mu I]^{-1} \cdot J^T(b) \cdot e \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$J(b) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial b^2_1} \\ \frac{\partial e_2}{\partial b^2_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial e_{S2}}{\partial b^2_{S2}} \end{bmatrix}$$

$$g = J^T(w) \cdot e \text{ และ } J^T(b) \cdot e \quad (2.10)$$

- โดยที่ $J(b)$ คือ จาโคเบียนเมทริกซ์ของอนุพันธ์ค่าผิดพลาดเทียบกับไบแอส
- e คือ เมทริกซ์ของค่าผิดพลาดระหว่างเอาท์พุทจริงและเอาท์พุทที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม
- μ คือ Mu Factor หรือ Learning Factor ซึ่งเป็นค่าคงที่ เช่น ค่าเริ่มต้นของ μ มีค่าเท่ากับ 0.001
- g คือ Gradient Factor

ค่าคงที่ (μ) จะถูกเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าเมื่อ SSE เพิ่มขึ้นจากระดับเดิมโดยตัวคูณ α เช่น α มีค่าเท่ากับ 10 และจะถูกลดลงเป็นจำนวนเท่าโดยตัวคูณเดียวกันเมื่อ SSE ลดลงจากระดับเดิม ถ้าค่าเฉลี่ยของ $J^T(w) \cdot e$ หรือค่า $J^T(w) \cdot e$ นั้น น้อยกว่าค่าน้อยที่สุดที่ได้กำหนดไว้ หรือค่า μ นั้นมากกว่าค่ามากที่สุดที่ได้กำหนดไว้ การทำงานของโปรแกรมก็จะหยุดลงโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ค่าคงที่ (μ) จะนำมาใช้เริ่มต้นทำการเรียนรู้และจะปรับเปลี่ยนในช่วงของกระบวนการเรียนรู้ เมื่อเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ โครงข่ายประสาทเทียมจะประมวลผลให้ค่าเอาต์พุต จากชุดข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตจริง ที่ให้กับโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อที่จะประมวลผลให้ตรงกับเอาต์พุตจริงนั้น ทุกๆ รอบของการเรียนรู้ ค่าผิดพลาด (Error) จะนำมาคำนวณโดยโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส ที่นิเวรอลเอาต์พุตหนึ่งในชั้นเอาต์พุต ผลรวมค่าความผิดพลาดยกกำลังสอง Sum-Squared Error (SSE) ซึ่งให้มีค่า e_i สำหรับการเรียนรู้ข้อมูลอินพุต n ชุด สามารถจำกัดความได้ ดังสมการที่ 2.11

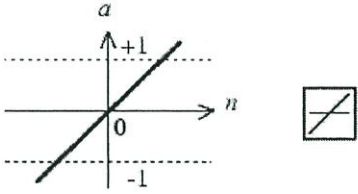
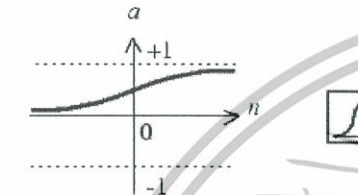
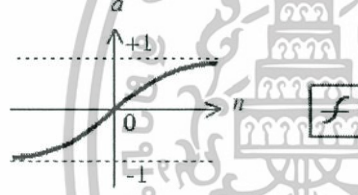
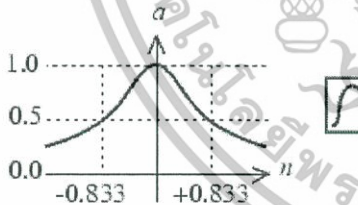
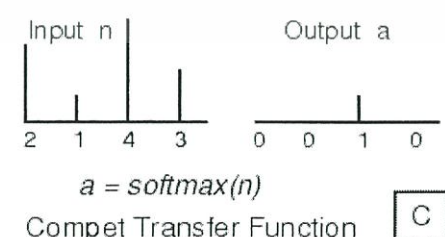
$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.11)$$

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Network) นั้นจะมีจำนวนนิเวรอลในชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุต เท่ากับจำนวนอินพุตและเอาต์พุตของปัญหาที่กำลังศึกษา ส่วนจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนนั้น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม และไม่มีจำนวนที่เป็นสูตรสำเร็จ ดังนั้นในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อน เพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสม ซึ่งจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนนั้น มีผลต่อระยะเวลาในการฝึกสอนด้วย นั่นคือถ้ามีจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนมาก เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนก็จะมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียม ที่มีจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนที่น้อยกว่า เมื่อฝึกสอนด้วยเงื่อนไขเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนมาก ไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าจะมีประสิทธิภาพมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนน้อยกว่า ซึ่งต้องทำการทดลองปรับเปลี่ยนเพื่อพิจารณาหาโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด

2.6 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)

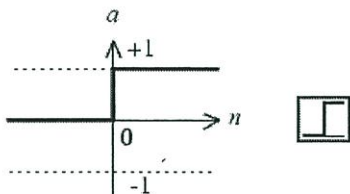
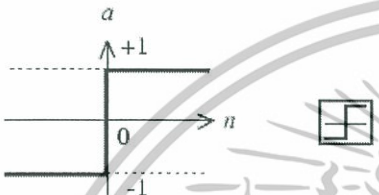
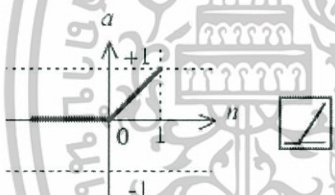
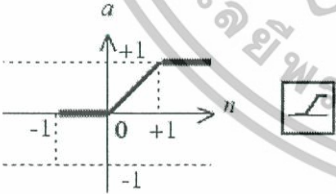
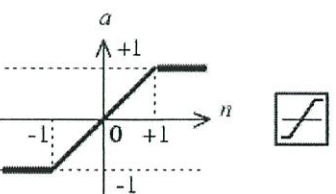
จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของนิเวรอลขึ้นอยู่กับฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function) หรือบางครั้งเรียกว่าฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) โดยผลบวกของอินพุตกับค่าถ่วงน้ำหนัก จะเป็นอินพุตของฟังก์ชันการถ่ายโอน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ค่าเอาต์พุตที่มาจากนิเวรอลแต่ละตัว ฟังก์ชันการถ่ายโอนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดขอบเขตของเอาต์พุต ถ้าหากไม่มีฟังก์ชันการถ่ายโอนแล้ว จะเป็นการยากในการแสดงค่าเอาต์พุตออกมาจากนิเวรอล ดังตารางที่ 2.1 แสดงฟังก์ชันการถ่ายโอนในโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 2.1 ฟังก์ชันการถ่ายโอนในโครงข่ายประสาทเทียม

ชนิดฟังก์ชันการถ่ายโอน	สมการฟังก์ชันการถ่ายโอน
 <p>$a = \text{purelin}(n)$ Linear Transfer Function</p>	$a(n) = n$
 <p>$a = \text{logsig}(n)$ Log-Sigmoid Transfer Function</p>	$a(n) = \frac{1}{1 + e^{-n}}$
 <p>$a = \text{tansig}(n)$ Tan-Sigmoid Transfer Function</p>	$a(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}}$
 <p>$a = \text{radbas}(n)$ Radial Basis Function</p>	$a(n) = e^{-n^2}$
 <p>$a = \text{softmax}(n)$ Compet Transfer Function</p>	$a(n_i) = \begin{cases} 1; & i = i^* \\ 0; & i \neq i^* \end{cases}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชนิดฟังก์ชันการถ่ายโอน	สมการฟังก์ชันการถ่ายโอน
 <p>$a = \text{hardlim}(n)$</p> <p>Hard-Limit Transfer Function</p>	$a(n) = \begin{cases} 1; & n \geq 0 \\ 0; & n < 0 \end{cases}$
 <p>$a = \text{hardlims}(n)$</p> <p>Symmetric Hard-Limit Trans. Funct.</p>	$a(n) = \begin{cases} 1; & n \geq 0 \\ -1; & n < 0 \end{cases}$
 <p>$a = \text{poslin}(n)$</p> <p>Positive Linear Transfer Funct.</p>	$a(n) = \begin{cases} n; & n \geq 0 \\ 0; & n < 0 \end{cases}$
 <p>$a = \text{satlin}(n)$</p> <p>Satlin Transfer Function</p>	$a(n) = \begin{cases} 0; & n \leq 0 \\ n; & 0 \leq n \leq 1 \\ 1; & 1 \leq n \end{cases}$
 <p>$a = \text{satlins}(n)$</p> <p>Satlins Transfer Function</p>	$a(n) = \begin{cases} -1; & n \leq -1 \\ n; & -1 \leq n \leq 1 \\ 1; & 1 \leq n \end{cases}$

2.7 การเลือกชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม [12]

เนื่องจากปัจจุบันมีโครงข่ายประสาทเทียมมากมายหลายแบบ แต่ยังไม่มียุทธวิธีในการเลือกชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม ดังนั้นการเลือกใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมให้เหมาะสมกับปัญหาเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ตารางที่ 2.2 เป็นแนวทางแนะนำว่าควรใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับงานประเภทใด

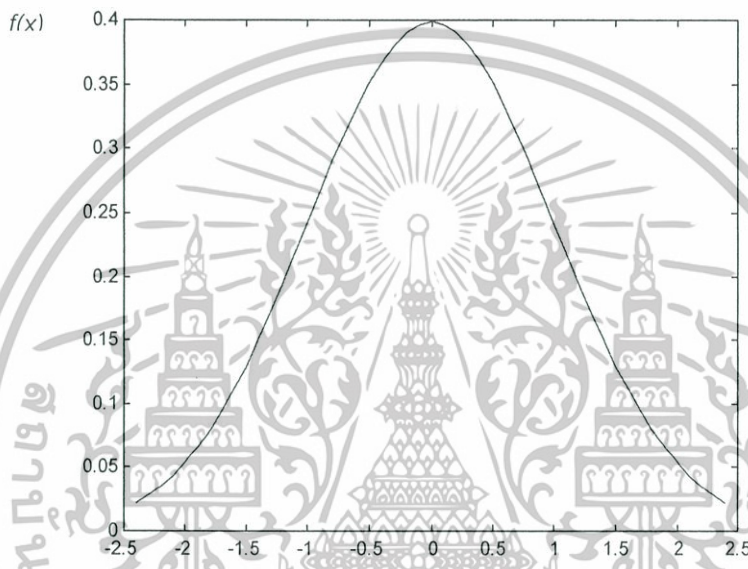
ตารางที่ 2.2 แนวทางการเลือกโครงข่ายแต่ละประเภท [12]

ประเภทของงาน	โครงข่าย
Prediction	<ul style="list-style-type: none"> - Feedforward Backpropagation - Delta Bar Delta - Extended Delta Bar Delta - Directed Random Search - Higher-order Neural Networks - Self Organizing Map into Back-propagation
Classification	<ul style="list-style-type: none"> - Learning Vector Quantization - Counter-propagation Network - Probabilistic Neural Network
Data association	<ul style="list-style-type: none"> - Hopfield Network - Boltzmann Machine - Hamming Network - Bidirectional Associative Memory - Spatio-Temporal Pattern Recognition
Data conceptualization	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptive Resonance Network - Self Organizing Map
Data filtering	<ul style="list-style-type: none"> - Recirculation

ตารางที่ 2.2 เป็นแนวทางในการเลือกชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับงานประเภทต่างๆ เท่านั้น ซึ่งในการปฏิบัติจริง อาจจะไม่เป็นไปตามตารางดังกล่าวข้างต้น เช่น โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Feedforward Backpropagation เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมและสามารถใช้ได้ดีในงานหลายประเภทนอกเหนือจากการทำนายค่า (Prediction)

2.8 การ Normalization ของชุดข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ (Normalization of Training Data)

เป็นวิธีการจัดระเบียบข้อมูล การ Normalization ชุดข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งมีประโยชน์คือ ลดเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ และเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม การ Normalization ของชุดข้อมูลอินพุตและชุดข้อมูลเอาต์พุตจะทำก่อนกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ทำให้ค่าของข้อมูลอยู่บนพื้นฐานของ zero mean ($\mu = 0$) และ unity variance ($\sigma = 1$)



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการกระจายค่าของข้อมูลจากการ Normalization

สำหรับทุกจำนวนของชุดข้อมูลอินพุตและชุดข้อมูลเอาต์พุต และในแต่ละอินพุตและเอาต์พุตนั้นประกอบด้วย “ n ” ชุดข้อมูล ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) ดังนั้นสามารถ Normalization ชุดข้อมูลโดยใช้สมการ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$$

$$\mu_X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 - \mu_X \\ X_2 - \mu_X \\ \vdots \\ X_n - \mu_X \end{bmatrix}, \quad \mu_Y = 0$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2}{n}}$$

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix} = Y \cdot \frac{1}{\sigma_Y} = \begin{bmatrix} (X_1 - \mu_X) / \sigma_Y \\ (X_2 - \mu_X) / \sigma_Y \\ \vdots \\ (X_n - \mu_X) / \sigma_Y \end{bmatrix}, \quad \sigma_Z = 1 \text{ and } \mu_Z = 0 \quad (2.13)$$

หลังจากทุกชุดข้อมูลอินพุตและชุดข้อมูลเอาต์พุต ทำการ Normalization ดังสมการ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ จะทำการ Scaling ข้อมูล เพื่อจัดข้อมูลให้เป็นระเบียบอยู่ในช่วงที่กำหนด โดยใช้สมการ 2.14 ถึง 2.16 ซึ่งจะสร้างรูปแบบการกระจายของข้อมูลเป็นแบบลิเนียร์ ในการทดลองนี้ทำการ Scaling ชุดข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการเรียนรู้และใช้ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม ให้มีค่าอยู่ระหว่าง [0.1,0.9] และชุดข้อมูลเอาต์พุตที่ใช้ในการเรียนรู้และใช้ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมให้มีค่าระหว่าง [0.1,0.9]

จากเมตริกซ์

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix}$$

กำหนดให้ mx คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ $[Z]$

mn คือ ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ $[Z]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาค่าคงที่ aw และ bw ได้จากสมการ 2.14 และ 2.15

$$aw = \frac{(b-a)}{mx-mn} \quad (2.14)$$

$$bw = b - (aw)(mx) \quad (2.15)$$

โดยที่ a และ b คือช่วงของการ Scaling คือ $[a, b]$

ดังนั้นแต่ละสมาชิกในเมตริกซ์ $[Z]$ ทำการ Scaling โดยสมการ 2.16

$$\text{เอาที่พุทจากการ Scaling} = aw \times Z_i + bw \quad \text{โดยที่ } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.16)$$

ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ ค่าถ่วงน้ำหนัก “ w ” และค่าไบแอส “ b ” จะปรับเปลี่ยนทุก ๆ รอบของการเรียนรู้ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (SSE) จะนำมาใช้เพื่อหาค่าเอาที่พุท ถ้าเมตริกซ์ $[O]$ แสดงการ Normalization และ Scaling ของค่าเอาที่พุทจากโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการเรียนรู้ แต่ละค่าของเอาที่พุทนั้น จะสามารถหาค่าจริงได้จากการทำ Unscaling และ Unnormalization ดังสมการ 2.17 และ 2.18 ตามลำดับ

$$[L] = \begin{bmatrix} O_1 / aw & - bw / aw \\ O_2 / aw & - bw / aw \\ \vdots & \vdots \\ O_n / aw & - bw / aw \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

$$[Q] = \begin{bmatrix} L_1 \times \sigma_y + \mu_x \\ L_2 \times \sigma_y + \mu_x \\ \vdots \\ L_n \times \sigma_y + \mu_x \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

ค่าคงที่ μ_x และ σ_y ในสมการที่ 2.18 มาจากสมการ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ โดยเมตริกซ์ $[Q]$ จะแสดง “ n ” ชุดข้อมูลเอาที่พุทที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลเอาที่พุทจริง หลังจากการเรียนรู้เสร็จสิ้น ค่าถ่วงน้ำหนัก “ w ” และค่าไบแอส “ b ” จะบันทึกไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้ ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะต้องเป็นชุดข้อมูลที่โครงข่ายประสาทเทียมไม่เคยเรียนรู้มาก่อน ถ้านำมา

ทดสอบทั้งหมดคือ “ m ” ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลที่ทดสอบนี้จะต้องทำการ Normalization ซึ่งใช้หลักการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลชุดนั้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

zero mean ($\mu = 0$) และ unity variance ($\sigma = 1$) จากนั้นทำ scaling ข้อมูลให้มีค่าระหว่าง $[0.1, 0.9]$ ดังสมการข้างต้น ชุดข้อมูลทดสอบที่ได้ จะนำไปใช้ทดสอบกับค่าถ่วงน้ำหนัก “ w ” และไบแอส “ b ” เดียวกันกับที่บันทึกไว้ ถ้าเมตริกซ์ $[T]$ แสดงข้อมูลเอาต์พุตของชุดทดสอบที่ผ่านการ Normalization และ Scaling ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม ดังนั้นแต่ละค่าของเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมนั้น สามารถหาค่าจริงได้จากการทำ Unscaling และ Unnormalization ดังสมการ 2.19 และ 2.20 ตามลำดับ

$$[R] = \begin{bmatrix} T_1 / aw - bw / aw \\ T_2 / aw - bw / aw \\ \vdots \\ T_m / aw - bw / aw \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

$$[H] = \begin{bmatrix} R_1 \times \sigma_y + \mu_x \\ R_2 \times \sigma_y + \mu_x \\ \vdots \\ R_m \times \sigma_y + \mu_x \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

เมตริกซ์ $[H]$ แสดงเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม ของชุดข้อมูลทดสอบ “ m ” ชุด ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับเอาต์พุตจริงของชุดข้อมูลทดสอบ โดยค่าคงที่ aw, bw, μ_x และ σ_y ในสมการที่ 2.19 และ 2.20 จะเป็นค่าเดียวกันกับสมการที่ 2.12 ถึง 2.15

2.9 การเลือกโครงสร้างที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม

การเลือกโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ โดยทั่วไปจำนวนชั้นซ่อนหนึ่งชั้น สามารถใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยทั่วไปในทางปฏิบัติได้ แต่ถ้าหากเพิ่มจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน ให้มีขนาดใหญ่มากขึ้นแต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ดังนั้นต้องทำการเพิ่มจำนวนชั้นซ่อนเป็นสองชั้น

แนวทางในการเลือกจำนวนนิวรอนชั้นซ่อนอย่างคร่าวๆ สำหรับปัญหาโดยทั่วไป คือ กฎรูปพีระมิดเรขาคณิต ซึ่งจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนจะมีรูปร่างเหมือนพีระมิด นั่นคือ จำนวนนิวรอนจะค่อยๆ ลดลงจากชั้นอินพุตไปยังชั้นเอาต์พุต

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพโครงข่ายประสาทเทียม

การปรับการสอนโครงข่ายประสาทเทียม จะเป็นการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอสให้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ลู่เข้า ส่วนการที่จะลู่เข้าเร็วหรือช้าขึ้นขึ้นอยู่กับกฎการเรียนรู้ว่าจะสามารถทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักหรือไม่ถ้ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักและค่าไบแอสได้ในทิศทางที่ถูกต้องหรือไม่ ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือจากกฎการเรียนรู้ แต่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม สรุปได้ดังนี้

2.10.1 การเลือกตัวแปรด้านเข้า

การเลือกตัวแปรด้านเข้ามีความสำคัญ คือ ถ้าตัวแปรด้านเข้ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านออก จะทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมหลังกระบวนการเรียนรู้ดีขึ้น การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านเข้าและด้านออก สามารถทำได้โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ

2.10.2 จำนวนของข้อมูลฝึกสอน

ปริมาณของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม กล่าวคือ ถ้าหากปริมาณของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนเพิ่มขึ้นจะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้และจดจำข้อมูลของปัญหาภายในขอบเขตที่ศึกษาได้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมสูงขึ้น

2.10.3 การ normalization ข้อมูลฝึกสอน

การจัดระเบียบข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน ก่อนนำมาฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะทำให้กระบวนการฝึกสอนรวดเร็วขึ้น และทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลดิบมาฝึกสอน

2.10.4 การกระจายของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

การกระจายของข้อมูลฝึกสอนที่ใช้ในการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียม ภายในขอบเขตที่ศึกษามีความสำคัญต่อโครงข่ายประสาทเทียม คือ ถ้าให้ปริมาณข้อมูลฝึกสอนจำนวนหนึ่งหากมีการกระจายตัวที่ดีแล้ว จะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้และจดจำข้อมูลของปัญหาภายในขอบเขตที่ศึกษาได้ดีขึ้น ทั้งยังทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.10.5 ชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันกระตุ้น

การเลือกชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันกระตุ้นที่เหมาะสม ที่ใช้ในการฝึกสอนจะมีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม

2.10.6 ค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส

โดยปกติค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส จะมีผลต่อการเข้าใกล้จุด Local Minimum หรือ Global Minimum ของค่าตอบที่ใช้ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ดังนั้น โครงสร้างต่างๆ ของโครงข่ายประสาทเทียม ควรใช้ค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสซ้ำหลายๆ ครั้ง แล้วเลือกค่าที่ดีที่สุด ซึ่งปกติค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสจะใช้ตัวเลขแบบสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.7 อัลกอริทึมที่ใช้ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส

อัลกอริทึมที่ใช้ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสนั้น โดยปกติจะมีอยู่หลายประเภท เช่น การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับจะมี Gradient Descent และ Levenberg-Marquardt เป็นต้น ต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ

2.10.8 จำนวนรอบในการฝึกสอน

หากจำนวนรอบในการฝึกสอนที่สูงมากขึ้นแล้ว โดยปกติค่า Sum of Square Error ของการฝึกสอน จะมีค่าลดลงเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโครงข่ายประสาทเทียมจะเรียนรู้ดีขึ้น

2.10.9 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม จะมีผลต่อประสิทธิภาพภายหลังการเรียนรู้โดยทั่วไป การใช้ชั้นซ่อนเพียงหนึ่งชั้นก็สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยทั่วไปได้ แต่ถ้าหากยังแก้ปัญหาไม่ได้ จะทำการเพิ่มจำนวนชั้นซ่อนเป็นสองชั้น นอกจากนั้นหากใช้จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนมีขนาดใหญ่มากอาจจะทำให้เกิดปัญหา Over Fitting ได้ แต่ถ้าใช้จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเล็กเกินไปอาจจะทำให้เกิดปัญหา Under Fitting ได้ ด้วยเหตุนี้การเลือกขนาดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมมาใช้นั้น จะต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วันชัย และวิจิต [4] ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางรายเดือน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยคำนึงถึงปัจจัยด้านสภาพอากาศและอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า แบบจำลองที่ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ เป็นความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นรายเดือนของการไฟฟ้านครหลวงล่วงหน้า 6 เดือน ตั้งแต่เดือน ม.ค. 2542 ถึง เดือน มิ.ย. 2542 โดยผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมนั้น มีค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ไม่เกิน 4.19%

Syed M. Islam, Saleh M. Al-Alawi และ Khaled A. Ellithy [6] ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด รายเดือนของเมืองมัสกัต (Muscat) ประเทศโอมาน ล่วงหน้า 24 เดือน (ปี 1991-1992) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยคำนึงถึงปัจจัยด้านสภาพอากาศและปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด มีค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ไม่เกิน 6 % และ 10 % ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรนิตย์ และวรณูช [13] ศึกษาการนำเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะสั้น โดยใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าใฝ่สิงโต ของการไฟฟ้านครหลวง อุณหภูมิ ประเภทของวัน และ เวลา ผลที่ได้จากการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติ บ็อกซ์และเจนกินส์ จะให้ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ดีกว่า

Mario Costa, Eros Pasero, Federico Piglione และ Daniela Radasanu. [14] ศึกษาการพยากรณ์ระยะสั้นของโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic load) โดยใช้การเชื่อมต่อของโครงข่ายแบบ Feedback ที่มีการเฉลี่ยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight sharing) และใช้การฝึกสอนแบบ Backpropagation ตลอดเวลา ซึ่งในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลโหลดจาก AEM-Turin ฐานข้อมูลจะครอบคลุมตั้งแต่ปี 1995-1997 และเลือกใช้พารามิเตอร์ของสภาพอากาศ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม ปริมาณเมฆ พารามิเตอร์ของโหลดในช่วงที่มีเหตุการณ์ไม่ปกติ พารามิเตอร์ที่สุ่มเลือก ผลการศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุด ให้ค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ คิดเป็น 2.78% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของ Multilayer Perceptron (MLP) จะมีค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ อยู่ที่ 23.26%

Hong Chen, Claudio A., Ajit Singh. [15] ศึกษาการพยากรณ์โหลดระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อนำมาพิจารณาราคาการซื้อ-ขายกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่กระทบต่อโหลดในการกำหนดราคาของตลาด โมเดลของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นอินพุต ชั้นซ่อน และ ชั้นเอาต์พุต มีการเชื่อมต่อกันแบบ Feedforward และฝึกสอนแบบ Backpropagation ตัวแปรอินพุตที่ใช้ ได้แก่ โหลด ประเภทของวัน อุณหภูมิ และราคาการซื้อ-ขายไฟฟ้าของวันก่อนหน้าวันพยากรณ์โหลด ข้อมูลที่นำมาศึกษาได้จาก Ontario Hydro System ผลการพยากรณ์โหลดตั้งแต่วันที่ 24 - 29 พฤษภาคม 1999 มีค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ 0.48% และมีค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สูงสุด 3%

บทที่ 3

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

3.1 ประเภทของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

ประเภทของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำแนกตามช่วงระยะเวลาของการพยากรณ์ ได้ 3 ประเภท [16-17] ดังนี้

3.1.1 การพยากรณ์ระยะยาว (LONG-TERM LOAD FORECASTING)

เป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ที่จะเกิดขึ้นในระยะเวลาตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป ซึ่งผลที่ได้จากการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในการวางแผนการขยายหน่วยการผลิต (Capacity Expansion Planning) ในอนาคต

3.1.2 การพยากรณ์ระยะปานกลาง (MEDIUM-TERM LOAD FORECASTING)

เป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ที่จะเกิดขึ้นตั้งแต่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ล่วงหน้า จนถึง 3 ปีล่วงหน้า ซึ่งผลที่ได้จากการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในการวางแผนการบริหารเชื้อเพลิงการผลิต (Fuel Management) หรือการวางแผนการซ่อมบำรุง (Maintenance Planning)

3.1.3 การพยากรณ์ระยะสั้น (SHORT-TERM LOAD FORECASTING)

เป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ที่จะเกิดขึ้นในระยะเวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงล่วงหน้าจนถึง 168 ชั่วโมง หรือ 1 สัปดาห์ล่วงหน้า ซึ่งผลของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในการวางแผนการทำงานของโรงจักรไฟฟ้า (Unit Commitment) และการวางแผนการผลิตของโรงจักรไฟฟ้า (Scheduling and Operative Reserve)

3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ถูกต้อง ย่อมนำมาสู่ความน่าเชื่อถือ ซึ่งสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศ เพราะถ้าผลการพยากรณ์ต่ำกว่าความเป็นจริง จะส่งผลให้ไฟฟ้าไม่เพียงพอ กับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า ทำให้เกิดปัญหาไฟตกหรือไฟดับ และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมเสียหาย แต่ถ้าผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าความเป็นจริง จะทำให้มีการก่อสร้างโรงไฟฟ้าและระบบจำหน่ายมากเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการก่อสร้างและการบำรุงรักษา ดังนั้นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าให้มีความน่าเชื่อถือ นั้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อ

เปลี่ยนแปลงความต้องการพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำมาพิจารณาในการจำลองลักษณะของสมการทางคณิตศาสตร์ หรือจำลองโมเดล (Model) ของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานไฟฟ้านั้น ได้แก่

- 3.2.1 พลังงานไฟฟ้าย้อนหลัง (Electrical Energy/ Load)
- 3.2.2 อุณหภูมิ (Temperature)
- 3.2.3 อุณหภูมิหยดน้ำค้าง (Dew-point temperature)
- 3.2.4 ความชื้น (Humidity)
- 3.2.5 ความเร็วลมและทิศทางของลม (Wind speed and direction)
- 3.2.6 ปริมาณเมฆ (Cloud)
- 3.2.7 ดัชนีแสง (Light index)
- 3.2.8 ปริมาณน้ำฝน (Rain)
- 3.2.9 ฤดูกาล (Seasons)
- 3.2.10 ชนิดของเดือน (Type of month)
- 3.2.11 กิจกรรมทางเศรษฐกิจ (Economic Activities)
 - ผลผลิตทางอุตสาหกรรม (Industrial Production)
 - ผลผลิตมวลรวมของประเทศ (Gross Nation Product)
 - ผลผลิตมวลรวมของจังหวัด (Gross Provincial Product)
 - การบริโภคพลังงานดิบ (Raw Energy Consumption)
 - การบริโภควัตถุดิบ (Material Consumption)
- 3.2.12 ราคาเชื้อเพลิง (Cost of Energy)
- 3.2.13 การขยายตัวของประชากร (Population Distribution)
- 3.2.14 การขยายตัวของแรงงาน (Labor Distribution)
- 3.2.15 รายได้ต่อบุคคล (Income per person)
- 3.2.16 การบริโภคพลังงานไฟฟ้าต่อบุคคล (Electrical Energy Consumption per person)

3.3 ประโยชน์ของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้านั้น มีความสำคัญและมีความจำเป็นควบคู่ไปกับการผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว สามารถจำแนกประโยชน์ของการพยากรณ์ได้ดังนี้ คือ

- 3.3.1 เพื่อใช้ในการวางแผน การทำงานของแต่ละโรงจักรไฟฟ้า โดยทำการผลิตกำลังไฟฟ้า เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด (Economic Load Dispatch)
- 3.3.2 เพื่อใช้ในการวางแผน การผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอ ต่อความต้องการของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.3.3 เพื่อใช้ในการวางแผน ขยายหรือสร้างโรงจักรไฟฟ้า เพื่อรองรับการขยายตัวของความต้องการกำลังไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต
- 3.3.4 เพื่อใช้ในการวางแผน งานก่อสร้างระบบสายส่งและระบบจำหน่าย เพื่อรองรับความต้องการกำลังไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต
- 3.3.5 เพื่อใช้ในการวางแผน การแก้ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร หรือการทดแทนทรัพยากรในอนาคต
- 3.3.6 เพื่อใช้ในส่วนของการวางแผน การซ่อมบำรุงของโรงจักรไฟฟ้า
- 3.3.7 เพื่อใช้ในการวางแผน การสำรองเชื้อเพลิงการผลิตของโรงจักรไฟฟ้า
- 3.3.8 ทำให้ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามีความน่าเชื่อถือ
- 3.3.9 ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 วิธีการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy Demand)

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy Demand) เป็นปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงตลอดทั้งปี มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือเรียกว่า “หน่วย” (Unit : 1 ล้านหน่วย = 1,000,000 kWh = 1 GWh)

การพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าแบ่งตามลักษณะทางภูมิภาค คือ การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกัน แต่แตกต่างกันตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยจำแนกได้ 3 ประเภท คือ บ้านอยู่อาศัย, ธุรกิจและอุตสาหกรรม, และอื่นๆ สรุปได้ดังนี้

3.4.1 บ้านอยู่อาศัย

บ้านอยู่อาศัย ในการพยากรณ์ใช้หลัก End-Use เป็นการจำลองสภาพการใช้ไฟฟ้าของบ้านอยู่อาศัยในชีวิตประจำวัน ซึ่งการใช้ไฟของบ้านอยู่อาศัย จะเริ่มจากการถือครองเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท เช่น ตู้เย็น โทรทัศน์ หม้อหุงข้าว หลอดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ ฯลฯ จากนั้นทำการศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ว่ามีขนาดการใช้ไฟฟ้าเท่าใด (กินไฟกี่วัตต์) เปิดบ่อยแค่ไหน นานเท่าใด รวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างไร โดยพิจารณาจำแนกตามประเภทของบ้านอยู่อาศัย ได้แก่ บ้านเดี่ยว ห้องแถว ทาวน์เฮาส์ อพาร์ทเมนต์/คอนโดมิเนียม และอื่นๆ เนื่องจากมีอัตราการถือครองเครื่องใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน และอัตราการเพิ่มของการถือครองที่แตกต่างกัน ข้อมูลนี้ได้จากการสำรวจทางเศรษฐกิจและสังคม (SES) ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละประเภทของบ้านอยู่อาศัย สามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 พยากรณ์จำนวนครัวเรือน (ผู้ใช้ไฟฟ้า) ในแต่ละปี จากจำนวนประชากรและผลิตภัณฑ์มวลรวม

ขั้นที่ 2 จำแนกผลการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละปี ตามประเภทบ้านอยู่อาศัย ได้แก่ บ้านเดี่ยว ห้องแถว ทาวน์เฮาส์ อพาร์ทเมนท์/คอนโดมิเนียม และอื่นๆ

ขั้นที่ 3 คำนวณหาอัตราการเพิ่มเฉลี่ยของการถือครองเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้แก่ หม้อหุงข้าว หลอดไฟฟ้า ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ พัดลม เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ เตารีด และอื่นๆ ในแต่ละประเภทของบ้านอยู่อาศัย เพื่อคำนวณหาจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถือครองในแต่ละประเภทของบ้านอยู่อาศัย

$$A_{ijt} = S_{ijt} \times C_{ijt} \quad (3.1)$$

โดยที่ A = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าถือครอง
 S = อัตราถือครองเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อผู้ใช้ไฟฟ้า 1 ครัวเรือน
 C = จำนวนครัวเรือน (ผู้ใช้ไฟฟ้า)
 i = ประเภทที่อยู่อาศัย
 j = ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า
 t = ปีที่พยากรณ์

ขั้นที่ 4 คำนวณพลังงานไฟฟ้าแต่ละประเภทของบ้านอยู่อาศัย จากสูตร

$$E_{ijt} = \sum_j A_{ijt} \times W_{ijt} \times H_{ijt} \times F_{ijt} \quad (3.2)$$

โดยที่ E = ค่าพลังงานไฟฟ้า
 A = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าถือครอง
 W = ขนาดกำลังวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า
 H = จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในรอบปี
 F = ประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้า
 i = ประเภทที่อยู่อาศัย
 j = ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า
 t = ปีที่พยากรณ์

เมื่อรวมค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละประเภทของบ้านอยู่อาศัย จะได้ค่าพยากรณ์ความ

ต้องการพลังงานไฟฟ้าของบ้านอยู่อาศัยในภาพรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ธุรกิจและอุตสาหกรรม

มีการใช้ไฟฟ้ามากถึงร้อยละ 70 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นผู้ใช้ไฟในประเภทกิจการขนาดกลาง และกิจการขนาดใหญ่ การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าได้พิจารณาเป็นระยะยาวและระยะสั้น ในการพยากรณ์ระยะยาว ใช้หลักการของสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์มวลรวม (Energy Intensity Ratio: EIR) โดยจัดตามประเภทของผู้ใช้ไฟที่มีกิจการธุรกิจและอุตสาหกรรมที่หลากหลาย ตามการจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรม (ประเทศไทย) หรือที่เรียกว่า TSIC (Thailand Standard Industrial Classification) และทำการจัดกลุ่มของ TSIC ออกเป็น 24 กลุ่มใหญ่ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมูลค่าของผลิตภัณฑ์มวลรวม แบ่งออกเป็น 24 กลุ่มเช่นเดียวกัน วิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม สรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณหา Energy Intensity Ratio ในอดีตของแต่ละกลุ่ม จากสมการ

$$EIR_{it} = SAL_{it} / GDP_{it} \quad (3.3)$$

โดยที่ EIR = สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม
Energy Intensity Ratio

SAL = Energy Sales หน่วยจำหน่ายที่ใช้ (kWh)

GDP = มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม (บาท)

i = กลุ่มของ TSIC ที่คำนวณ

t = ปีในอดีต/ปีที่พยากรณ์

ขั้นที่ 2 ทำการพยากรณ์ค่า EIR ในอนาคตโดยใช้ค่าที่คำนวณได้จากอดีต (Time Trend)

ขั้นที่ 3 พยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละกลุ่ม โดยนำค่าพยากรณ์มูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์มวลรวมมาคูณกับค่า EIR

การพิจารณาค่า EIR ในอนาคตของแต่ละกลุ่ม จะต้องมีการสำรวจการใช้ไฟฟ้าร่วมด้วยอย่างสม่ำเสมอ เพื่อติดตามเทคโนโลยีการผลิตในปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต ทั้งนี้จะนำมาปรับปรุงข้อมูล EIR ให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุดส่วนการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะสั้น (1-3 ปี) จะพิจารณาข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นตัวชี้นำ เพื่อประกอบการศึกษาวิเคราะห์ด้วย เช่น ข้อมูลส่งเสริมการลงทุน ข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร เป็นต้น

3.4.3 อื่นๆ

ได้แก่ ผู้ใช้ไฟประเภทส่วนราชการฯ กิจการขนาดเล็ก การสูบน้ำเพื่อการเกษตร และไฟฟ้าสาธารณะ การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะใช้วิธีสมการถดถอย (Regression)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

4.1 พื้นที่แยกรายภาคของผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้แบ่งผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้ง 73 จังหวัด ทั่วประเทศ ออกเป็น 4 ภาค ภาคละ 3 เขต รวมทั้งสิ้น 12 เขต ดังนี้

1. ภาคเหนือ มี 20 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง เชียงราย พะเยา พิชัยโลก พิจิตร ตาก กำแพงเพชร สุโขทัย แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ ลพบุรี สิงห์บุรี เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ อุทัยธานี และ ชัยนาท

2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มี 19 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด อุตรธานี หนองคาย ขอนแก่น เลย สกลนคร นครพนม หนองบัวลำภู อุบลราชธานี ยโสธร ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ศรีสะเกษ มุกดาหาร อำนาจเจริญนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์

3. ภาคกลาง มี 16 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด ออยุธยา อ่างทอง ปทุมธานี สระบุรี นครนายก ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี ตราด นครปฐม สมุทรสาคร สุพรรณบุรี และ กาญจนบุรี

4. ภาคใต้ มี 18 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี สมุทรสงคราม ชุมพร ระนอง นครศรีธรรมราช ตรัง กระบี่ สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต พังงา ยะลา ปัตตานี นราธิวาส สงขลา สตูล และ พัทลุง

4.2 ลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ส่วนใหญ่เป็นประเภทอุตสาหกรรม (กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และ กิจการขนาดใหญ่) คิดเป็นประมาณ 55 % ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือ ส่วนอีกประมาณ 45 % ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือ เป็นบ้านอยู่อาศัย การสูบน้ำเพื่อการเกษตร ส่วนราชการ กิจการเฉพาะอย่าง และ ไฟฟ้าสาธารณะ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ส่วนใหญ่เป็นประเภทอุตสาหกรรม (กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และ กิจการขนาดใหญ่)

คิดเป็นประมาณ 80 % ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลาง ส่วนอีกประมาณ 20 % เป็นบ้านอยู่อาศัย การสูบน้ำเพื่อการเกษตร ส่วนราชการ กิจการเฉพาะอย่าง และ ไฟฟ้าสาธารณะ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลาง เป็นบ้านอยู่อาศัย การสูบน้ำเพื่อการเกษตร ส่วนราชการ กิจการเฉพาะอย่าง และ ไฟฟ้าสาธารณะ

ในงานวิจัยนี้ จึงเลือกการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทั้งสองพื้นที่ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมกับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน แต่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลางส่วนใหญ่มาจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ประมาณสามเท่า

4.3 การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีลักษณะการทำงานแบบฟีดฟอร์เวิร์ด (Feedforward Neural Networks) และใช้การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Learning) ฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการทดลอง ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเป็นเชิงเส้น (Linear Active Function) ได้แก่ ฟังก์ชันลิเนียร์ (Linear Function) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Active Function) ได้แก่ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) ทั้งนี้เนื่องจากฟังก์ชันถ่ายโอนที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั้น มีความสามารถในการสร้างขอบเขตของการตัดสินใจที่มีลักษณะโค้งมนได้ดี จึงทำให้สามารถทดสอบกับรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมที่ค่อนข้างซับซ้อนได้ ทำให้มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้า

การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ ได้ทำการทดลองด้วยโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน โดยแต่ละโครงข่ายจะมีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนแตกต่างกัน ตั้งแต่ 3 นิวรอน ถึง 15 นิวรอน โดยใช้รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม ทั้งหมด 6 รูปแบบ ซึ่งมีความแตกต่างกันตามจำนวนและชนิดข้อมูลอินพุต ดังนี้

1. รูปแบบที่ 1 ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟ และค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ย้อนหลัง 1 ปี เป็นอินพุต โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึง เดือนธันวาคม 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ

2. รูปแบบที่ 2 ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟ และค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ย้อนหลัง 2 ปี เป็นอินพุต โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง เดือนธันวาคม 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ

3. **รูปแบบที่ 3** ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟ ย้อนหลัง 1 เดือน และค่า Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์เป็นอินพุท โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2544 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ

4. **รูปแบบที่ 4** ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟ ย้อนหลัง 2 เดือน และค่า Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์เป็นอินพุท โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2544 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน และมีข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ

5. **รูปแบบที่ 5** ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟ ย้อนหลัง 1 เดือน ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด ค่าอุณหภูมิลดต่ำสุด และค่า Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์เป็นอินพุท โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2544 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ

6. **รูปแบบที่ 6** ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟ ย้อนหลัง 2 เดือน ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด ค่าอุณหภูมิลดต่ำสุด และค่า Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์เป็นอินพุท โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่เดือน มกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ

ข้อมูลในชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ มีอัตราส่วนเป็น 67:33 แบ่งเป็นชุดฝึกสอน 48 ชุด และชุดทดสอบ 24 ชุด โครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่ 1 ถึง รูปแบบที่ 6 มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนปรับเปลี่ยนตั้งแต่ 3 ถึง 15 นิวรอน และในชั้นเอาต์พุทจะมีจำนวนนิวรอนเป็น 1 นิวรอน ต่อจากนั้นจะเลือกโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุด และใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอนาคตต่อไป

4.4 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

ในการวิจัยนี้จะกำหนดข้อมูลอินพุทและข้อมูลเอาต์พุททั้ง 6 รูปแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1 กำหนดให้ชุดข้อมูลอินพุท มี 3 อินพุท ได้แก่

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุท

- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดย้อนหลัง 1 ปี ของปีที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต

รูปแบบที่ 2 กำหนดให้ชุดข้อมูลอินพุต มี 6 อินพุต ได้แก่

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดย้อนหลัง 1 ปี ของปีที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดย้อนหลัง 2 ปี ของปีที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต

รูปแบบที่ 3 กำหนดให้ชุดข้อมูลอินพุต มี 6 อินพุต ได้แก่

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 4 อินพุต

รูปแบบที่ 4 กำหนดให้ชุดข้อมูลอินพุต มี 8 อินพุต ได้แก่

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 4 อินพุต

รูปแบบที่ 5 กำหนดให้ชุดข้อมูลอินพุต มี 10 อินพุต ได้แก่

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 4 อินพุต

รูปแบบที่ 6 กำหนดให้ชุดข้อมูลอินพุต มี 12 อินพุต ได้แก่

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 1 อินพุต
- Month Code (MC) ของเดือนที่จะพยากรณ์ จำนวน 4 อินพุต

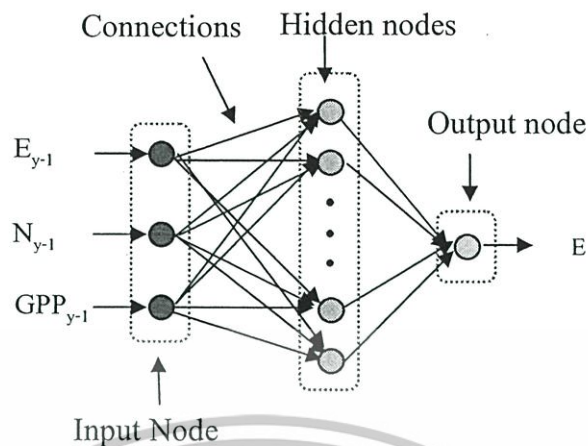
ตารางที่ 4.1 การกำหนดเดือน (Month Code: MC) ในรอบปี เป็น Binary Code 4 บิต

Month	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
MC1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
MC2	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
MC3	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
MC4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

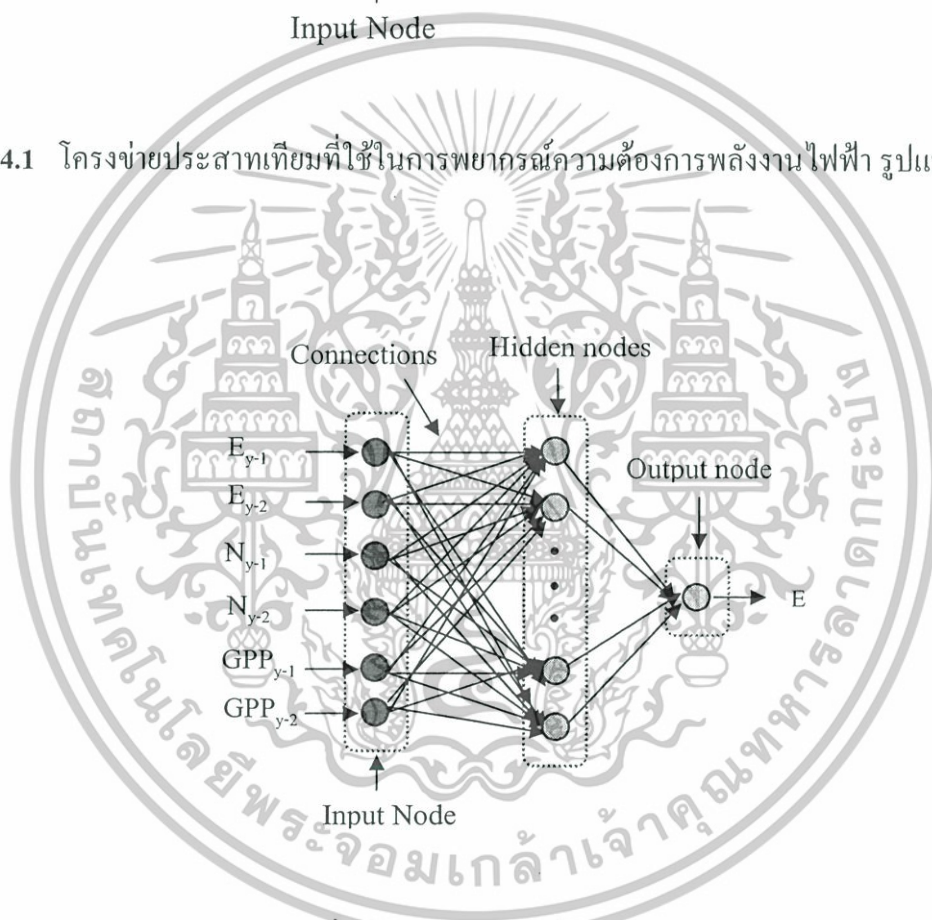
กำหนดให้

E	คือ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม
E_{y-1}	คือ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์
E_{y-2}	คือ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์
N_{y-1}	คือ	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์
N_{y-2}	คือ	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 ปี ของเดือนที่จะพยากรณ์
GPP_{y-1}	คือ	ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดย้อนหลัง 1 ปี ของปีที่จะพยากรณ์
GPP_{y-2}	คือ	ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดย้อนหลัง 2 ปี ของปีที่จะพยากรณ์
E_{m-1}	คือ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์
E_{m-2}	คือ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์
N_{m-1}	คือ	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 1 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์
N_{m-2}	คือ	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน ของเดือนที่จะพยากรณ์
MC1	คือ	Month Code ของเดือนที่จะพยากรณ์ บิตที่ 1
MC2	คือ	Month Code ของเดือนที่จะพยากรณ์ บิตที่ 2
MC3	คือ	Month Code ของเดือนที่จะพยากรณ์ บิตที่ 3
MC4	คือ	Month Code ของเดือนที่จะพยากรณ์ บิตที่ 4
T_{av}	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์
T_{avmax}	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์
T_{avmin}	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์
RH	คือ	ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนของเดือนที่จะพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

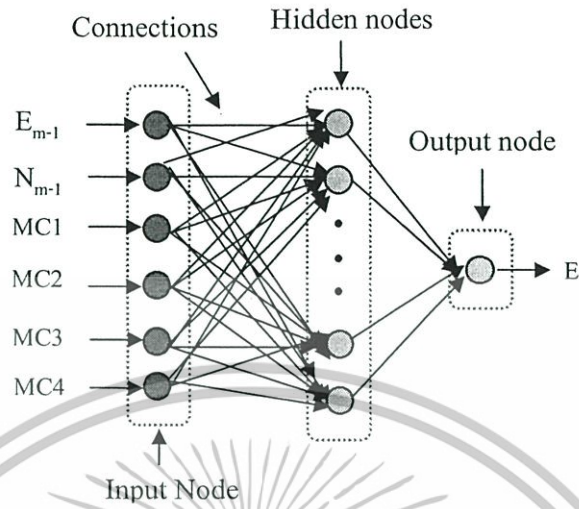


รูปที่ 4.1 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 1

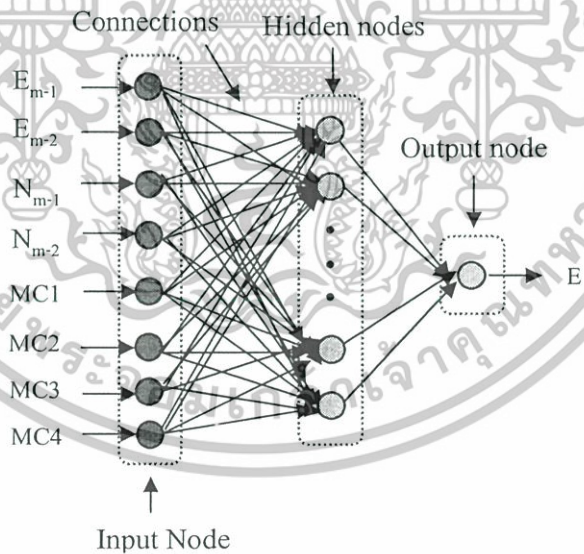


รูปที่ 4.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

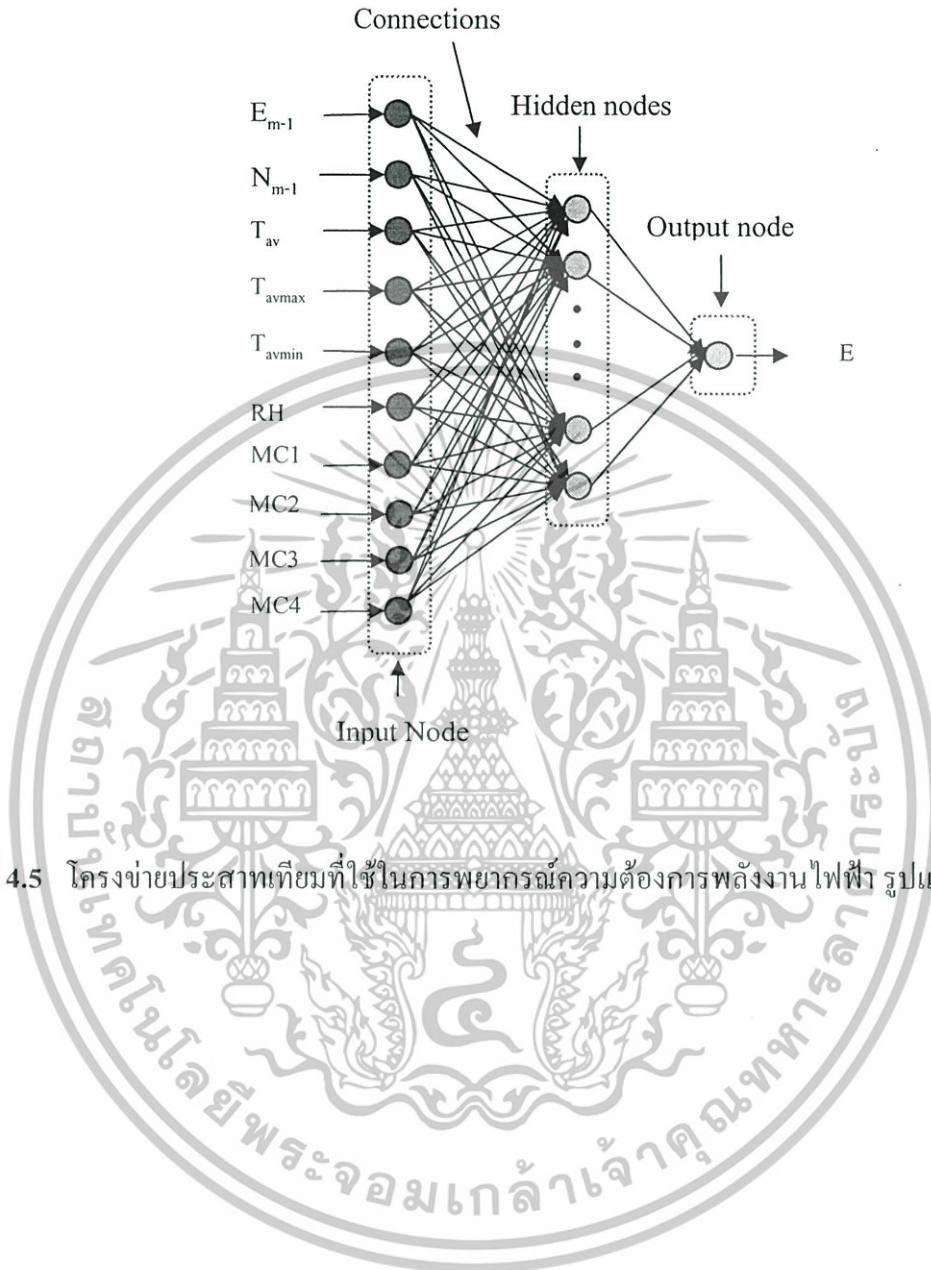


รูปที่ 4.3 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 3



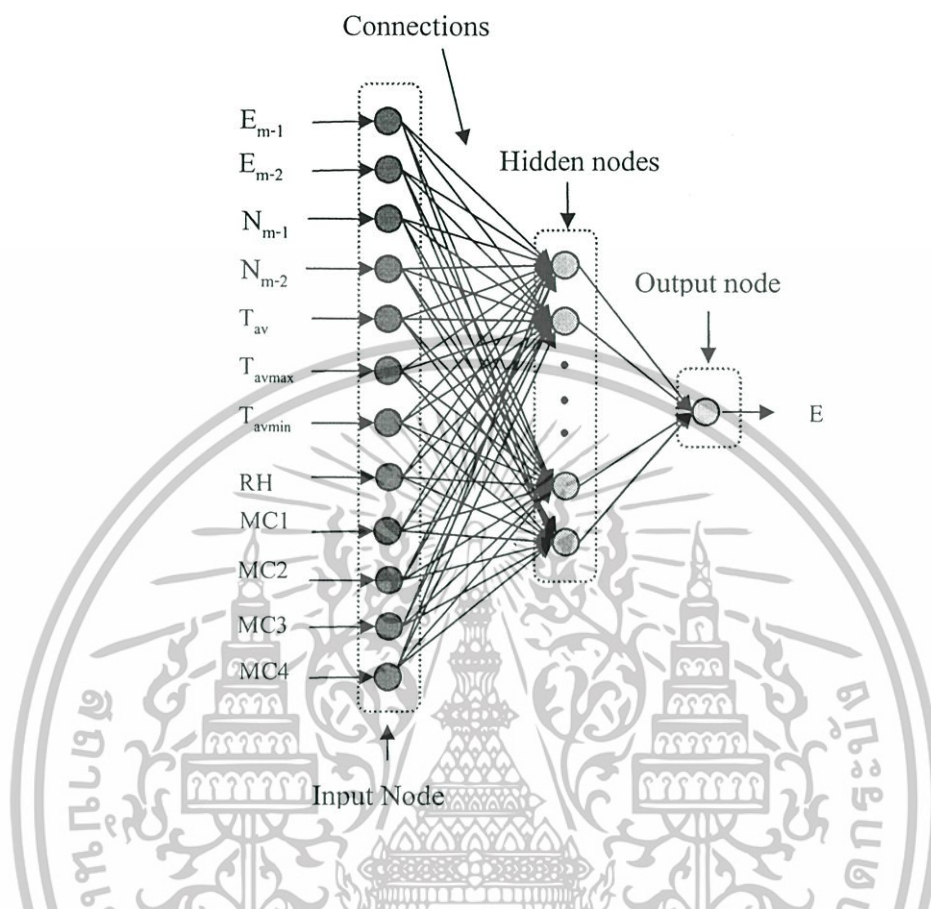
รูปที่ 4.4 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า รูปแบบที่ 6

4.5 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ [18-19]

การเลือกตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้ ของโครงข่ายประสาทเทียมจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อสนับสนุนให้เกิดความมั่นใจในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ว่าตัวแปรแต่ละตัวที่เลือกนำมาใช้นั้น มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ในการทดลองนี้ ได้ใช้โปรแกรม SPSS ในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination: R Square) เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรด้านอินพุตและเอาต์พุตมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด

4.5.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ จะเป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ ที่ตัวแปรอิสระ (X_1, X_2, \dots, X_k) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (Y) ได้ หรือกล่าวได้ว่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ เป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความแปรผัน Y ที่มีสาเหตุ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความแปรผันของ X_1, X_2, \dots และ X_k โดยที่สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ จะใช้สัญลักษณ์ $R^2_{Y.123\dots k}$ แต่โดยทั่วไปจะใช้สัญลักษณ์ R^2

$$r^2 = R^2 = \frac{\text{ความผันแปรของ } Y \text{ เนื่องจากอิทธิพลของ } X_1, X_2, \dots, X_k}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}} \quad (4.1)$$

โดยที่ $0 \leq R^2, r^2 \leq 1$

ถ้าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 จะหมายความว่า X_1, X_2, \dots, X_k มีความสัมพันธ์กับ Y มาก แต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 จะหมายความว่า X_1, X_2, \dots, X_k มีความสัมพันธ์กับ Y น้อย

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุนั้น จะใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรตาม 1 ตัว (Y) และตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (X_1, X_2, \dots, X_k) สามารถเขียนเป็นสมการถดถอย แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad (4.2)$$

โดยที่ β_0 คือ ส่วนตัดแกน Y เมื่อกำหนดให้ $X_1 = X_2 = \dots = X_k = 0$
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ เป็นสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient)

โดย β_i เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_i เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย โดยที่ตัวแปรอิสระ X ตัวอื่นมีค่าคงที่

e = ความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุคูณของข้อมูลที่ใช้พยากรณ์ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของโครงข่ายประสาทดัดแปลง รูปแบบที่ 1 ถึง รูปแบบที่ 6

MODEL	R	R SQUARE	ADJUSTED R SQUARE	R SQUARE CHANGE
1	0.9465	0.8958	0.8887	28.2119
2	0.9620	0.9254	0.9145	24.7365
3	0.8667	0.7512	0.7148	45.1725
4	0.8770	0.7691	0.7217	44.6169
5	0.9683	0.9376	0.9208	23.8089
6	0.9741	0.9488	0.9312	22.1780

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุคูณของข้อมูลที่ใช้พยากรณ์ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของโครงข่ายประสาทดัดแปลง รูปแบบที่ 1 ถึง รูปแบบที่ 6

MODEL	R	R SQUARE	ADJUSTED R SQUARE	R SQUARE CHANGE
1	0.9729	0.9466	0.9429	92.9359
2	0.9916	0.9833	0.9808	53.8550
3	0.9419	0.8872	0.8706	139.8987
4	0.9491	0.9008	0.8805	134.4825
5	0.9665	0.9341	0.9163	112.5602
6	0.9754	0.9514	0.9348	99.3197

4.6 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยโครงข่ายประสาทดัดแปลงแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks)

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทดัดแปลงแบบแพร่ย้อนกลับ แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยโครงข่ายประสาทดัดแปลงทั้ง 6 รูปแบบ ได้กำหนดข้อมูลในชุดฝึกสอนและชุดทดสอบมีอัตราส่วนเป็น 67:33 แบ่งเป็นชุดฝึกสอน 48 ชุด และชุดทดสอบ 24 ชุด ซึ่งแบ่งวิธีการฝึกสอนและการทดสอบ ออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- 1) สร้างโครงสร้างของโครงข่ายประสาทดัดแปลง
- 2) ฝึกสอนโครงข่ายประสาทดัดแปลง
- 3) การเปรียบเทียบผลเพื่อหาโครงข่ายประสาทดัดแปลงที่เหมาะสม

การเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทดัดแปลงว่าโครงข่ายใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดนั้นจะพิจารณาจากค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของชุดทดสอบ ถ้าโครงข่ายประสาทเทียมใดให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด แสดงว่าโครงข่ายประสาทเทียมโครงสร้างนั้น มีประสิทธิภาพดีที่สุด การหาค่า MAPE นั้นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Real\ Result_i - Obtained\ result_i}{Real\ Result_i} \right| \times 100\% \quad (4.3)$$

โดยที่ *Real Result* คือ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนที่ได้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
Obtained Result คือ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม
n คือ จำนวนชุดทดสอบ

4.6.1. โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

การวิจัยนี้ ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Feedforward Backpropagation Neural Networks) ที่มีจำนวน 1 ชั้นซ่อน โดยกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนตั้งแต่ 3 นิวรอนถึง 15 นิวรอน และใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนชนิด Log-Sigmoid ในชั้นซ่อน ส่วนในชั้นเอาต์พุทใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนชนิด Purelinear

4.6.2. การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

การวิจัยนี้ได้ทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Backpropagation Neural Networks โดยใช้วิธีของ Levenberg-Marquardt Algorithm ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบแอส ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 การฝึกสอนจะมีเงื่อนไขดังนี้

4.6.2.1. ค่าเริ่มต้นที่ใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าไบแอส (Bias)

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมในการวิจัยนี้ กำหนดให้ค่าเริ่มต้นที่ใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส จะทำการสุ่มเลือกโดยโปรแกรม

4.6.2.2. ลำดับขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส

ในการทดสอบ กำหนดให้มีการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบแอส เป็นจำนวน 3,000 ครั้ง (Epoch) โดยกำหนดให้มีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสด้วยจำนวนนี้ ในทุกการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสในแต่ละรอบนั้น จะคำนวณหาค่าผิดพลาดของคำตอบของข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลชุดทดสอบแต่ละชุด เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดยกกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) ของชุดข้อมูลทดสอบ ในรอบการคำนวณปัจจุบัน กับค่า MSE ของข้อมูลทดสอบที่ได้จากการคำนวณใน

รอบก่อนหน้านี้ และบันทึกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสในรอบที่ทำให้ค่า MSE ของข้อมูลชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด

4.6.2.3. จำนวนรอบของการฝึกสอน

เนื่องจากการวิจัยนี้ ได้ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบแอส เป็นจำนวน 3,000 ครั้ง เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสจนครบ 3,000 ครั้ง แล้วถือว่าเป็นหนึ่งรอบของการฝึกสอน หลังจากจบหนึ่งรอบของการฝึกสอนแล้ว จะทำการสุ่มค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้นใหม่ ซึ่งจะมีค่าต่างจากค่าเริ่มต้นที่ผ่านมา แล้วทำงานครบจำนวนรอบการฝึกสอนที่กำหนดไว้ โดยกำหนดให้แต่ละโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียมทำการฝึกสอนจำนวน 100 รอบ ต่อโครงข่าย ต่อจากนั้นจะเลือกรอบของการฝึกสอน ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด

4.6.2.4. เงื่อนไขการสิ้นสุดการฝึกสอน

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม และใช้กระบวนการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบแอส ด้วยวิธี Levenberg-Marquardt Algorithm [20] นั้น มีเงื่อนไขพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการสิ้นสุดการฝึกสอนดังนี้

- ค่า Gradient Factor เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาการสิ้นสุดของการฝึกสอน (ค่า g ในสมการที่ 2.10) ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสแต่ละรอบนั้น ค่า Gradient Factor จะเปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับค่าผิดพลาด (e) ที่เกิดขึ้นใน Epoch นั้น ๆ โดยการฝึกสอนจะสิ้นสุดลง เมื่อ Gradient Factor มีค่าน้อยกว่า e^{-10}

- ค่า Mu Factor ค่า μ หรือ Learning Factor ในสมการที่ 2.13 เป็นค่าคงที่เพื่อเร่งการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสให้ลู่เข้าหาคำตอบ การปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสแต่ละรอบนั้น ถ้าค่า Gradient Factor มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีการปรับค่า μ ให้เพิ่มขึ้น จนกระทั่งค่า Gradient Factor มีแนวโน้มลดลง จากนั้นค่า μ จะถูกปรับลดลงเรื่อย ๆ และมีการปรับเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อค่า Gradient Factor มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า μ เริ่มต้นจะมีค่าเท่ากับ 0.001 การปรับค่า μ เพิ่มขึ้นนั้น จะทำโดยการคูณด้วย Increased Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 และการปรับค่า μ ลดลงนั้น จะทำโดยการคูณด้วย Decreased Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1 และการฝึกสอนจะสิ้นสุดลง เมื่อค่า μ มีค่ามากกว่า e^{-10}

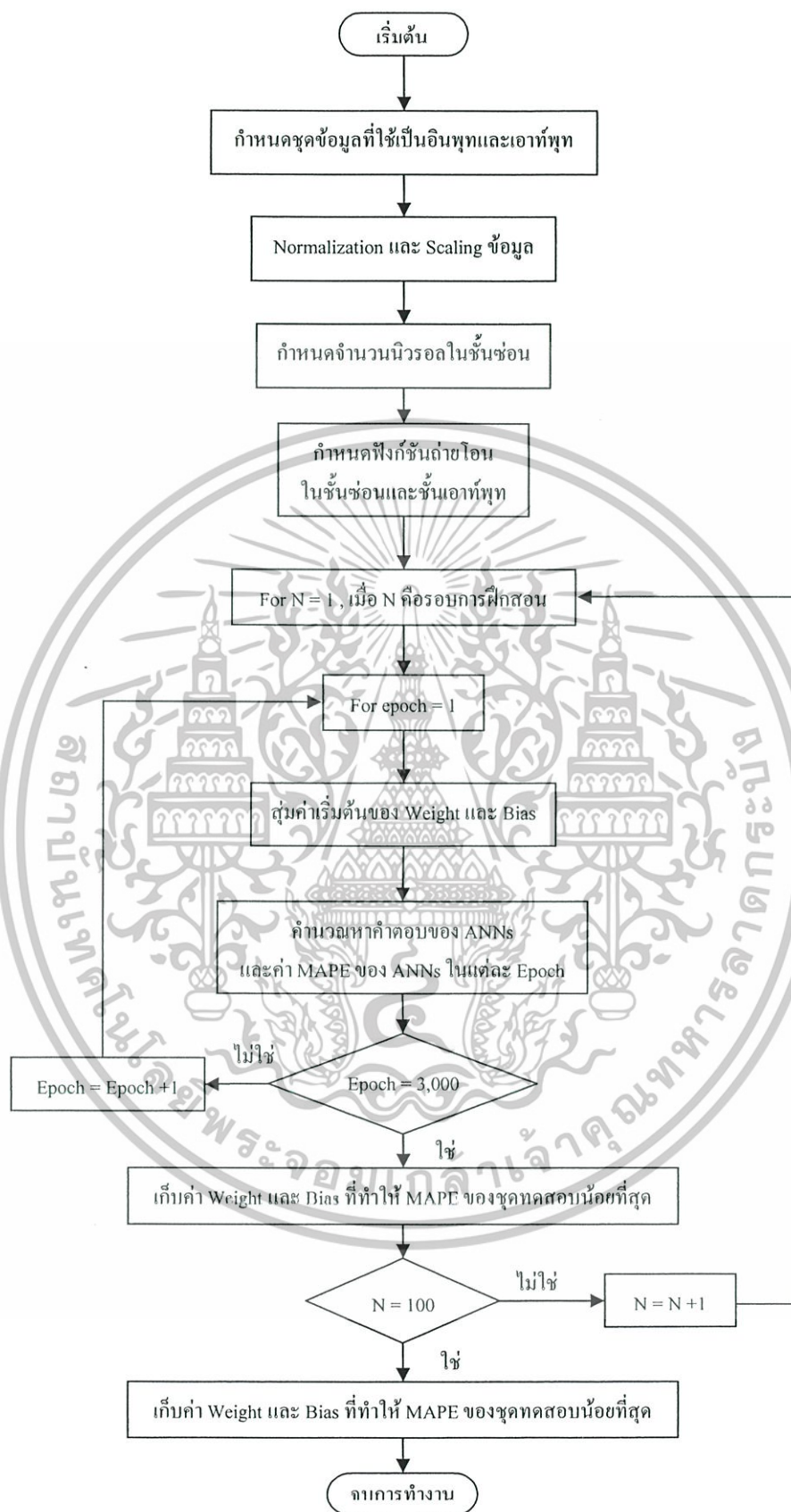
4.6.3. การเปรียบเทียบผลเพื่อหาโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

เมื่อได้ทำการฝึกสอนตามวิธีการดังกล่าวข้างต้นแล้ว และสิ้นสุดการฝึกสอนในแต่ละโครงข่ายก็จะทำการบันทึกค่า MAPE ของชุดทดสอบที่ดีที่สุดไว้ แล้วนำค่า MAPE ที่บันทึกไว้ไปเปรียบเทียบแต่ละโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อพิจารณาเลือกโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม โดยเลือกโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่า MAPE ต่ำสุด

4.6.4. สรุปขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Backpropagation Neural Networks สรุปได้ดังนี้

- 1) กำหนดข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียม
- 2) กำหนดชุดข้อมูลที่จะใช้เป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ
- 3) ทำการ Normalization และ Scaling ข้อมูล
- 4) กำหนดจำนวนนิวรอลเริ่มต้นของชั้นซ่อน (ตั้งแต่ 3 ถึง 15 นิวรอล)
- 5) เลือกฟังก์ชันถ่ายโอนที่จะใช้ในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต
- 6) กำหนดจำนวนรอบการฝึกสอน โดยให้แต่ละโครงสร้างทำการฝึกสอนจำนวน 100 รอบต่อโครงสร้าง และแต่ละรอบการฝึกสอนให้ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสทั้งหมด 3,000 ครั้ง (epoch)
- 7) เก็บบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้
 - ค่า MAPE ของชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ
 - เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนในแต่ละโครงสร้าง
 - ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าไบแอส (Bias)



รูปที่ 4.7 การทดสอบโดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ รูปแบบที่ 1 ถึง 6 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการวิจัยโครงข่ายประสาทเทียม

การวิจัย “การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม”
ใช้โปรแกรม “MATLAB” Version R2007a โดยปฏิบัติงานด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
ประสิทธิภาพ CPU Intel(R) Core(TM)2 Duo Processor 2.0 GHz หน่วยความจำ 1024 MB บน
OS (Operating System) Microsoft Windows Vista™ Business

5.1 ผลการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม

จากการพิจารณาการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมนั้น พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีการปรับปรุงค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Sum Squared Error) ให้มีค่าลดลงเข้าสู่ความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ โดยในช่วงเริ่มต้นของการเรียนรู้ ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยจะมีการลดลงอย่างรวดเร็ว และจะค่อยๆ ปรับเรียบลงในรอบการเรียนรู้ต่อไป

การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ได้ใช้การปรับค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ค่าคงที่ (μ) และค่าจาโคเบียนเมตริกซ์ของอนุพันธ์ค่าผิดพลาด เทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส ($J(w), J(b)$) เพื่อช่วยเร่งกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมให้รวดเร็วมากขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Backpropagation Neural Networks ในหลายรูปแบบและหลายโครงสร้าง

การทดสอบการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม โดยผลการทดสอบแยกออกเป็น 2 ชุด ตามพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (ภาคกลางและภาคเหนือ) และผลของการทดลองในการวิจัยนี้ จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม ในแต่ละรูปแบบและแต่ละโครงสร้าง ซึ่งมีความแตกต่างกันตามข้อมูลอินพุตที่ป้อนให้โครงข่ายประสาทเทียม และจำนวนนิรอรอลในชั้นซ่อน เพื่อหารูปแบบและโครงสร้างที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยพิจารณาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ที่มีค่าต่ำสุด ดังรายละเอียดในบทที่ 4

5.2 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารูปแบบที่ 1-6 ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยโครงข่ายประสาทดเทียม

การทดลองชุดที่ 1 เป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รูปแบบที่ 1-6 โดยในแต่ละรูปแบบได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างของโครงข่ายประสาทดเทียมที่แตกต่างกัน ตั้งแต่โครงสร้างเล็กไปสู่โครงสร้างใหญ่ โดยทำการเพิ่มจำนวนนิรอลในชั้นช้อน ตั้งแต่ 3 ถึง 15 นิรอล ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รายละเอียดดังตารางที่ 5.1-5.6

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทดเทียมที่เหมาะสม ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือ แต่ละรูปแบบ สรุปได้ดังนี้

รูปแบบที่ 1 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 5 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.9117 %

รูปแบบที่ 2 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 8 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.8674 %

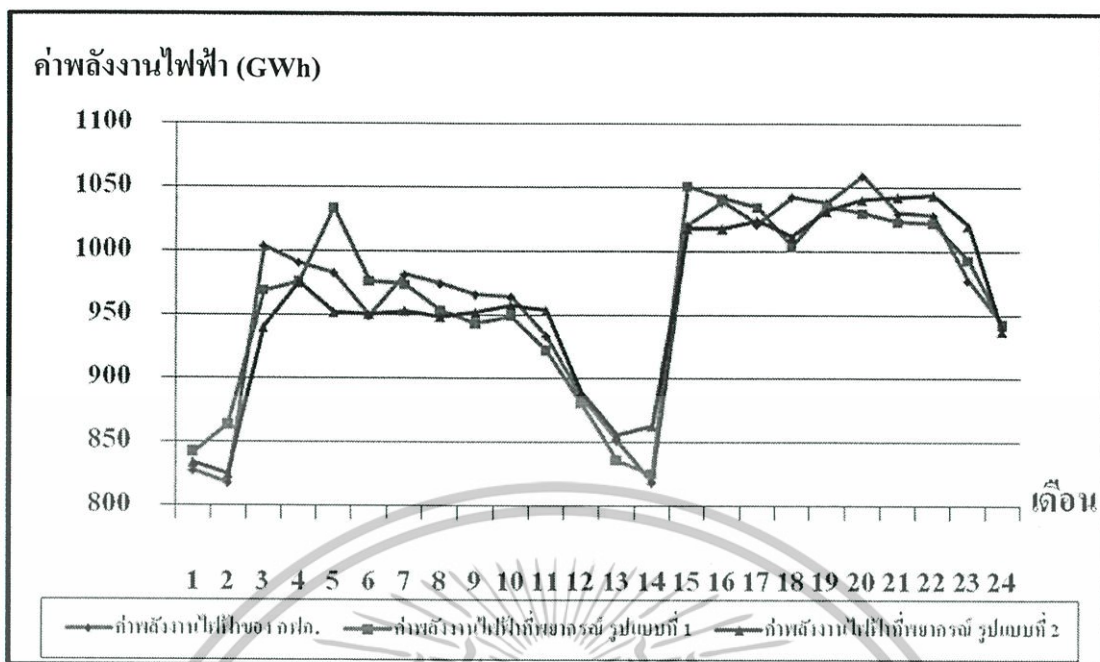
รูปแบบที่ 3 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 2.2320%

รูปแบบที่ 4 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.9603 %

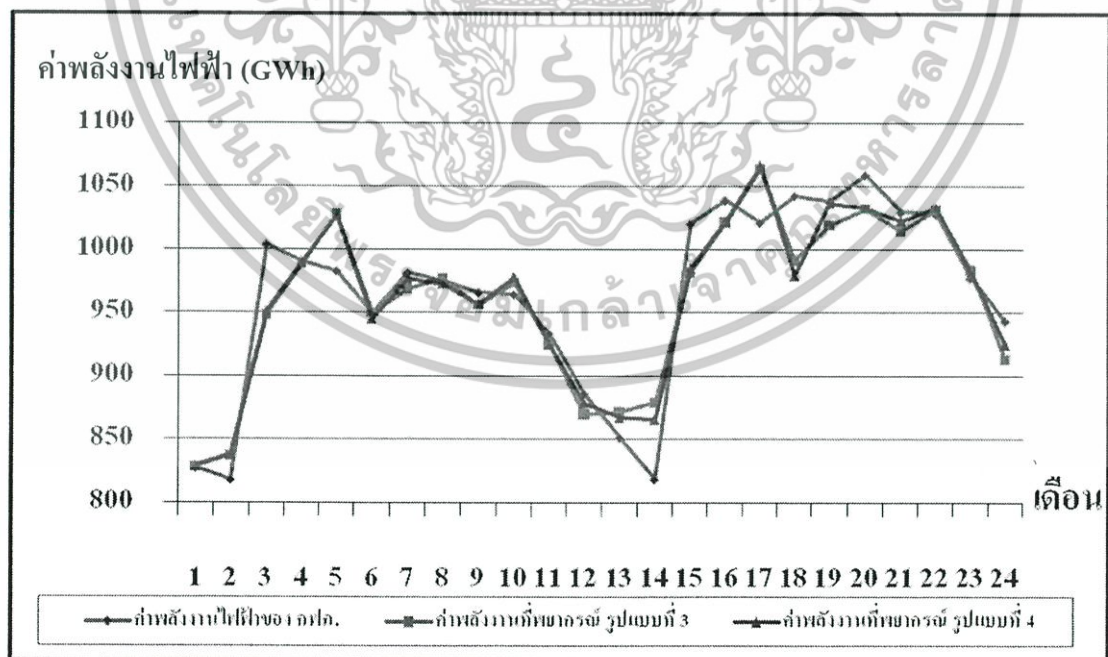
รูปแบบที่ 5 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.9142 %

รูปแบบที่ 6 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 5 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.8163 %

ตารางที่ 5.13-5.25 เป็นผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของชุดทดสอบในพื้นที่ภาคเหนือ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึงเดือนธันวาคม 2550 โดยใช้โครงข่ายประสาทดเทียมที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน ตั้งแต่ 3 นิรอล ถึง 15 นิรอล ทั้ง 6 รูปแบบ และนำผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทดเทียมที่มีโครงสร้างที่เหมาะสมทั้ง 6 รูปแบบ มาแสดงด้วยกราฟ ดังรูปที่ 5.1-5.3 เพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กับการพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทดเทียม

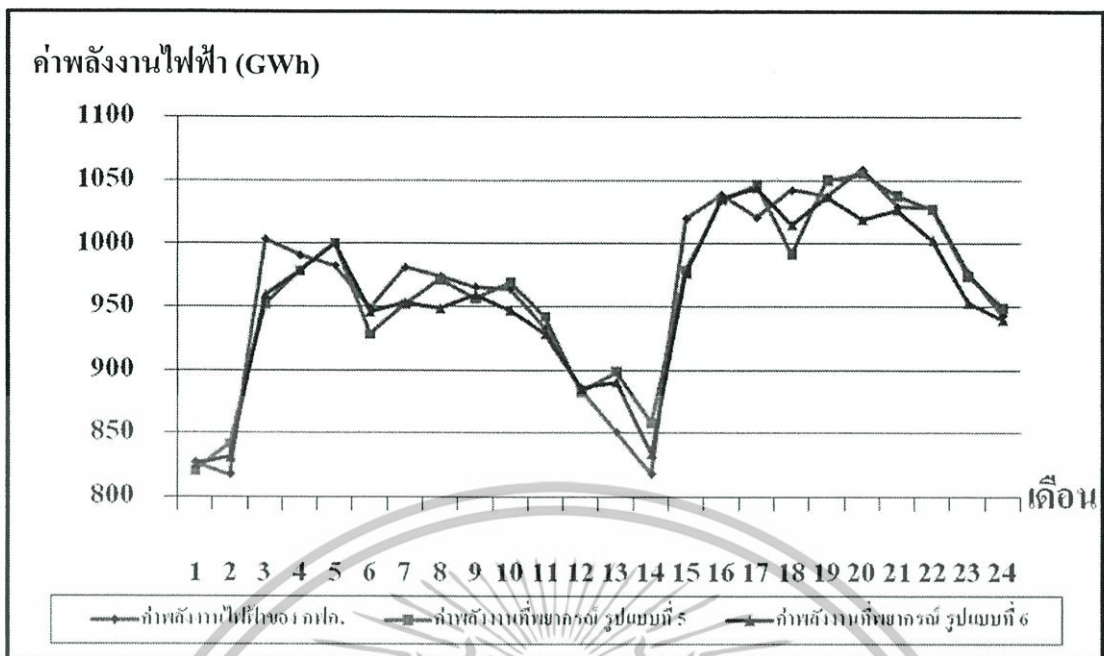


รูปที่ 5.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 1 และ 2 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือ



รูปที่ 5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 3 และ 4 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 5 และ 6 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือ

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รูปแบบที่ 1-6 โดยในแต่ละรูปแบบได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่แตกต่างกัน ตั้งแต่โครงสร้างเล็กไปสู่โครงสร้างใหญ่ โดยทำการเพิ่มจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน ตั้งแต่ 3 ถึง 15 นิวรอน ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รายละเอียดดังตารางที่ 5.7-5.12

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคกลาง แต่ละรูปแบบ สรุปได้ดังนี้

รูปแบบที่ 1 โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน เป็น 4 นิวรอน และจำนวนนิวรอนในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอน โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.3809 %

รูปแบบที่ 2 โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน เป็น 5 นิวรอน และจำนวนนิวรอนในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอน โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.1744 %

รูปแบบที่ 3 โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน เป็น 3 นิวรอน และจำนวนนิวรอนในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอน โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.3601 %

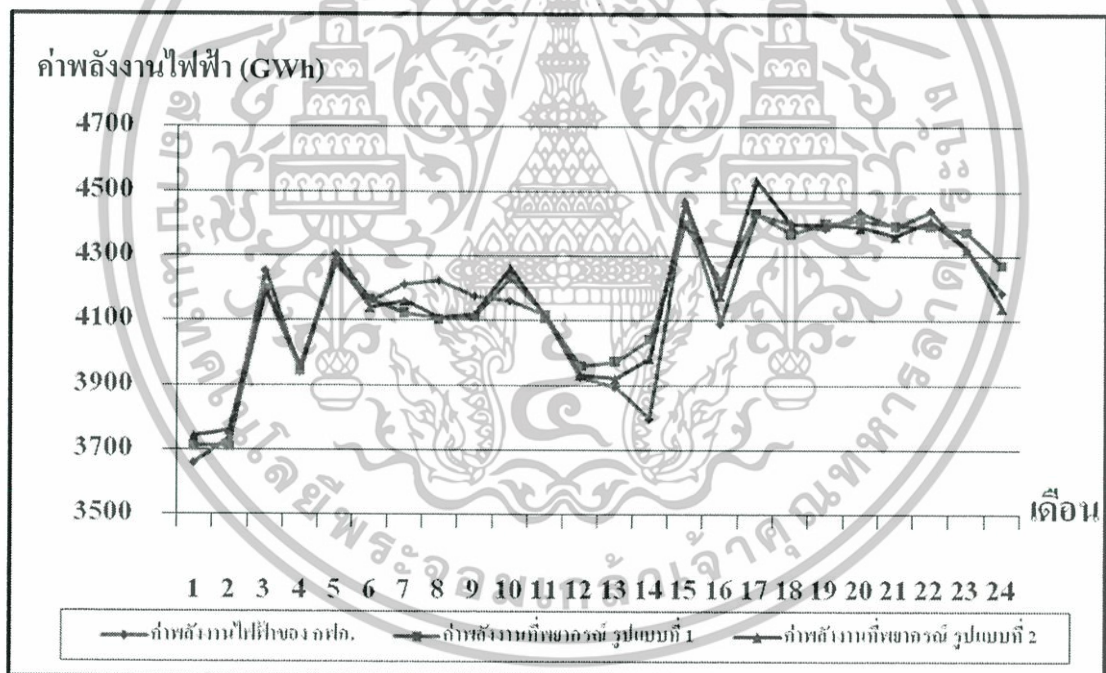
รูปแบบที่ 4 โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน เป็น 5 นิวรอน และจำนวนนิวรอนในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอน โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.3915 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

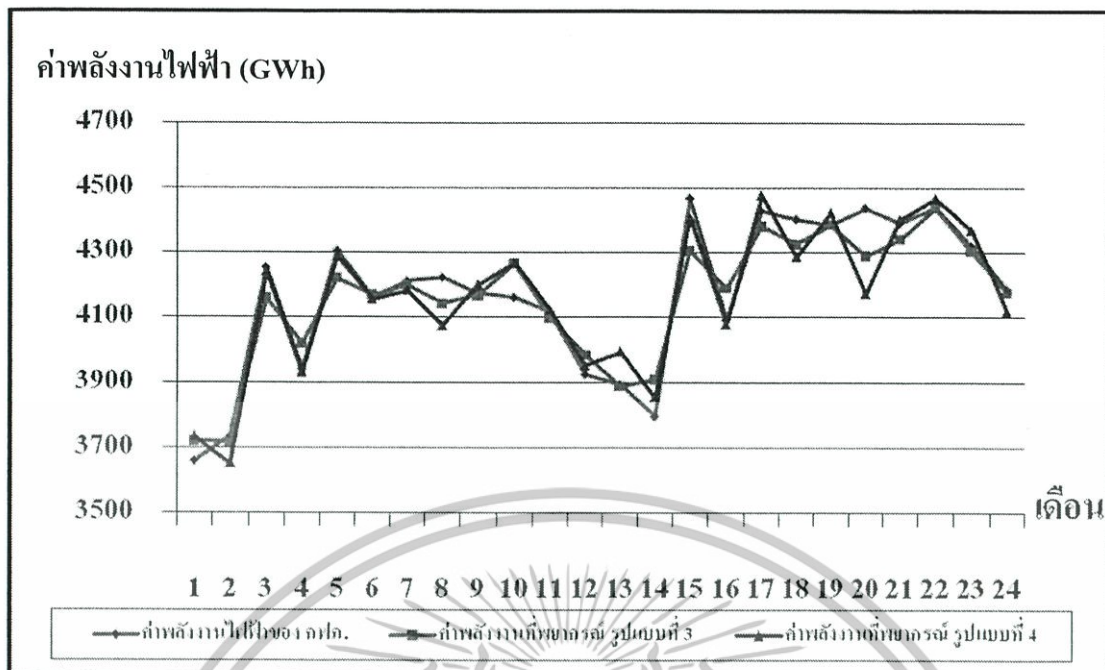
รูปแบบที่ 5 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 8 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.6047 %

รูปแบบที่ 6 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน เป็น 10 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.4204%

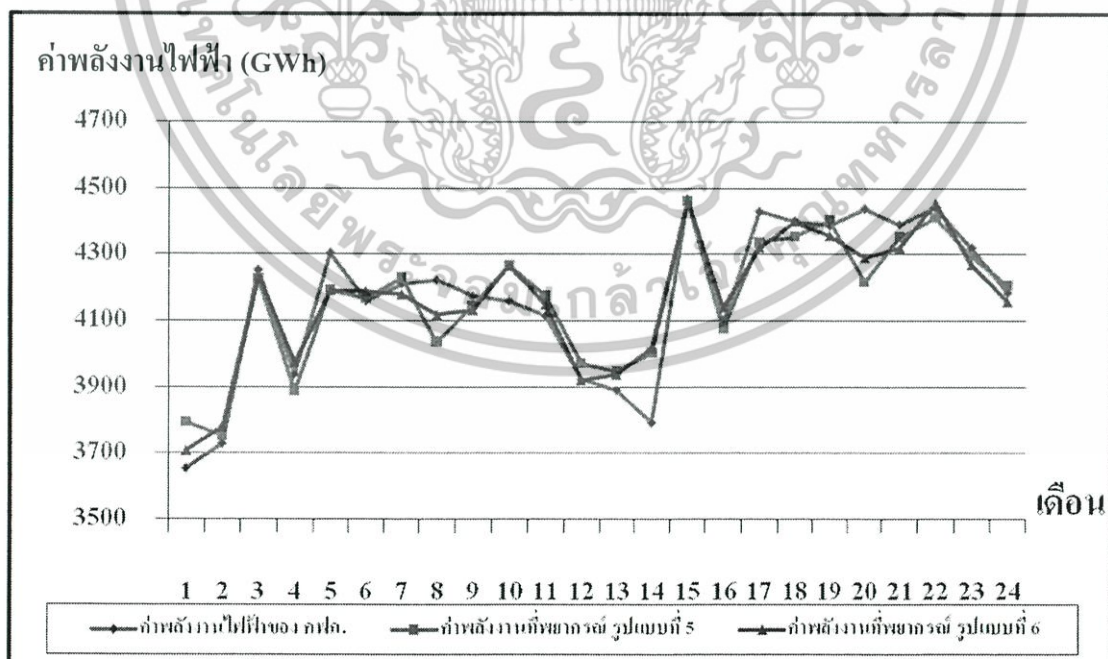
ตารางที่ 5.26-5.39 เป็นผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ของชุดทดสอบในพื้นที่ภาคกลาง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึงเดือนธันวาคม 2550 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช้อน ตั้งแต่ 3 นิรอล ถึง 15 นิรอล ทั้ง 6 รูปแบบ และนำผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างที่เหมาะสมทั้ง 6 รูปแบบ มาแสดงด้วยกราฟ ดังรูปที่ 5.4-5.6 เพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กับการพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 5.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 1 และ 2 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคกลาง



รูปที่ 5.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 3 และ 4 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคกลาง



รูปที่ 5.6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์รูปแบบที่ 5 และ 6 ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดแปลงแบบที่ 1

จำนวนนิรโรค ชั้นซ้อน	จำนวนนิรโรค ชั้นเอาท์พุท	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ (นาที)		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)		ค่า APE จากการทดสอบ (%)	
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	0.0791	6.5706	2.6570	0.0144	9.7585	2.1450
4	1	0.1014	5.1986	1.8754	0.1156	7.8584	2.1879
5	1	0.0325	4.9672	1.8731	0.0941	5.6096	1.9117
6	1	0.1536	14.3011	4.7281	0.0165	7.9770	2.2761
7	1	0.0039	5.2591	1.8727	0.3756	6.0232	1.9956
8	1	0.1306	9.1246	3.2870	0.0381	8.1120	2.4239
9	1	0.4339	11.7832	4.1678	0.0010	12.3251	2.3124
10	1	0.0705	5.2552	1.8166	0.0646	8.1581	2.2243
11	1	0.0102	5.9819	2.3999	0.1189	8.1180	2.1604
12	1	0.0776	5.9577	2.4332	0.1143	10.4708	2.3224
13	1	0.0350	6.0022	2.4622	0.1287	9.8508	2.4405
14	1	0.0281	9.1762	3.2358	0.1822	8.2897	2.4442
15	1	0.0412	6.1950	2.5396	0.0807	6.8786	2.5233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดเทียม รูปแบบที่ 2

จำนวนนิเวศ ชั้นซ้อน	จำนวนนิเวศ ชั้นเอาท์พุท	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
		(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
3	1	43.6108	0.0185	9.5779	2.8375	0.0281	7.3447	2.2024	
4	1	47.2112	0.2803	11.6163	4.1137	0.1395	9.3008	2.5718	
5	1	48.3230	0.0150	4.1675	1.6034	0.0337	10.0848	2.1964	
6	1	43.2328	0.0816	4.2967	1.5847	0.0501	11.0096	2.2595	
7	1	11.2692	0.0156	4.5666	1.5047	0.0266	10.6814	1.9557	
8	1	6.6677	0.0448	4.5384	1.4872	0.1661	6.3208	1.8674	
9	1	6.2987	0.0300	4.8466	1.5288	0.0666	12.6203	2.3064	
10	1	5.8407	0.0274	10.6008	3.8123	0.2468	8.3577	2.6111	
11	1	6.0717	0.0132	9.3745	3.1558	0.1868	8.6191	2.5407	
12	1	6.3049	0.0129	10.2987	3.9250	0.0222	9.9436	3.0384	
13	1	5.5658	0.1652	8.7462	3.1895	0.0769	8.4079	2.7180	
14	1	6.4368	0.0699	4.3472	1.5785	0.0733	9.7027	2.6612	
15	1	6.3411	0.0471	4.6670	1.4784	0.5106	6.2354	2.7776	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดแปลงรูปแบบที่ 3

จำนวนนิเวศ	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)		ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
	จำนวนชั้น	(นาที)	ต่ำสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	เฉลี่ย	
3	1	22.3886	0.0367	4.4027	0.1243	7.4454	2.2320
4	1	31.4592	0.1001	3.9870	0.0719	6.2262	2.3674
5	1	32.0749	0.0830	7.9658	0.1853	6.0275	2.2999
6	1	34.2108	0.0737	3.8166	0.0243	7.9570	2.4827
7	1	4.3012	0.0185	5.3345	0.0404	7.6617	2.4399
8	1	2.7739	0.0502	4.9147	0.0262	6.8734	2.4361
9	1	2.1645	0.0441	3.5302	0.0154	8.4105	2.7633
10	1	1.9646	0.0210	5.2655	0.0817	7.4439	2.7775
11	1	1.8975	0.0046	7.0056	0.1103	7.3330	2.7306
12	1	1.8520	0.0547	5.8477	0.0552	7.8202	2.7273
13	1	1.8406	0.0679	13.2292	0.1931	7.2543	2.6245
14	1	1.9144	0.1529	6.1938	0.0835	8.3371	2.7053
15	1	1.9593	0.1885	9.2062	0.0761	8.0123	2.8840

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่จำกัดสิทธิ์อื่น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดแปลงรูปแบบที่ 4

จำนวนนิวรอน	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)				ค่า APE จากการทดสอบ (%)			
	ชั้นซ่อน	ชั้นเอาต์พุต	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	26.8495	0.0427	1.3181	3.4862	0.1285	6.0996	1.9603		
4	1	33.4102	0.0394	1.9026	7.0171	0.2587	5.8593	2.1109		
5	1	26.6960	0.0403	3.8210	13.2377	0.0685	8.6399	2.3868		
6	1	3.3478	0.0335	2.4076	9.1455	0.0050	6.0688	2.2628		
7	1	2.0668	0.0706	2.1873	6.2873	0.0656	6.4948	2.3956		
8	1	1.7064	0.0173	2.4650	9.4433	0.0341	7.1297	2.4974		
9	1	1.5990	0.0104	2.4614	6.2229	0.0295	7.8145	2.8950		
10	1	1.4399	0.0464	3.6406	11.3977	0.0320	9.8127	2.8112		
11	1	1.3312	0.1934	2.4114	7.0189	0.0670	7.7786	2.6890		
12	1	1.3336	0.0650	3.5103	10.6597	0.0809	8.4679	2.9278		
13	1	1.3998	0.0182	1.9778	9.0616	0.0216	10.3363	2.5960		
14	1	1.2956	0.1925	2.1928	9.8118	0.2225	7.7860	2.8894		
15	1	1.3:33	0.1576	2.6956	9.3172	0.0004	7.4241	2.4217		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 5

จำนวนนิเวศ ชั้นซ่อน	จำนวนนิเวศ ชั้นเอาต์พุท	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ (นาที)	ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
			ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	31.2724	0.0507	3.8508	1.0921	0.0944	5.6036	1.9142
4	1	30.4078	0.0116	3.3916	0.8317	0.0130	7.0980	2.0441
5	1	2.6957	0.0298	3.4081	0.8593	0.1158	6.9124	2.2389
6	1	2.1767	0.0584	3.2731	0.8223	0.0413	5.9850	2.2969
7	1	1.6983	0.0592	2.8184	0.9849	0.0908	5.4584	2.1368
8	1	1.5772	0.0320	6.1305	1.9614	0.1608	6.7224	2.3335
9	1	1.5454	0.0066	6.5896	2.1631	0.1620	5.6219	2.1810
10	1	1.5420	0.0379	3.3851	1.4520	0.0128	5.9512	2.2744
11	1	1.5766	0.0132	3.5063	0.9664	0.0081	6.2038	2.2357
12	1	1.5083	0.0442	3.4998	1.1488	0.0346	5.8593	2.0754
13	1	1.6234	0.0539	3.2145	0.9299	0.2727	4.1404	2.2752
14	1	1.6169	0.0664	4.7483	1.9521	0.0207	6.3540	1.9698
15	1	1.5644	0.0241	6.6974	2.1949	0.0762	5.0119	2.2755

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 6

จำนวนนิเวศ ชั้นซ้อน	จำนวนนิเวศ ชั้นเอกที่พบ	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ (นาที)	ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
			ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	34.5335	0.0006	2.7612	0.7807	0.0849	7.9377	2.0241
4	1	5.1556	0.0072	3.2574	0.8526	0.0088	5.2851	2.0312
5	1	1.9794	0.0041	3.0814	0.8285	0.0264	4.6388	1.8163
6	1	1.7243	0.0161	3.4591	0.8879	0.0383	5.8109	2.3008
7	1	1.4381	0.0846	2.9786	1.1626	0.2150	7.2250	2.4160
8	1	1.4272	0.0073	3.7139	0.9829	0.2351	6.1111	2.1725
9	1	1.3747	0.0246	3.4979	1.0446	0.0025	5.1751	2.2417
10	1	1.3174	0.0357	4.8040	2.0428	0.0308	7.3719	2.5034
11	1	1.3419	0.0031	6.8017	3.1528	0.0761	5.8764	2.1004
12	1	1.2784	0.0706	5.0942	1.7967	0.0099	6.1261	2.6110
13	1	1.3283	0.0344	7.6812	2.8434	0.0824	7.6731	2.2238
14	1	1.3570	0.0479	6.4301	2.6061	0.0281	6.2721	2.4240
15	1	1.4140	0.0931	4.8541	2.1664	0.0250	7.7940	2.4715

ตารางที่ 5.7 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดเทียม รูปแบบที่ 1

จำนวนนิเวศ ชั้นซ้อน	จำนวนนิเวศ ชั้นเอาต์พุท	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ (นาที)	ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)		ค่า APE จากการทำทดสอบ (%)		
			ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	30.1153	0.0431	8.0969	0.1694	6.5164	1.5743
4	1	34.8314	0.0322	3.9521	0.0446	6.5484	1.3809
5	1	42.1691	0.0149	3.7124	0.0224	6.7113	1.5106
6	1	43.7260	0.0024	3.1303	0.1358	5.5778	1.3844
7	1	44.1129	0.0409	3.4693	0.0748	7.4480	1.6466
8	1	45.0309	0.0244	2.6593	0.0408	6.3338	1.5449
9	1	46.7407	0.0134	3.1884	0.0042	4.4585	1.5237
10	1	44.3784	0.0268	3.3885	0.0980	4.9696	1.5554
11	1	30.4554	0.0370	3.1128	0.0098	5.5432	1.4128
12	1	22.1221	0.0063	3.1768	0.1601	3.9034	1.3888
13	1	20.6461	0.0508	-2.9247	0.1044	4.3375	1.4484
14	1	20.2563	0.0179	3.1000	0.0137	3.8028	1.4948
15	1	19.7730	0.0198	2.9793	0.1265	4.8112	1.5803

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทยืดหยุ่น รูปแบบที่ 2

จำนวนนิเวศ ชั้นซ้อน	จำนวนนิเวศ ชั้นเอกที่พุก	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
		(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
3	1	37.1480	0.0227	4.3679	1.3194	0.0122	4.9663	1.3018	
4	1	42.0394	0.0486	4.6349	1.4083	0.0146	4.9845	1.3589	
5	1	43.9156	0.0261	4.8821	1.4928	0.0119	4.9494	1.1744	
6	1	43.0149	0.0278	4.8996	1.5770	0.0067	4.5322	1.2712	
7	1	17.6145	0.0460	4.8603	1.5163	0.0368	5.4229	1.2723	
8	1	11.6823	0.0740	4.9823	1.6246	0.2347	4.8427	1.3144	
9	1	10.8170	0.0167	4.7290	1.4438	0.1002	3.7293	1.3301	
10	1	10.2112	0.0756	3.9039	1.2996	0.0002	4.6029	1.4276	
11	1	9.9806	0.0690	4.6662	1.4425	0.0497	4.9632	1.3477	
12	1	9.8509	0.0046	4.6865	1.3870	0.1533	5.0682	1.2768	
13	1	13.9912	0.0433	4.2249	1.3099	0.0527	5.1768	1.2713	
14	1	14.2308	0.0017	5.0932	1.7424	0.0411	4.7633	1.2864	
15	1	13.0576	0.0250	6.6603	2.2415	0.0601	4.6250	1.3239	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 3

จำนวนมิวรอด	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)		ค่า APE จากการทดสอบ (%)			
	ชั้นซ่อน	ชั้นเอาต์พุท	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	13.7544	0.0144	2.8270	1.1375	0.0125	3.6432	1.3601
4	1	36.8578	0.0774	2.9831	1.0796	0.1163	3.8863	1.4603
5	1	41.7978	0.0769	3.1656	1.0518	0.0201	6.7946	1.3718
6	1	37.2209	0.0050	3.4523	1.1112	0.0838	5.1250	1.4092
7	1	5.7240	0.0247	3.1507	1.0413	0.0349	4.8436	1.4220
8	1	3.8867	0.1061	2.7970	1.0560	0.0150	4.6158	1.4979
9	1	3.4230	0.0397	2.8554	1.0263	0.0126	5.4697	1.4291
10	1	3.4504	0.0044	3.0298	1.0380	0.0733	5.7640	1.4981
11	1	3.0857	0.0006	3.3603	1.0625	0.0077	5.6611	1.5006
12	1	2.9302	0.0258	5.0893	1.4075	0.0328	4.3617	1.6215
13	1	2.9138	0.0133	3.0827	1.0642	0.0673	3.6949	1.5862
14	1	2.8454	0.0027	2.6186	1.0304	0.0317	5.9225	1.6655
15	1	2.8829	0.0120	5.9728	1.9942	0.2222	4.3786	1.5344

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่การณ้ใดๆทั้งสั้ง อักทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดแปลงเพิ่มเติม รูปแบบที่ 4

จำนวนนิเวศ ชั้นซ้อน	จำนวนนิเวศ ชั้นเอ้าท์พุท	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
		(นาที)	(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	1	31.3781	31.3781	0.0029	3.3232	1.0618	0.0320	3.6005	1.4236
4	1	38.3393	38.3393	0.0261	3.6302	1.3332	0.0192	4.6376	1.5095
5	1	25.5190	25.5190	0.0647	4.9378	1.1185	0.0931	6.0007	1.3915
6	1	4.0732	4.0732	0.0663	2.8680	1.2577	0.1735	4.1428	1.4782
7	1	2.8272	2.8272	0.0456	3.1670	1.0151	0.1094	4.3972	1.5198
8	1	2.4955	2.4955	0.0373	2.7352	0.9866	0.1853	4.1755	1.5114
9	1	2.2053	2.2053	0.0042	3.6356	1.0743	0.0608	5.4218	1.5124
10	1	2.0475	2.0475	0.0327	3.0362	1.0602	0.0519	5.1016	1.4620
11	1	1.9692	1.9692	0.0176	3.3257	1.3186	0.0684	5.2962	1.5385
12	1	1.9578	1.9578	0.0082	2.5227	0.9526	0.1443	5.1141	1.6006
13	1	1.9557	1.9557	0.0005	2.4363	0.9726	0.3077	6.2126	1.6520
14	1	1.8910	1.8910	0.0202	2.8231	0.9550	0.2044	6.4109	1.6939
15	1	1.8512	1.8512	0.0076	3.5232	1.1119	0.0494	4.9754	1.4015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.11 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดแปลงรูปแบบที่ 5

จำนวนนิรโรค ชั้นช้อน	จำนวนนิรโรค ชั้นเอาท์พุท	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้		ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทำทดสอบ (%)		
		(นาที)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เฉลี่ย	
3	1	21.0961	0.0151	2.8824	0.7620	0.1145	6.3817	1.8390	
4	1	26.5960	0.0524	2.3468	0.8414	0.0269	6.6656	1.6972	
5	1	2.5836	0.0102	2.2826	0.7844	0.0353	4.3380	1.8485	
6	1	1.8158	0.0042	3.4964	1.0753	0.0537	5.6896	1.6851	
7	1	1.7056	0.0550	3.6598	1.1059	0.1145	5.4811	1.7124	
8	1	1.6021	0.0002	2.2319	0.8684	0.1380	5.5205	1.6047	
9	1	1.6208	0.0142	2.3142	0.9185	0.0695	5.5324	1.7227	
10	1	1.5460	0.0027	2.3805	0.6890	0.0791	7.7056	1.6681	
11	1	1.5868	0.0147	2.2782	0.9153	0.0404	8.2345	1.6898	
12	1	1.5254	0.0214	3.4222	1.3683	0.0054	6.9806	1.8033	
13	1	1.5137	0.0331	2.2278	0.6347	0.1142	6.7075	1.9436	
14	1	1.6414	0.0134	4.3360	1.5679	0.1250	9.5540	1.9214	
15	1	1.7732	0.1181	5.1492	2.1452	0.1090	8.6668	1.8039	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ทำกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 6

จำนวนนิวรอน	เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ (นาที)	ค่า APE จากการเรียนรู้ (%)			ค่า APE จากการทดสอบ (%)		
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
3	31.7791	0.0135	2.2082	0.9519	0.0197	4.7575	1.5150
4	4.9297	0.0245	2.0856	0.5211	0.0473	4.8544	1.7053
5	2.0604	0.0149	3.4382	1.3884	0.0053	5.7389	1.8219
6	1.4808	0.0042	2.5179	0.7113	0.0060	5.4558	1.8257
7	1.4554	0.0274	3.9328	1.3858	0.2080	5.1290	1.7624
8	1.2578	0.0059	2.2913	0.7290	0.0045	5.7858	1.7325
9	1.2436	0.0121	2.0428	0.5888	0.0736	7.2725	1.7158
10	1.0935	0.0099	2.7419	0.8602	0.0837	5.8629	1.4204
11	1.1530	0.0650	2.6831	0.8946	0.4804	4.9368	1.8956
12	1.2227	0.0115	2.1488	0.6700	0.0037	7.0517	1.6660
13	1.1975	0.0545	2.8182	0.9186	0.0264	7.7391	1.8070
14	1.1447	0.0188	8.3742	2.9199	0.2421	5.5356	1.7699
15	1.2192	0.0112	2.5089	0.7590	0.0538	6.7583	1.6356

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.13 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 3 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.6738	0.2666	0.1516	0.2069	0.7749	0.8608	ม.ค.50	1.3513	2.6155	2.4220	1.8434	5.6036	7.4108
ก.พ.49	0.7238	0.6849	2.3622	2.4163	2.9599	1.6959	ก.พ.50	1.2000	7.3447	7.4453	5.7587	4.9602	2.7177
มี.ค.49	4.7194	4.5786	5.4987	5.2801	5.1332	3.9781	มี.ค.50	4.7618	0.0281	3.7481	3.4333	4.0102	0.6942
เม.ย.49	1.8240	0.4115	0.2265	0.1285	1.2597	1.1408	เม.ย.50	1.8164	1.8777	1.6810	1.6309	0.4483	1.4789
พ.ค.49	9.7585	4.7509	4.6217	4.5115	1.8044	0.3010	พ.ค.50	2.9199	3.1458	4.1977	4.4215	2.5085	0.8618
มิ.ย.49	4.0233	0.2032	0.1243	0.4474	2.1748	7.0185	มิ.ย.50	2.7150	3.5294	4.8775	6.0996	4.8899	7.9377
ก.ค.49	0.9635	1.5498	1.2698	0.4578	3.0070	3.3054	ก.ค.50	1.5662	1.8202	1.8149	0.1626	1.1560	0.5128
ส.ค.49	1.1635	2.0651	0.3006	0.1857	0.2866	0.6770	ส.ค.50	1.0273	5.0012	2.4915	2.5061	0.4019	0.0849
ก.ย.49	1.4296	1.3458	1.0315	0.9588	0.9993	0.5210	ก.ย.50	1.0718	3.0775	1.4753	0.6744	0.7811	1.8146
ต.ค.49	0.4149	0.4552	0.9965	1.4045	0.5331	0.1590	ต.ค.50	1.1722	2.5133	0.3667	0.4460	0.0944	0.2970
พ.ย.49	0.0287	1.0717	0.7608	0.9121	0.9082	0.3663	พ.ย.50	2.8946	0.1779	0.6883	0.3002	0.2840	2.8773
ธ.ค.49	1.2456	2.9370	1.7937	0.8263	0.3384	0.4849	ธ.ค.50	0.0144	1.4064	3.2216	2.0357	0.6229	1.3818
(MAPE) %													
								2.1450	2.2024	2.2320	1.9603	1.9142	2.0241

ตารางที่ 5.14 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 4 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่										
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	0.2402	3.4856	0.0719	0.6805	1.8312	0.0414	ม.ค.50	3.2952	4.7260	2.4694	1.4108	7.0980	4.0784					
ก.พ.49	4.0242	4.2073	1.4667	1.1261	2.5880	0.7819	ก.พ.50	0.5972	9.3008	5.2693	3.1556	5.2253	1.8854					
มี.ค.49	2.7781	3.3369	5.4594	5.8593	3.2983	5.0009	มี.ค.50	5.7015	0.2089	4.4965	5.5834	1.2089	4.6471					
เม.ย.49	0.5562	0.4640	0.9573	0.5950	0.5556	2.8491	เม.ย.50	2.1388	2.1306	0.8259	1.9408	1.6291	2.2389					
พ.ค.49	7.8584	5.2636	5.4716	2.6035	3.1717	2.3400	พ.ค.50	2.8825	2.5309	5.4712	2.5961	3.4484	1.0599					
มิ.ย.49	3.8987	1.3490	1.3101	2.6184	1.4253	1.9901	มิ.ย.50	3.8053	3.8480	6.2262	2.9865	3.3291	5.2851					
ก.ค.49	0.1156	0.6959	0.8949	0.8762	3.1840	2.8889	ก.ค.50	1.3114	2.3257	1.1946	1.4867	0.0130	1.2827					
ส.ค.49	1.7955	1.1839	0.4528	0.4132	1.8144	0.9756	ส.ค.50	1.5695	5.4726	3.5377	5.2454	1.5706	3.0104					
ก.ย.49	2.2702	0.4814	0.5266	0.2846	0.4617	0.8110	ก.ย.50	0.1831	3.5744	1.1121	1.6506	1.1330	0.7784					
ต.ค.49	1.4042	0.1773	0.2153	1.8847	1.2902	0.0088	ต.ค.50	0.1737	3.1330	0.8446	4.2108	1.7707	1.6001					
พ.ย.49	1.4340	0.1395	0.5164	0.2587	0.0590	0.6151	พ.ย.50	1.0396	0.7247	1.1199	0.3290	2.5348	2.5017					
ธ.ค.49	1.1650	1.3368	2.5398	0.5977	0.2133	0.9489	ธ.ค.50	2.2714	1.6261	4.3684	2.2685	0.2058	1.1292					
(MAPE) %													2.1879	2.5718	2.3674	2.1109	2.0441	2.0312

ตารางที่ 5.15 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 5 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	1.8190	0.0337	0.4823	2.5337	0.5360	0.1639	ม.ค.50	1.8111	0.9700	1.0403	5.4033	6.9124	4.6388
ก.พ.49	5.6096	2.1053	1.0567	5.6225	3.1354	1.6312	ก.พ.50	0.8704	5.0701	4.9168	8.6399	4.2002	1.9565
มี.ค.49	3.4261	4.1975	5.4806	2.0014	3.6120	4.3786	มี.ค.50	3.0382	0.3922	3.8470	0.7408	2.6564	4.2548
เม.ย.49	1.4964	2.4339	0.4565	1.1162	1.9693	1.2301	เม.ย.50	0.2051	0.6450	0.7378	0.1927	0.1927	0.2672
พ.ค.49	5.1729	0.0625	6.0234	2.5611	1.8685	1.7859	พ.ค.50	1.3305	10.0848	6.0275	4.0572	2.0966	2.2681
มิ.ย.49	2.8934	3.0845	1.7144	2.4824	1.2934	0.3208	มิ.ย.50	3.7533	1.3452	4.3650	7.8183	3.4089	2.6557
ก.ค.49	0.7523	3.7806	1.6084	0.1865	3.2028	2.8981	ก.ค.50	0.2271	0.6274	0.3140	0.9304	0.1158	0.1146
ส.ค.49	2.1290	2.8105	1.0437	0.0685	2.5974	2.6636	ส.ค.50	2.7397	4.3785	5.9062	2.0241	3.8313	3.7568
ก.ย.49	2.3703	1.1943	0.8627	2.3913	0.6504	0.6566	ก.ย.50	0.6304	2.3063	2.4010	1.8767	0.5927	0.2639
ต.ค.49	1.5867	1.0279	1.3607	0.7607	1.6474	1.7642	ต.ค.50	0.5786	1.4917	0.6928	1.2847	3.0777	2.4768
พ.ย.49	1.1678	0.4153	0.6905	0.5558	0.2208	0.5114	พ.ย.50	1.6538	1.6894	0.1853	0.2708	3.6390	2.4814
ธ.ค.49	0.5243	0.8694	1.2973	0.2733	0.8443	0.0264	ธ.ค.50	0.0941	1.6978	1.4652	2.9447	1.4317	0.4269
(MAPE) %													
								1.9117	2.1964	2.2999	2.3868	2.2389	1.8163

ตารางที่ 5.16 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 6 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	1.8772	1.0385	0.6559	2.7612	0.2268	1.5919	ม.ค.50	3.4160	0.0501	3.6413	0.3918	5.2089	5.8109
ก.พ.49	5.3260	1.2735	3.2131	2.7613	3.0643	3.6656	ก.พ.50	6.2325	5.3854	7.9570	5.3798	5.9850	4.9394
มี.ค.49	3.2042	4.2116	4.3418	5.1182	3.7572	3.3415	มี.ค.50	2.5423	0.5768	3.1254	4.1145	2.1791	2.7684
เม.ย.49	0.9561	2.4418	2.3518	0.6737	1.4909	1.5665	เม.ย.50	0.4002	0.5791	1.1919	0.0417	0.5573	0.7645
พ.ค.49	7.9770	1.8297	6.7265	0.1573	3.1420	2.2441	พ.ค.50	0.6222	11.0096	7.1965	1.3684	3.1300	1.5473
มิ.ย.49	3.9676	2.5588	0.0243	0.0282	2.0249	1.6800	มิ.ย.50	4.4007	1.1340	4.4316	5.7132	4.8628	5.2840
ก.ค.49	0.5158	3.5740	0.8322	0.3164	3.0347	2.4263	ก.ค.50	1.2475	0.6225	0.3791	0.9317	0.3299	0.2953
ส.ค.49	1.1775	2.7931	0.8178	0.4902	2.5254	1.8586	ส.ค.50	3.8227	4.5492	4.1232	6.0688	3.9002	3.8209
ก.ย.49	1.4303	1.2035	1.0993	0.0245	0.1817	0.5775	ก.ย.50	1.8466	2.6844	0.9906	0.0050	0.6123	1.0444
ต.ค.49	0.2383	1.0692	0.2399	2.4153	2.4036	1.6086	ต.ค.50	1.8844	1.8438	0.6654	5.8423	3.7839	3.1712
พ.ย.49	0.1210	0.7021	0.2033	0.7798	0.0413	0.0383	พ.ย.50	0.2633	0.5794	1.3419	1.3479	2.1732	3.2151
ธ.ค.49	0.0165	1.3059	1.3305	2.5431	0.2415	0.2039	ธ.ค.50	1.1396	1.2122	2.7046	5.0325	0.2691	1.7564
							(MAPE) %						
							2.2761	2.2595	2.4827	2.2628	2.2969	2.3008	

ตารางที่ 5.17 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 7 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาพุท เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.2389	2.1986	0.0842	1.5706	0.3701	1.2633	ม.ค.50	1.3237	1.1649	2.6353	4.7634	3.0490	7.1597
ก.พ.49	6.0232	1.7978	1.2793	3.6141	2.9910	4.9661	ก.พ.50	1.6385	5.8826	6.0544	6.4948	4.4650	7.2250
มี.ค.49	3.1552	4.0521	5.8019	5.4280	3.4289	2.9271	มี.ค.50	4.2712	1.1876	4.3851	4.5455	3.5879	1.1009
เม.ย.49	1.2098	2.3227	0.0404	0.9475	1.6145	0.5243	เม.ย.50	1.2870	0.0266	1.4360	0.4334	1.2637	2.6489
พ.ค.49	5.3096	0.7476	5.2282	2.9541	2.4410	0.7453	พ.ค.50	2.3685	10.6814	5.9912	2.9099	3.0782	2.5905
มิ.ย.49	3.2282	0.3340	2.3202	1.3486	2.2280	2.7432	มิ.ย.50	3.0893	0.9024	7.6617	4.1951	5.4584	4.7586
ก.ค.49	0.3999	2.3431	2.3189	0.2303	2.0949	2.2820	ก.ค.50	0.9504	0.0331	1.3172	1.0754	0.6906	2.3722
ส.ค.49	1.6744	1.9719	0.1605	0.2952	2.0699	1.1086	ส.ค.50	1.6318	3.5199	3.5009	6.1314	2.2624	0.2546
ก.ย.49	1.8286	0.2585	0.3290	0.6471	0.3227	1.6813	ก.ย.50	0.4635	1.4474	0.4700	2.4483	1.1030	5.3915
ต.ค.49	1.0227	0.5611	0.1496	0.0656	0.0908	0.8467	ต.ค.50	0.5428	1.1118	1.7123	3.3464	0.8937	0.7515
พ.ย.49	0.3756	0.8066	0.1126	0.7685	1.0485	2.1059	พ.ย.50	2.5783	0.9905	1.1323	0.2362	5.0557	2.0474
ธ.ค.49	0.5811	0.9530	0.9089	0.9266	0.6176	0.2738	ธ.ค.50	0.7026	1.6411	3.5276	2.1194	1.0573	0.2150
(MAPE) %													
								1.9956	1.9557	2.4399	2.3956	2.1368	2.4160

ตารางที่ 5.18 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรอลในชั้นข้อมูล เป็น 8 นิรอรอล และจำนวนนิรอรอลในชั้นเอาพุททุก เป็น 1 นิรอรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.1287	0.7967	2.5930	0.1754	1.0248	0.3790	ม.ค.50	4.2582	0.5010	0.5872	2.4893	4.1495	6.1111
ก.พ.49	5.3816	0.8983	0.2763	1.5504	5.0714	2.5679	ก.พ.50	7.3135	5.4269	3.9249	0.3250	6.7224	3.6510
มี.ค.49	3.8031	6.3208	4.1056	7.1297	4.8565	4.6501	มี.ค.50	2.7600	0.2090	3.0729	6.8729	3.5804	3.7077
เม.ย.49	1.5252	1.5668	0.0450	2.2035	2.2553	1.7419	เม.ย.50	0.2556	2.0235	2.3060	0.0341	2.4306	1.7948
พ.ค.49	8.1120	3.1154	4.3280	5.4997	0.3905	1.7205	พ.ค.50	0.7393	0.2887	4.4509	5.9690	0.7165	1.1409
มิ.ย.49	3.4436	0.1661	0.0262	0.6693	0.6588	0.8739	มิ.ย.50	4.3350	3.0141	5.2024	5.1816	3.4014	4.1978
ก.ค.49	0.0381	2.8838	0.2861	0.7005	2.4489	4.0428	ก.ค.50	1.1143	0.6393	1.1060	0.4158	0.5097	1.3410
ส.ค.49	1.6269	2.6413	2.5738	1.0748	2.3613	1.6683	ส.ค.50	3.7055	1.7506	6.8734	5.8770	5.5664	2.9633
ก.ย.49	1.8257	1.4634	1.8351	1.0808	0.2118	1.2107	ก.ย.50	1.7317	1.2733	3.0385	0.2542	0.5787	0.4693
ต.ค.49	0.6386	0.6767	1.0343	2.5249	2.1259	1.1516	ต.ค.50	1.7632	1.5557	2.6646	4.6509	3.8226	2.4330
พ.ย.49	0.3631	2.1781	1.2965	1.3245	2.0054	0.2351	พ.ย.50	0.4379	4.3903	0.6375	0.9690	0.1608	2.3893
ธ.ค.49	0.2266	0.4123	2.1434	2.2813	0.7891	0.8200	ธ.ค.50	0.6465	0.6259	4.0590	0.6839	0.1649	0.8786
(MAPE) %													
								2.4239	1.8674	2.4361	2.4974	2.3335	2.1725

ตารางที่ 5.19 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 9 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	0.6361	2.0903	0.6291	2.1426	1.9762	0.3552	ม.ค.50	0.6403	0.5546	3.0585	2.9044	4.5414	3.0402
ก.พ.49	3.1341	2.7549	1.8982	3.4793	3.8769	4.3122	ก.พ.50	3.0811	3.6172	6.8222	4.0205	5.6219	4.0085
มี.ค.49	2.3784	2.9239	4.8381	5.8269	1.3087	4.3840	มี.ค.50	4.7236	0.2500	2.7421	6.5931	0.2551	3.8283
เม.ย.49	0.1528	4.4962	2.1535	1.0434	1.3742	0.0025	เม.ย.50	1.2292	1.1842	1.0470	0.5122	1.0715	0.6857
พ.ค.49	12.3251	2.1359	7.8162	0.9996	3.2710	2.7880	พ.ค.50	1.9525	12.6203	8.4105	1.4735	2.3940	1.4813
มิ.ย.49	5.2080	1.3076	2.0440	0.0295	0.8691	1.6266	มิ.ย.50	4.2150	1.6008	7.1764	7.8145	4.9199	5.1751
ก.ค.49	1.6647	2.6221	0.9798	0.7526	0.1620	3.2532	ก.ค.50	0.1122	1.2483	1.6185	3.0411	1.0999	1.8467
ส.ค.49	0.8306	1.9744	1.0071	0.0886	0.8840	2.5876	ส.ค.50	2.9790	4.9326	4.1571	3.9712	3.0374	4.4850
ก.ย.49	1.4449	0.1659	0.0586	3.9756	2.8344	0.1262	ก.ย.50	1.2966	2.7901	0.7605	5.9402	3.1601	0.1822
ต.ค.49	0.0010	0.6301	0.2007	0.7454	1.0094	2.2856	ต.ค.50	1.4255	2.2910	1.2470	2.8349	0.8966	3.8009
พ.ย.49	0.8120	0.0666	0.0154	1.2910	5.2313	0.6495	พ.ย.50	0.2722	0.5971	1.3709	4.2966	1.5177	1.6976
ธ.ค.49	1.9548	2.1022	2.2674	1.3021	0.2749	0.3649	ธ.ค.50	3.0278	0.3978	3.9994	4.4007	0.7559	0.8347
(MAPE) %													
								2.3124	2.3064	2.7633	2.8950	2.1810	2.2417

ตารางที่ 5.20 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 10 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่										
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	3.0321	3.5557	1.8529	1.2157	0.7767	2.5683	ม.ค.50	0.0672	3.9227	5.4069	0.3018	4.3119	5.4707					
ก.พ.49	6.3216	4.6725	2.2463	0.6019	2.8126	1.4987	ก.พ.50	3.3762	8.3577	5.9477	0.2486	5.9512	0.3807					
มี.ค.49	3.6329	2.4402	3.5069	7.0634	3.8276	4.6744	มี.ค.50	4.8340	0.9686	2.6466	6.3566	2.6786	4.3885					
เม.ย.49	1.4387	1.6050	1.0374	2.0701	0.3025	0.0308	เม.ย.50	1.4039	1.0847	0.9789	0.1240	1.6209	0.5099					
พ.ค.49	8.1581	7.7731	6.0173	1.2790	3.5313	4.6277	พ.ค.50	2.2153	4.2616	6.4132	1.6289	3.5614	3.2522					
มิ.ย.49	3.3899	2.5303	1.6554	3.2528	0.0677	0.3371	มิ.ย.50	3.9286	3.3225	7.4439	9.8127	2.7578	5.2686					
ก.ค.49	0.0646	0.4821	1.0684	1.8673	3.0683	0.2612	ก.ค.50	0.5712	1.4419	0.5489	1.2525	0.6599	0.0983					
ส.ค.49	1.5841	0.2468	0.2455	1.1589	3.2524	1.3141	ส.ค.50	2.2087	4.8652	4.3136	7.4391	3.3767	5.6164					
ก.ย.49	1.6644	0.3677	1.3583	2.5540	0.0128	1.1556	ก.ย.50	0.3591	3.1201	1.9191	0.5547	1.1821	0.5251					
ต.ค.49	0.5859	1.1415	0.5893	1.9422	1.5312	1.4730	ต.ค.50	0.3578	2.6648	3.0930	2.0083	2.8710	6.3848					
พ.ย.49	0.1952	0.6380	0.0817	5.5353	1.1196	0.4171	พ.ย.50	1.1259	0.6934	0.4030	5.0375	4.8228	7.3719					
ธ.ค.49	2.1060	0.4943	2.5420	4.1311	0.2800	1.9602	ธ.ค.50	0.7617	2.0156	5.3430	0.0320	0.2087	0.4952					
(MAPE) %													2.2243	2.6111	2.7775	2.8112	2.7444	2.5034

ตารางที่ 5.21 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 11 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่										
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	1.8519	2.4403	0.4379	2.2431	0.2450	1.2574	ม.ค.50	0.1566	3.8780	1.2074	2.6663	3.4533	3.1481					
ก.พ.49	1.5496	2.8471	1.7201	2.5427	5.2696	3.9341	ก.พ.50	3.3635	8.6191	6.4099	3.3004	6.2038	2.1364					
มี.ค.49	5.8041	3.5534	7.1740	3.5016	4.4227	3.7299	มี.ค.50	2.6703	0.2732	6.3000	3.0137	4.2245	4.0148					
เม.ย.49	3.2199	0.8164	0.1103	2.4674	1.1981	0.0761	เม.ย.50	0.3309	1.5210	1.3018	0.8622	0.7063	0.2833					
พ.ค.49	8.1180	5.8719	1.0788	5.5862	2.3791	1.0625	พ.ค.50	0.7184	4.4725	0.4906	5.2297	1.3604	0.7477					
มิ.ย.49	2.1114	0.9016	2.0247	1.8061	0.1534	0.5694	มิ.ย.50	4.3095	3.2519	7.3330	4.8227	4.2046	5.8764					
ก.ค.49	1.0674	0.7943	4.6656	1.5950	3.0880	1.5503	ก.ค.50	0.8445	1.7700	6.0572	0.9176	1.8511	0.7260					
ส.ค.49	2.7495	1.2537	1.1994	1.1746	2.4292	0.3003	ส.ค.50	3.3354	5.3217	5.1577	7.7786	4.2887	4.8954					
ก.ย.49	2.7945	0.3750	1.9005	1.6178	0.0367	0.3931	ก.ย.50	1.1943	3.5981	2.3269	4.0677	0.0081	2.3877					
ต.ค.49	1.3668	0.1868	0.1992	1.6916	0.5495	1.5551	ต.ค.50	1.1083	3.0892	1.8086	2.4765	3.0174	3.3608					
พ.ย.49	0.8307	0.4331	1.3516	1.3300	0.2534	2.4132	พ.ย.50	1.4704	1.1111	0.9668	0.0670	2.7468	3.9693					
ธ.ค.49	0.1189	2.1032	0.5938	1.0769	1.4775	1.8765	ธ.ค.50	0.7656	2.4950	3.7181	2.6995	0.0883	0.1448					
(MAPE) %													2.1604	2.5407	2.7306	2.6890	2.2357	2.1004

ตารางที่ 5.22 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรอดในชั้นซ้อน เป็น 12 นิรอรอด และจำนวนนิรอรอดในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอรอด

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	1.0317	5.5379	1.7362	2.0583	0.0506	0.7552	ม.ค.50	1.0905	5.2977	2.4649	4.2074	5.8593	3.8058
ก.พ.49	2.2200	5.7077	2.4561	0.9731	3.2059	1.5193	ก.พ.50	4.5719	9.9436	5.4084	1.1851	4.8413	0.0099
มี.ค.49	5.5961	2.1746	4.5828	6.5719	4.2866	5.4924	มี.ค.50	3.9851	0.2295	3.3336	7.0775	3.0484	5.9328
เม.ย.49	2.8966	1.9430	1.4059	0.2614	1.5786	0.4746	เม.ย.50	0.5175	1.7682	1.0511	2.1206	0.3621	1.5397
พ.ค.49	10.4708	6.9554	7.8072	2.3618	0.9498	3.1454	พ.ค.50	1.3162	3.8981	6.9346	2.6342	0.2521	2.2438
มิ.ย.49	2.5871	1.9599	0.2731	1.3487	1.1194	1.1475	มิ.ย.50	4.4802	3.7892	5.7084	8.4679	3.2295	5.0999
ก.ค.49	0.5522	0.0222	0.0552	3.6157	3.7611	4.2799	ก.ค.50	0.3586	2.4186	0.6687	4.0173	0.0346	3.0020
ส.ค.49	2.3861	0.5459	1.9884	0.6561	3.8154	0.5369	ส.ค.50	3.0477	5.9500	7.8202	5.6360	4.3712	4.9357
ก.ย.49	2.3823	0.2300	0.9922	0.0809	0.0666	2.3495	ก.ย.50	1.0971	4.2889	3.6926	0.2109	1.1606	0.2642
ต.ค.49	0.8465	0.6170	1.6794	0.1919	2.0166	1.6112	ต.ค.50	1.0490	3.8999	0.6016	4.0514	3.4730	5.4940
พ.ย.49	0.1143	0.1893	0.5583	3.5068	0.1799	1.1566	พ.ย.50	1.0649	1.8652	0.6963	3.4032	1.8606	6.1261
ธ.ค.49	1.6621	0.8428	0.6570	4.7933	0.0661	1.5660	ธ.ค.50	0.4130	2.8479	2.8838	0.8348	0.2198	0.1759
(MAPE) %													
								2.3224	3.0384	2.7273	2.9278	2.0754	2.6110

ตารางที่ 5.23 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 13 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่										
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	1.2535	2.8879	0.7331	0.0216	0.2727	0.0824	ม.ค.50	1.5455	3.8050	1.2569	1.2254	3.8759	1.3232					
ก.พ.49	1.9391	3.2000	0.9793	0.7252	3.3572	3.8773	ก.พ.50	4.5750	8.4079	3.1856	1.8463	2.3297	3.3277					
มี.ค.49	5.5086	3.2289	7.2543	6.9915	3.9676	6.5330	มี.ค.50	4.4587	0.2947	5.9166	5.3150	3.5236	4.3916					
เม.ย.49	2.8941	1.1200	0.1931	1.1634	1.9978	0.4033	เม.ย.50	1.0717	1.6068	1.8440	0.6814	0.3823	1.9869					
พ.ค.49	9.8508	6.2260	4.1867	2.1685	1.5324	1.3533	พ.ค.50	1.9009	4.3171	3.9403	2.8780	1.4937	1.7898					
มิ.ย.49	2.4313	0.9791	0.5504	3.7877	0.9602	1.6287	มิ.ย.50	3.9546	3.5605	6.6473	10.3363	2.7843	1.4742					
ก.ค.49	0.7951	0.8092	0.8246	0.3232	3.9624	1.4781	ก.ค.50	0.1287	2.0515	1.7713	0.5886	0.6630	0.6570					
ส.ค.49	2.8586	1.3683	1.3396	0.1025	3.9753	0.2818	ส.ค.50	2.6135	5.6107	3.3574	5.6601	4.1404	2.7363					
ก.ย.49	3.1107	0.5657	1.1454	0.9989	0.6560	2.3031	ก.ย.50	0.7392	3.9288	0.2028	2.2471	1.2912	4.5217					
ต.ค.49	1.6138	0.0769	2.0936	1.6467	2.7265	0.1487	ต.ค.50	0.7565	3.4776	0.7723	5.1510	3.5392	3.0754					
พ.ย.49	1.6110	0.7778	2.6255	1.7376	1.4894	1.2068	พ.ย.50	0.9626	1.5538	2.6053	2.1308	3.1954	7.6731					
ธ.ค.49	1.2722	2.4438	6.3188	3.8650	0.8041	0.4084	ธ.ค.50	0.7254	2.9336	3.2443	0.7121	1.6847	0.7094					
(MAPE) %													2.4405	2.7180	2.6245	2.5960	2.2752	2.2238

ตารางที่ 5.24 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 14 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.1603	1.6871	0.0835	5.7894	0.9454	0.8352	ม.ค.50	5.1802	1.3609	3.2290	7.2842	6.3540	6.2721
ก.พ.49	5.3799	1.1135	3.5327	1.8076	3.3523	5.6901	ก.พ.50	8.2897	5.4798	8.3371	4.4331	2.5205	5.8093
มี.ค.49	4.0266	3.3077	7.3863	4.0372	3.2546	5.2677	มี.ค.50	3.2070	3.5302	6.3201	2.6325	3.1417	3.0193
เม.ย.49	1.7716	2.4436	1.2143	2.6940	0.0207	0.0281	เม.ย.50	0.2471	1.5587	0.7517	1.5189	0.0804	1.4164
พ.ค.49	7.5887	3.8757	2.2887	3.8722	3.0408	2.4197	พ.ค.50	1.2916	9.7027	2.2969	4.5840	1.4706	2.4721
มิ.ย.49	3.1927	1.9807	1.0674	1.2652	0.1837	3.1947	มิ.ย.50	3.6912	1.3104	4.3074	7.7860	4.4413	1.0560
ก.ค.49	0.1928	3.1547	3.5280	0.8379	3.0917	0.9046	ก.ค.50	0.5223	0.2805	3.8033	0.2225	1.5334	2.2699
ส.ค.49	1.7937	3.2813	0.6604	1.1027	0.4867	1.6921	ส.ค.50	3.0938	3.7867	4.6429	4.5983	3.3947	4.0279
ก.ย.49	1.9647	2.2932	0.3323	1.0087	0.3726	1.0744	ก.ย.50	1.0663	2.2242	1.0509	1.1261	0.1704	0.2392
ต.ค.49	0.7898	2.2820	1.6391	0.2795	0.2576	0.7132	ต.ค.50	1.0808	1.7868	0.4007	3.1929	2.3152	3.7096
พ.ย.49	0.4582	2.5331	0.1596	1.4758	0.1575	0.0502	พ.ย.50	1.2354	0.0733	0.6444	0.6218	3.4237	3.3903
ธ.ค.49	0.1822	2.7481	2.3175	5.2927	2.7726	1.8084	ธ.ค.50	0.2548	2.0735	4.9328	1.8828	0.4922	0.8161
(MAPE) %													
								2.4442	2.6612	2.7053	2.8894	1.9698	2.4240

ตารางที่ 5.25 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 15 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่										
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	0.4045	2.6713	1.4309	2.0210	1.1170	0.9049	ม.ค.50	3.2229	3.0070	2.4395	3.5888	2.3957	4.5804					
ก.พ.49	2.6851	3.8919	3.5630	3.3699	5.0119	4.8419	ก.พ.50	6.6373	6.1264	6.6300	6.2155	4.8897	7.7940					
มี.ค.49	6.4343	3.9474	4.8305	7.4241	4.7821	3.1199	มี.ค.50	3.3504	2.0452	3.7700	6.1699	4.7450	2.0572					
เม.ย.49	4.0363	2.1597	4.7499	0.4529	0.4372	0.5361	เม.ย.50	0.2215	0.5776	2.4280	0.3951	0.1602	0.4883					
พ.ค.49	6.8786	3.8543	8.0123	1.4057	2.3349	4.8177	พ.ค.50	1.2035	6.2354	7.2858	0.8253	0.8600	3.2425					
มิ.ย.49	1.1240	0.5106	0.8845	1.1389	0.1056	0.9361	มิ.ย.50	4.0910	4.8634	4.9456	5.0253	4.5187	3.1420					
ก.ค.49	2.0391	1.9995	0.9654	2.1094	3.1696	1.8109	ก.ค.50	0.3702	1.6992	0.8124	2.9116	2.0649	1.3922					
ส.ค.49	3.5953	2.5174	1.0745	0.5928	0.3478	3.4258	ส.ค.50	2.9410	4.0468	6.3414	5.1693	3.4476	4.9160					
ก.ย.49	3.5843	1.6525	0.6368	0.3349	1.4726	0.4844	ก.ย.50	0.8736	1.6222	0.4099	0.0004	1.0918	0.0383					
ต.ค.49	2.2371	1.4382	0.6295	2.5110	0.3005	1.7082	ต.ค.50	0.8006	1.9832	3.3459	0.1450	3.3387	4.3601					
พ.ย.49	1.5009	0.9030	0.2396	1.1378	0.0762	0.4672	พ.ย.50	1.4996	1.2802	0.0761	1.5999	3.7188	4.1447					
ธ.ค.49	0.0807	5.2756	1.4165	2.9057	1.1483	0.0250	ธ.ค.50	0.7465	2.3533	2.2985	0.6706	3.0774	0.0829					
(MAPE) %													2.5233	2.7776	2.8840	2.4217	2.2755	2.4715

ตารางที่ 5.26 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนเป็น 3 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	5.6511	3.4125	1.6842	2.4563	3.7417	3.6333	ม.ค.50	2.2350	0.0225	0.1274	2.4113	2.2283	0.5331
ก.พ.49	3.1849	1.3987	0.3948	0.8806	0.9571	3.5067	ก.พ.50	6.5164	4.9663	3.0282	3.5529	2.4837	4.7575
มี.ค.49	0.1891	0.8342	2.2530	2.3764	1.3973	0.9518	มี.ค.50	0.5988	0.5054	3.6432	3.4302	1.7696	1.4863
เม.ย.49	2.1576	1.0201	2.0671	0.6051	0.8287	1.0467	เม.ย.50	2.8087	2.2265	2.4348	0.5315	1.6829	0.0209
พ.ค.49	0.6370	0.0122	1.9270	1.1282	1.1201	1.0412	พ.ค.50	0.9931	2.7124	1.1058	0.0320	0.1145	0.5099
มิ.ย.49	1.1570	0.2683	0.2293	1.0790	0.5018	0.6829	มิ.ย.50	0.7285	0.0393	1.7560	3.5515	1.9982	1.2035
ก.ค.49	1.2939	1.0292	0.2364	1.2193	0.2039	0.4158	ก.ค.50	0.4313	0.1888	0.0125	0.1681	1.8103	1.8050
ส.ค.49	2.2450	2.7383	1.8829	0.3615	4.5517	1.9651	ส.ค.50	0.5852	1.1992	3.3498	0.6828	6.3817	3.1368
ก.ย.49	1.2553	1.4539	0.1902	0.3432	1.1256	1.2483	ก.ย.50	0.3421	0.8816	1.1528	0.2145	0.8307	0.1199
ต.ค.49	1.9426	2.3728	2.5090	3.6005	3.3094	3.6732	ต.ค.50	1.7454	0.8775	0.1003	1.6884	1.7663	0.7265
พ.ย.49	0.1829	0.3963	0.3893	1.5879	1.5316	2.3203	พ.ย.50	0.1913	0.4608	0.3927	0.8613	1.3876	0.9471
ธ.ค.49	0.5411	0.3283	1.5604	1.2113	0.5427	0.6096	ธ.ค.50	0.1694	1.8982	0.2156	0.1932	1.8694	0.0197
(MAPE) %													
								1.5743	1.3018	1.3601	1.4236	1.8390	1.5150

ตารางที่ 5.27 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรโรคในชั้นซ้อน เป็น 4 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรโรค

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทยุติยาในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทยุติยาในรูปแบบที่										
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	1.4558	2.9102	3.8260	1.8704	2.2688	0.3760	ม.ค.50	2.0916	0.8728	3.2426	0.5446	0.8641	0.8685					
ก.พ.49	0.5590	1.4030	0.1648	0.4950	0.7164	3.1417	ก.พ.50	6.5484	4.9845	3.8863	4.6376	3.3620	4.8544					
มี.ค.49	1.3713	0.7598	0.6946	2.5676	0.0269	0.5600	มี.ค.50	1.5127	0.9171	1.3364	2.6717	0.1919	0.2920					
เม.ย.49	0.1591	1.2985	2.0881	0.3523	0.2749	0.0473	เม.ย.50	3.2257	2.4048	3.3878	1.0009	0.0638	0.1375					
พ.ค.49	0.7454	0.0886	1.1439	2.3479	1.6721	0.4816	พ.ค.50	0.0793	3.2564	0.8748	1.6024	1.7688	2.5086					
มิ.ย.49	0.1265	0.1170	0.1163	0.8532	0.3824	0.4365	มิ.ย.50	0.7212	0.3141	0.6590	2.9281	2.2632	1.4616					
ก.ค.49	2.0665	0.3449	0.7645	1.3430	0.4786	1.2978	ก.ค.50	0.3536	0.0146	2.1445	1.4871	1.2495	1.4432					
ส.ค.49	2.7697	2.1771	1.4282	1.4034	4.9748	3.0922	ส.ค.50	0.5834	1.6275	2.1082	2.3423	6.6656	4.0558					
ก.ย.49	1.5341	0.8229	1.0030	0.0192	0.4047	0.5611	ก.ย.50	0.0824	1.2319	1.3836	1.1053	1.5639	1.1237					
ต.ค.49	1.7356	3.0607	1.8105	2.7426	2.2742	3.4605	ต.ค.50	1.0740	0.5637	0.3093	0.7046	2.2153	0.4311					
พ.ย.49	0.0446	0.1170	0.4407	0.6961	2.7713	1.0610	พ.ย.50	1.2967	0.7591	0.4812	0.0755	2.2990	2.4127					
ธ.ค.49	0.9164	0.0649	0.6663	0.7075	1.5504	3.7678	ธ.ค.50	2.0886	2.5028	1.0863	1.7305	0.4312	3.0538					
(MAPE) %													1.3809	1.3589	1.4603	1.5095	1.6972	1.7053

ตารางที่ 5.28 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรอดในชั้นตอน เป็น 5 นิรอรอด และจำนวนนิรอรอดในชั้นเอาพุท เป็น 1 นิรอรอด

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	0.9666	2.2806	3.6926	2.0542	1.7974	5.2497	ม.ค.50	2.2002	0.6694	1.9389	2.6039	1.3967	3.9410
ก.พ.49	1.1888	0.6919	2.8719	2.2158	0.6683	0.0090	ก.พ.50	6.7113	4.9494	6.7946	1.5539	3.2465	3.8097
มี.ค.49	1.3223	1.4818	0.3995	0.3116	1.3308	0.0166	มี.ค.50	0.8858	0.0499	0.2209	1.3308	3.5336	0.0589
เม.ย.49	0.2155	0.4884	0.2290	0.2239	0.9773	0.7101	เม.ย.50	3.6516	2.1135	0.9074	0.3087	0.8208	0.6508
พ.ค.49	0.5800	0.4949	1.2227	0.3597	1.8152	0.5343	พ.ค.50	0.8783	2.3498	0.3175	1.0885	1.4510	0.1921
มิ.ย.49	0.0899	0.5034	0.0696	0.0931	1.3510	0.6770	มิ.ย.50	0.0224	0.1462	0.8226	2.6304	2.9350	2.9302
ก.ค.49	2.1169	1.2443	0.3630	0.6435	1.0797	0.6248	ก.ค.50	1.1624	0.1970	1.2314	0.8479	0.8744	0.6602
ส.ค.49	2.7796	2.7479	1.7582	3.4926	2.8503	3.3568	ส.ค.50	0.2714	1.1109	2.0427	6.0007	4.3380	5.7389
ก.ย.49	1.4706	1.3924	0.2469	0.6110	1.1613	0.0053	ก.ย.50	0.9459	0.6927	0.5718	0.2654	0.0353	0.8928
ต.ค.49	1.9931	2.4441	2.7217	2.5850	2.2745	1.7665	ต.ค.50	0.1868	0.6737	0.9603	0.5876	0.8056	2.4537
พ.ย.49	0.2645	0.1864	0.0201	0.1770	1.5563	0.8148	พ.ย.50	2.2116	0.0119	0.1576	1.1245	4.0909	4.1811
ธ.ค.49	1.1743	0.1668	0.7341	0.6712	2.3773	2.7033	ธ.ค.50	2.9648	1.0990	2.6272	1.6160	1.5974	1.7489
(MAPE) %													
								1.5106	1.1744	1.3718	1.3915	1.8485	1.8219

ตารางที่ 5.29 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 6 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	1.1183	2.1560	2.0135	2.1637	3.5701	3.1274	ม.ค.50	2.4165	0.8552	0.6827	0.2762	3.0562	1.9041
ก.พ.49	0.5410	0.9101	0.3349	0.5385	0.0790	0.0109	ก.พ.50	5.5778	4.5322	3.0113	4.1428	5.6896	5.4558
มี.ค.49	1.0367	1.0268	1.3204	3.0305	1.9286	0.9535	มี.ค.50	2.1163	0.7239	2.4227	3.2650	2.3533	1.0289
เม.ย.49	0.1358	1.0059	0.6326	1.6528	0.1393	0.1669	เม.ย.50	0.8266	2.1510	0.4269	1.4590	0.4151	0.0454
พ.ค.49	0.7155	0.1674	1.6439	1.9215	3.3127	1.5728	พ.ค.50	0.3748	3.0802	0.6272	0.7846	3.3225	1.4390
มิ.ย.49	0.8991	0.2370	0.4039	0.1735	0.2253	0.5502	มิ.ย.50	1.7720	0.1326	2.2376	1.2594	1.6815	0.3180
ก.ค.49	1.1134	0.5795	0.0838	0.3473	0.6399	1.4033	ก.ค.50	0.3979	0.0067	0.9805	0.3697	0.3535	2.1935
ส.ค.49	1.6785	2.3013	3.4557	1.3672	2.3344	3.8727	ส.ค.50	1.2725	1.5863	5.1250	2.1394	3.2853	4.6229
ก.ย.49	0.2610	0.9734	0.4827	0.2082	0.2155	0.5447	ก.ย.50	0.8968	1.2015	1.5876	1.1552	0.7892	0.0060
ต.ค.49	2.9551	2.8760	2.6264	3.6500	2.5573	4.5704	ต.ค.50	2.1590	0.6258	0.1789	1.4255	1.0327	1.9170
พ.ย.49	1.6607	0.0654	0.6084	1.0908	0.8268	3.3174	พ.ย.50	0.1870	0.6826	0.9183	1.1054	0.0537	2.1620
ธ.ค.49	2.6107	0.1413	0.2628	1.4262	1.5169	0.7052	ธ.ค.50	0.5033	2.4906	1.7534	0.5237	1.0643	1.9278
(MAPE) %													
								1.3844	1.2712	1.4092	1.4782	1.6851	1.8257

ตารางที่ 5.30 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 7 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาพุท เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	0.6005	2.9926	4.0629	1.6914	2.9012	0.9892	ม.ค.50	7.4480	1.1594	3.6759	0.8252	1.4403	1.5797
ก.พ.49	3.1370	1.3398	0.7712	0.8751	0.1748	0.3721	ก.พ.50	0.1526	5.4229	4.8436	2.9130	5.4811	2.6202
มี.ค.49	1.2379	1.2405	0.3470	2.1974	1.3022	2.7483	มี.ค.50	0.1029	0.1869	0.8205	3.0543	0.1209	2.5404
เม.ย.49	0.5911	0.9451	0.0349	0.4094	0.8476	1.8413	เม.ย.50	1.2970	2.4432	0.5474	0.4896	4.1215	0.7702
พ.ค.49	0.6904	0.3852	1.8955	1.6940	2.9275	3.7056	พ.ค.50	0.8266	2.4154	0.5136	0.6571	2.1470	3.0023
มิ.ย.49	0.4293	0.3199	0.6680	0.8102	0.8459	0.2080	มิ.ย.50	0.8554	0.0368	2.3549	2.8320	0.2125	0.5840
ก.ค.49	2.8469	1.0718	0.2783	0.3844	1.6221	0.7127	ก.ค.50	0.3601	0.2242	0.9896	0.6215	1.2788	0.7010
ส.ค.49	3.6932	2.5786	2.6209	3.1538	2.7587	3.8906	ส.ค.50	0.5269	1.1246	3.6239	4.3972	2.4814	5.1290
ก.ย.49	2.5252	1.2561	0.5452	0.6534	0.7813	1.2778	ก.ย.50	0.0748	0.7034	0.0734	1.9427	0.4105	0.7538
ต.ค.49	0.9323	2.4306	2.4195	2.7473	2.5810	2.7695	ต.ค.50	1.0545	0.6844	0.2573	0.1094	0.8945	0.2092
พ.ย.49	1.1473	0.1097	0.8777	0.2305	1.7266	1.9327	พ.ย.50	1.0643	0.0489	0.0462	0.2740	3.3340	1.5980
ธ.ค.49	5.9683	0.3153	0.7799	1.0421	0.1145	0.6904	ธ.ค.50	1.9553	1.1007	1.0801	2.4702	0.5922	1.6726
(MAPE) %													
								1.6466	1.2723	1.4220	1.5198	1.7124	1.7624

ตารางที่ 5.31 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 8 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาพุท เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.8954	1.5898	3.9824	2.2473	3.7817	3.7351	ม.ค.50	2.0801	0.9922	3.6855	1.2421	1.4716	2.7968
ก.พ.49	0.3203	0.2763	0.4819	0.2970	0.6296	1.2323	ก.พ.50	6.3338	4.8427	4.4728	4.1755	5.5205	5.7858
มี.ค.49	0.6304	1.5193	0.3834	1.9572	0.6217	0.0244	มี.ค.50	0.8205	0.8960	0.8423	2.9099	0.1564	1.3762
เม.ย.49	0.0408	0.3616	0.9880	0.5296	1.2275	0.0045	เม.ย.50	2.5926	2.3810	1.6268	0.4566	0.3699	0.5884
พ.ค.49	1.0468	0.5570	0.9978	0.5948	2.6127	1.7896	พ.ค.50	0.5289	3.3326	0.7924	0.7727	2.1238	0.4577
มิ.ย.49	0.4353	0.7444	0.0150	1.5463	0.1380	0.7327	มิ.ย.50	1.1828	0.3948	1.7012	4.1284	1.0814	0.0653
ก.ค.49	3.1205	1.1331	0.2828	1.0573	0.4635	0.2862	ก.ค.50	0.0782	0.3187	1.5978	1.3962	0.4025	1.4432
ส.ค.49	4.0986	2.8390	3.0416	1.7091	4.3939	4.0252	ส.ค.50	1.0721	1.2309	4.6158	2.1393	4.9910	5.2236
ก.ย.49	3.0842	1.4943	0.0533	0.1853	0.6841	1.8492	ก.ย.50	0.6367	0.8193	0.5449	0.6887	0.8984	2.2054
ต.ค.49	0.1839	2.4364	1.8331	2.7557	2.5521	2.3789	ต.ค.50	1.8926	0.2464	0.6666	0.6238	0.7034	0.4397
พ.ย.49	1.8717	0.5151	0.2484	0.6287	1.4496	0.2981	พ.ย.50	0.2993	0.2347	0.9341	0.8582	0.5245	3.5292
ธ.ค.49	1.0948	0.5232	0.0416	0.8747	1.2142	0.2272	ธ.ค.50	0.7376	1.8676	2.1198	2.4995	0.5018	1.0860
(MAPE) %													
								1.5449	1.3144	1.4979	1.5114	1.6047	1.7325

ตารางที่ 5.32 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรอลในชั้นก่อน เป็น 9 นิรอรอล และจำนวนนิรอรอลในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	0.0042	2.2505	3.6590	1.2583	4.1893	0.6899	ม.ค.50	0.0450	0.6700	3.0307	0.1362	2.8364	0.4975
ก.พ.49	2.4228	0.4873	1.5046	3.0874	0.1908	0.0858	ก.พ.50	4.4585	3.7293	5.4697	0.2288	5.5324	3.7478
มี.ค.49	1.0221	1.1065	0.3801	3.6387	0.8706	0.0736	มี.ค.50	2.0214	0.1377	0.6215	5.4218	0.0695	0.2903
เม.ย.49	1.6316	0.4180	0.8975	0.2235	1.3977	0.5010	เม.ย.50	1.9349	1.2473	2.0793	2.3846	0.2699	2.2707
พ.ค.49	0.4160	0.1002	1.1730	1.5121	3.0585	0.5572	พ.ค.50	0.1715	2.1407	0.6495	0.9390	2.2971	0.6346
มิ.ย.49	0.9507	0.4426	0.2769	1.1825	0.5484	0.8770	มิ.ย.50	1.1881	0.7123	0.9260	4.1528	0.7230	0.2629
ก.ค.49	3.4072	1.3216	0.8408	0.5135	0.1435	0.6671	ก.ค.50	0.1720	0.3746	0.2741	1.0065	0.9014	0.9073
ส.ค.49	4.0886	2.9618	2.5701	1.9028	3.6199	5.3464	ส.ค.50	0.5645	1.7256	3.4861	2.9538	3.5266	7.2725
ก.ย.49	2.7018	1.6862	0.1176	0.0608	0.6787	2.0464	ก.ย.50	0.3016	1.4613	0.3285	1.0147	0.9346	3.7990
ต.ค.49	0.9550	2.3285	2.0388	2.6975	2.6215	3.0819	ต.ค.50	0.5779	1.5093	0.3958	0.1994	0.0952	0.6199
พ.ย.49	0.6238	0.6593	1.1478	0.5932	2.0586	1.8567	พ.ย.50	2.1173	1.0411	0.6387	0.1377	0.7521	1.6588
ธ.ค.49	1.1106	0.7761	0.0126	0.1497	1.9029	0.5241	ธ.ค.50	3.6813	2.6343	1.7790	0.9033	2.1252	2.9111
(MAPE) %													
								1.5237	1.3301	1.4291	1.5124	1.7227	1.7158

ตารางที่ 5.33 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรโรคในชั้นซ้อน เป็น 10 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นนอกที่สุ่ม เป็น 1 นิรโรค

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทย่อยในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทย่อยในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	0.1167	2.3781	2.7888	2.8539	3.1087	1.4572	ม.ค.50	2.1537	0.0737	0.7611	1.6347	1.6048	1.1862
ก.พ.49	2.5928	0.6502	0.3044	0.2061	2.8347	1.3401	ก.พ.50	1.5264	4.6029	3.2770	2.7047	7.7056	5.8629
มี.ค.49	0.4138	0.9139	1.5160	0.2969	0.2735	0.4713	มี.ค.50	0.8867	1.5456	1.8132	0.0789	0.9643	0.1006
เม.ย.49	1.7762	0.7173	0.9321	0.0678	0.9409	0.9396	เม.ย.50	0.0980	2.3489	1.0068	1.1004	0.4661	1.1942
พ.ค.49	0.5818	0.0002	1.2342	0.1222	1.3000	2.6729	พ.ค.50	2.0559	3.9910	0.6330	1.7661	0.4609	2.4783
มิ.ย.49	0.9503	0.5800	0.4908	0.4408	0.9455	0.6548	มิ.ย.50	0.4502	0.7037	0.8624	3.0912	0.0791	0.1024
ก.ค.49	3.8182	0.7249	0.1805	0.2951	1.1677	0.7905	ก.ค.50	1.0805	0.2906	1.2508	0.5646	0.1310	0.6977
ส.ค.49	4.9696	2.7519	4.0336	2.9632	2.7053	2.4952	ส.ค.50	0.2004	1.3923	5.7640	5.1016	3.5110	3.3493
ก.ย.49	3.9652	1.3978	0.5038	0.0519	0.7956	1.0537	ก.ย.50	0.5685	1.0729	0.9439	1.4291	0.2092	1.6651
ต.ค.49	0.7555	2.7332	2.2804	2.9641	3.3374	2.5227	ต.ค.50	0.5504	0.3034	0.0733	0.4198	1.5895	0.2723
พ.ย.49	2.6569	0.4937	1.4989	0.1267	1.5990	0.7931	พ.ย.50	1.6050	0.7684	0.9915	1.1387	1.1294	1.2262
ธ.ค.49	3.2554	0.9210	0.2827	1.5020	1.0150	0.0837	ธ.ค.50	0.3024	2.9057	2.5311	4.1668	2.1609	0.6805
(MAPE) %													
								1.5554	1.4276	1.4981	1.4620	1.6681	1.4204

ตารางที่ 5.34 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรดในชั้นซ้อน เป็น 11 นิรอรด และจำนวนนิรอรดในชั้นเอาต์พุท เป็น 1 นิรอรด

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.3521	2.6495	3.4004	1.4312	3.8547	3.8314	ม.ค.50	1.2687	0.4549	2.7672	0.5849	4.0538	1.6012
ก.พ.49	0.3873	1.0172	0.5147	0.7902	0.9115	2.3634	ก.พ.50	5.5432	4.9632	2.9464	3.1038	8.2345	4.9368
มี.ค.49	0.6547	1.8947	0.6519	1.8003	0.6469	0.6699	มี.ค.50	1.8397	0.6479	1.8568	2.1622	0.6316	1.2175
เม.ย.49	0.3741	0.6467	0.1933	1.6454	1.1237	0.7799	เม.ย.50	2.0916	1.9967	0.4302	2.6352	3.3184	0.6198
พ.ค.49	0.3418	1.0677	1.5954	1.6729	1.9060	2.5102	พ.ค.50	0.0417	1.6228	0.2571	0.4436	0.0571	2.6046
มิ.ย.49	0.6565	0.8060	1.1182	0.0684	0.3523	0.4804	มิ.ย.50	1.3312	0.5478	3.4678	1.6361	0.4946	1.2226
ก.ค.49	3.0944	1.2556	0.3646	0.6756	0.0404	0.6702	ก.ค.50	0.0312	0.4322	0.5239	0.9349	1.5666	1.4271
ส.ค.49	3.8656	2.7605	3.9126	3.4489	2.3260	1.2982	ส.ค.50	0.7209	1.7663	5.6611	5.2962	2.1660	1.9402
ก.ย.49	2.6368	1.3455	0.0077	0.3555	1.8243	1.0779	ก.ย.50	0.0098	1.1953	0.5187	1.8922	1.3000	1.5841
ต.ค.49	0.7976	2.2469	2.6109	2.7239	2.1757	4.7598	ต.ค.50	0.9745	0.9642	0.0480	0.1141	0.7537	1.9916
พ.ย.49	0.9316	0.0497	0.1297	0.6741	0.7640	1.9878	พ.ย.50	1.5248	0.3376	0.3091	0.4634	0.9982	3.3211
ธ.ค.49	0.0751	0.5593	0.0905	0.2014	0.9207	0.7540	ธ.ค.50	2.3625	1.1168	2.6376	2.1700	0.1343	1.8458
(MAPE) %													
								1.4128	1.3477	1.5006	1.5385	1.6898	1.8956

ตารางที่ 5.35 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อน เป็น 12 นิวรอล และจำนวนนิวรอลในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอล

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	0.5652	2.5809	2.6824	1.5963	2.7533	2.4005	ม.ค.50	2.9985	0.1777	2.3476	0.4628	2.1928	2.1728
ก.พ.49	1.7102	0.6270	0.7798	0.7017	1.6794	0.5719	ก.พ.50	1.7182	5.0682	2.6908	3.9385	4.7254	7.0517
มี.ค.49	2.0024	1.3684	0.8439	0.9513	0.3404	0.8551	มี.ค.50	0.7184	0.1997	1.2133	2.3801	0.0054	0.4152
เม.ย.49	0.5959	0.3992	0.0328	1.1013	0.4043	0.4192	เม.ย.50	0.6251	2.2485	0.1585	1.3610	0.0327	0.6740
พ.ค.49	1.7154	0.4857	1.5158	0.9606	0.9020	2.0919	พ.ค.50	2.1252	2.2775	0.2390	0.1973	0.5155	1.3400
มิ.ย.49	0.1601	0.6296	1.5937	0.9565	0.0951	0.0513	มิ.ย.50	0.8892	0.1533	3.1863	2.5857	2.1840	0.4706
ก.ค.49	2.8230	1.6485	2.1770	0.5931	0.8094	1.8974	ก.ค.50	0.6647	0.3149	1.0876	0.3458	0.5852	1.9763
ส.ค.49	3.9034	3.1856	2.7126	3.2671	4.5217	4.4968	ส.ค.50	0.1718	0.9367	4.3617	5.1141	6.9806	5.6900
ก.ย.49	2.8159	1.9144	1.2543	2.0146	1.6281	0.3596	ก.ย.50	0.1718	0.6437	2.2579	3.7229	3.0254	0.7185
ต.ค.49	0.7713	1.8572	1.8768	2.2854	2.0965	3.0188	ต.ค.50	0.8897	1.0498	0.4711	0.1973	1.6588	1.1320
พ.ย.49	1.3148	0.7645	1.4438	0.1443	0.4115	1.5635	พ.ย.50	1.4238	0.1830	1.5061	0.4369	3.1820	0.0621
ธ.ค.49	1.3789	0.5764	0.1705	0.8271	0.8204	0.0037	ธ.ค.50	1.1772	1.3524	2.3139	2.2722	1.7298	0.5521
							(MAPE) %						
							1.3888	1.2768	1.6215	1.6006	1.8033	1.6660	

ตารางที่ 5.36 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรอดในชั้นซ้อน เป็น 13 นิรอรอด และจำนวนนิรอรอดในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอรอด

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทยเทียบในรูปแบบที่						ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทยเทียบในรูปแบบที่											
	1	2	3	4	5	6	เดือน	1	2	3	4	5	6					
ม.ค.49	1.5540	2.4004	3.2879	1.3508	0.8048	2.6148	ม.ค.50	0.1044	0.0665	3.1540	0.7379	0.1142	3.3237					
ก.พ.49	1.0150	0.4367	0.1963	1.0907	1.6196	1.5133	ก.พ.50	4.3375	5.1768	3.6949	6.2126	6.7075	7.7391					
มี.ค.49	1.5601	1.5992	1.0822	1.1668	1.2058	1.6587	มี.ค.50	0.4543	0.3441	2.0595	1.3093	3.2424	0.8266					
เม.ย.49	0.5692	0.2665	2.1214	0.8499	0.8644	0.5305	เม.ย.50	1.3021	2.3679	3.0130	0.8441	1.0564	3.1163					
พ.ค.49	2.0428	0.6551	1.2737	0.4854	1.3471	2.7786	พ.ค.50	1.0004	2.5345	0.3716	1.2500	0.5670	1.9749					
มิ.ย.49	0.2636	0.8388	0.7534	0.5080	1.1054	0.0268	มิ.ย.50	1.6544	0.0527	2.7080	1.9715	0.5491	0.1225					
ก.ค.49	3.0359	1.5575	0.0673	0.4880	0.4538	0.0820	ก.ค.50	0.2414	0.2923	1.3882	0.3077	0.4771	0.3720					
ส.ค.49	3.8772	3.1860	2.1504	3.2299	5.4444	2.8212	ส.ค.50	1.0403	1.0345	3.4572	4.0583	6.3859	2.4136					
ก.ย.49	2.6330	1.8410	0.6958	0.7363	2.2547	1.5539	ก.ย.50	0.3671	0.6631	1.4379	1.4067	2.7079	1.6205					
ต.ค.49	0.7315	2.0052	2.6536	4.2520	2.1212	2.6591	ต.ค.50	1.2177	0.7771	0.2619	2.5816	2.0082	0.1191					
พ.ย.49	0.7909	0.6236	0.2943	1.1698	1.2769	0.0264	พ.ย.50	1.5315	0.1354	0.1806	1.8013	2.3947	4.6298					
ธ.ค.49	0.2831	0.4157	0.6547	0.5334	0.7723	0.5027	ธ.ค.50	3.1545	1.2397	1.1099	1.3053	1.1647	0.3407					
(MAPE) %													1.4484	1.2713	1.5862	1.6520	1.9436	1.8070

ตารางที่ 5.37 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรโรคในชั้นข้อมูลเป็น 14 นิรโรค และจำนวนนิรโรคในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิรโรค

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบที่						
	1	2	3	4	5	6	เดือน						
ม.ค.49	2.3504	2.8152	4.8921	1.3693	4.2844	1.1020	ม.ค.50	2.9564	1.1101	4.8838	0.7141	4.8864	3.0393
ก.พ.49	0.6883	1.2735	1.3269	1.3061	0.9246	2.1248	ก.พ.50	1.9170	4.7633	5.9225	6.4109	9.5540	0.4072
มี.ค.49	2.0957	0.7646	0.0657	1.2577	0.3544	2.9873	มี.ค.50	1.5359	0.0411	0.0317	1.6588	1.5114	3.0672
เม.ย.49	0.1283	0.9632	1.6508	0.4674	0.3125	1.7227	เม.ย.50	0.7913	1.8550	2.9443	0.2925	2.1606	1.2036
พ.ค.49	1.7452	0.1489	0.7063	0.4695	1.1001	3.1626	พ.ค.50	2.8505	2.1408	1.4519	0.9085	1.4010	2.2007
มิ.ย.49	0.6397	0.0468	0.1515	0.2115	0.5960	1.2228	มิ.ย.50	0.5177	0.5712	1.1960	1.0931	0.1353	3.2988
ก.ค.49	2.5118	1.1401	0.4252	0.2044	0.1540	0.7675	ก.ค.50	0.9939	0.1024	1.9856	1.0771	1.8125	1.0432
ส.ค.49	3.8028	2.5568	2.7480	3.8642	4.9981	0.2421	ส.ค.50	0.0306	1.4458	3.8406	5.4434	5.5421	1.0242
ก.ย.49	2.8717	1.3473	0.0770	1.8317	1.1473	0.9656	ก.ย.50	0.0137	1.1557	0.2162	2.9754	0.1714	1.0676
ต.ค.49	0.9752	2.4080	2.6143	3.6551	0.6973	5.5356	ต.ค.50	1.3579	1.3345	0.4063	1.7407	0.1250	2.0938
พ.ย.49	1.6808	0.3633	0.1443	0.4736	1.0702	0.7713	พ.ย.50	0.5188	0.6249	0.4944	0.8474	1.9559	2.6671
ธ.ค.49	2.0570	0.0590	0.4561	0.2928	0.2574	0.3931	ธ.ค.50	0.8457	1.8419	1.3417	2.0895	0.9611	0.3670
(MAPE) %													
								1.4948	1.2864	1.6655	1.6939	1.9214	1.7699

ตารางที่ 5.38 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของชุดทดสอบ

โดยมีจำนวนนิรอรอดในชั้นก่อน เป็น 15 นิรอรอด และจำนวนนิรอรอดในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอรอด

เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทยุติมีในรูปแบบที่						เดือน	ค่า APE (%) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทยุติมีในรูปแบบที่					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
ม.ค.49	2.1977	1.9366	3.1257	1.9172	3.8923	3.7245	ม.ค.50	1.1308	0.1867	3.2261	0.9321	3.1487	0.5517
ก.พ.49	0.2372	0.1576	1.1019	2.4183	1.8550	1.4621	ก.พ.50	4.8112	4.6250	3.0030	0.2217	8.6668	3.5134
มี.ค.49	0.8998	1.5955	1.7950	2.6871	0.9196	1.0034	มี.ค.50	0.3111	0.1648	1.3108	4.9754	1.1197	1.1597
เม.ย.49	0.6843	0.0601	1.1333	1.2660	1.2771	1.6875	เม.ย.50	1.6193	2.0035	0.7462	0.8755	0.9941	1.4360
พ.ค.49	1.0068	0.7094	2.6944	0.8197	0.9061	2.1657	พ.ค.50	1.9054	2.3402	0.2494	0.3786	0.3374	1.7343
มิ.ย.49	0.4275	0.9062	0.5913	0.9733	0.1090	0.6065	มิ.ย.50	0.7318	0.2449	2.0779	3.0332	1.3183	1.2294
ก.ค.49	3.5224	1.8493	1.3183	0.0494	0.5267	0.0538	ก.ค.50	0.6815	0.0798	0.4088	0.3686	0.2376	0.1753
ส.ค.49	4.7905	3.4210	3.0485	1.8381	3.3430	5.1859	ส.ค.50	0.2735	1.2634	4.3786	2.8317	4.9968	6.7583
ก.ย.49	3.9424	2.1635	0.3728	0.0918	-0.1195	1.2139	ก.ย.50	0.1904	0.9387	0.2973	0.7810	1.3107	1.7679
ต.ค.49	0.1265	1.6580	2.5315	3.1773	3.9141	1.7671	ต.ค.50	1.5789	1.0357	0.3996	1.0320	0.1638	0.8668
พ.ย.49	3.0730	1.1172	0.5232	0.7263	1.0493	0.0984	พ.ย.50	0.2713	0.4330	0.2222	1.1444	1.2943	0.4134
ธ.ค.49	2.8844	1.0816	1.3154	0.6604	0.5593	0.3576	ธ.ค.50	0.6300	1.8021	0.9535	0.4366	1.2338	0.3228
(MAPE) %													
								1.5803	1.3239	1.5344	1.4015	1.8039	1.6356

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคเหนือและพื้นที่ภาคกลาง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมากและซับซ้อนได้ดี รวมถึงใช้เวลาไม่มาก

ในการวิจัยนี้ ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks) ลักษณะการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) และใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt Algorithm กำหนดให้ฟังก์ชันถ่ายโอนระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อนเป็นแบบ Log-sig ส่วนฟังก์ชันถ่ายโอนระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุตเป็นแบบ Purelinear เพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่ภาคเหนือและพื้นที่ภาคกลาง ล่วงหน้า 2 ปี

การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ได้กำหนดชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียม ให้มีจำนวน 1 ชั้นซ่อน โดยแต่ละโครงสร้างมีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนแตกต่างกัน ตั้งแต่ 3 นิวรอน ถึง 15 นิวรอน ทั้งหมด 6 รูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันตามจำนวนและชนิดข้อมูลอินพุต สำหรับข้อมูลอินพุตที่นำมาใช้นั้นจำเป็นต้องหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร ด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination: R Square) เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าว่าตัวแปรแต่ละตัวที่เลือกนำมาใช้นั้น มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ในการวิจัยนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7512 – 0.9833 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าตัวแปรอินพุตที่นำมาใช้ เพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก

การวิจัยนี้ ได้ทำการวิจัยเพื่อหาโครงสร้างและรูปแบบที่เหมาะสม จาก 6 รูปแบบ ของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคเหนือ และพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยพิจารณาจากโครงสร้างที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด ดังนี้

พื้นที่ภาคเหนือ

รูปแบบที่ 1 โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน เป็น 5 นิวรอน และจำนวน

เอกส นิวรอนในชั้นเอาต์พุต เป็น 1 นิวรอน โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.9117% ซึ่งประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ 2 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 8 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.8674 %

รูปแบบที่ 3 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 2.2320%

รูปแบบที่ 4 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.9603 %

รูปแบบที่ 5 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.9142 %

รูปแบบที่ 6 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 5 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.8163 %

พื้นที่ภาคกลาง

รูปแบบที่ 1 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 4 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.3809 %

รูปแบบที่ 2 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 5 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.1744 %

รูปแบบที่ 3 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 3 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.3601 %

รูปแบบที่ 4 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 5 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.3915 %

รูปแบบที่ 5 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 8 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.6047 %

รูปแบบที่ 6 โครงสร้างที่มีจำนวนนิรอลในชั้นช่อน เป็น 10 นิรอล และจำนวนนิรอลในชั้นเอาท์พุท เป็น 1 นิรอล โดย MAPE ของชุดทดสอบ คือ 1.4204%

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละรูปแบบ จะมีความแตกต่างกันตามจำนวนและชนิดข้อมูลอินพุทที่นำมาใช้ การทดลองใช้ข้อมูล ดังนี้

- สภาพภูมิอากาศ คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์
- สถานะเศรษฐกิจ คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด
- จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า
- ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิจัยทั้ง 6 รูปแบบ ในพื้นที่ภาคเหนือ ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทเทียม ที่มีค่า MAPE ของชุดทดสอบ ต่ำที่สุด คือ รูปแบบที่ 6 มีค่า MAPE ของชุดทดสอบเป็น 1.8163 % โดยข้อมูลที่เป็นอินพุตที่ป้อนให้โครงข่ายประสาทเทียมมีสภาพภูมิอากาศรวมอยู่ด้วย กล่าวคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือ มาจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน แสดงว่าสภาพภูมิอากาศมีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ส่วนในพื้นที่ภาคกลาง ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่า MAPE ของชุดทดสอบ ต่ำที่สุด คือ รูปแบบที่ 2 ซึ่งมีค่า MAPE ของชุดทดสอบเป็น 1.1744 % โดยข้อมูลที่เป็นอินพุตที่ป้อนให้โครงข่ายประสาทเทียม มีข้อมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดรวมอยู่ด้วย กล่าวคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลาง มาจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ แสดงว่าสถานะเศรษฐกิจมีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม ถ้าจำนวนของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนเพิ่มขึ้น จะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้และแก้ปัญหาภายในขอบเขตที่ศึกษาดีขึ้น ในการวิจัยนี้ ได้ใช้ชุดข้อมูลฝึกสอนจำนวน 48 ชุด เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านข้อมูล ซึ่งอาจจะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า มีประสิทธิภาพน้อยกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้จำนวนข้อมูลฝึกสอนที่มากกว่า เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า สามารถใช้ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมทั้ง 6 รูปแบบ และนำค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อนำมาพิจารณาและกำหนดช่วงของความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในอนาคตต่อไป

การวิจัยนี้ เป็นการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อนำมาพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ล่วงหน้า 2 ปี ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่ค่อนข้างมีความแม่นยำ แต่ถ้าเป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ไปล่วงหน้ามากกว่า 2 ปี ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจะมีความแม่นยำลดลง

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ศึกษาปัจจัยภายนอกอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ปริมาณน้ำฝน การขยายตัวของประชากร อัตราเงินเฟ้อ ค่า FT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

6.2.2 เพิ่มข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

6.2.3 ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นซ่อนและใช้วิธีการเรียนรู้แบบอื่น

6.2.4 ปรับเปลี่ยนโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมจากจำนวน 1 ชั้นซ่อน เป็นจำนวน 2 ชั้นซ่อน เพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า

6.2.5 ทดสอบกับผู้ที่ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เพื่อเป็นข้ออ้างอิง สมมติฐานว่าโครงข่ายประสาทดัดเทียม สามารถพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้ทุกประเภท และทุกพื้นที่ของผู้ใช้ไฟฟ้า

6.2.6 ศึกษาการพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดรายเดือน ในแต่ละพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] G.E. Box and G.M. Jenkins. "Time Series Analysis – Forecasting and Control". Holden-Day San Francisco. CA. 1976.
- [2] W.R. Christiaanse. "Short-term load forecasting using exponential smoothing". **IEEE Trans. Power Appar. Syst.** PAS-90. (1971) : 900-910.
- [3] E.P. Thompson. "Weather sensitive demand and energy analysis on a large geographically diverse power system: application to short-term hourly electric demand forecasting." **IEEE Trans. Power Appar. Syst.** PAS-95 (1976) : 384-393.
- [4] วันชัย จันโกศลผล และ วิจิต เครือสุข. 2544. "การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของระบบจำหน่ายโดยใช้เครือข่ายประสาท." หน้า 229-233. ใน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 24. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] โอฬาร ชรรมานนท์. การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟผ. โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548
- [6] Syed M. Islam, Saleh M. Al-Alawi, Khaled A. Ellithy "Forecasting monthly electric load and energy for a fast growing utility using an artificial neural network" **Electric Power Systems Research** 34 (1995) :1 – 9
- [7] จตุพร ชรรมเจริญ. การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟน. โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550
- [8] นฤมล ชั่งเถียรตระกูล. การพยากรณ์โหลดระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550
- [9] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 25. โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9. ฉบับอิเล็กทรอนิกส์. 2545: หน้า 147-172.
- [10] Fausett Laurene. **Fundamentals of Neural Networks**. Englewood Cliffs, New Jersey : Practice Hall International, Inc., 1994
- [11] สมชาติ จิริวิภากร. การประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียม. เอกสารประกอบการบรรยายวิชา 01027641 Neural Networks Applications, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า,

- [12] Dave Anderson, George McNeill. **Artificial Neural Networks Technology**. Kaman Sciences Corporation, 1992
- [13] อรณิษฐ์ พันธุ์ประสิทธิ์เวช และ วรณัฐ เกิดสินธุ์ชัย. 2547. “การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม.” หน้า 39-40. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30. กรุงเทพฯ: ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี.
- [14] Costa M., Pasero E., Piglione F. and Radasanu D. “Short term load forecasting using a synchronously operated recurrent neural network”. **Neural Networks, 1999. IJCNN apos;99. International Joint Conference**. Volume 5, 1999 : 3478 – 3482.
- [15] Hong Chen, Canizares C.A. and Singh A. “ANN-based short-term load forecasting in electricity markets”. Power Engineering Society Winter Meeting., Vol 2, 2001: 411 – 415.
- [16] Kevin warwick, Raj Aggarwal and Arthur Ekwue, “Artificial Intelligence Technices.” **IEE Power Engineering Series 22**. London, Institution of Electrical Engineers. 1997.
- [17] M.V. Deshpande, “Element of Electrical Power Station Design.” **Wheeler Publishing**. 1986.
- [18] กัลยา วานิชย์บัญชา. “การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.” สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546.
- [19] กัลยา วานิชย์บัญชา. “การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย.” สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546.
- [20] Demuth, H. and Beale, M. **Neural Network Toolbox User’s Guide**. The Math Works, Inc. 2001.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าและจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ปี	เดือน	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (GWh)		จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า (ราย)	
		ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง
2543	มกราคม	559.202613	2,340.213363	2,921,554	2,180,906
	กุมภาพันธ์	540.950954	2,273.888601	2,926,880	2,187,616
	มีนาคม	602.563270	2,580.486689	2,933,971	2,194,772
	เมษายน	655.835198	2,420.740118	2,940,112	2,205,381
	พฤษภาคม	679.108077	2,659.546485	2,944,703	2,210,361
	มิถุนายน	655.054903	2,662.761026	2,950,202	2,214,838
	กรกฎาคม	665.999654	2,618.500262	2,956,011	2,221,326
	สิงหาคม	679.457428	2,632.035033	2,960,388	2,227,590
	กันยายน	662.667308	2,605.853204	2,965,617	2,233,841
	ตุลาคม	651.205232	2,608.474249	2,969,792	2,243,175
	พฤศจิกายน	613.325806	2,485.153279	2,975,276	2,250,290
	ธันวาคม	603.119638	2,500.379472	2,979,303	2,257,382
2544	มกราคม	615.243006	2,531.574872	2,986,344	2,262,875
	กุมภาพันธ์	606.177890	2,547.137339	2,994,168	2,268,607
	มีนาคม	650.614123	2,726.900270	2,997,946	2,275,841
	เมษายน	706.071242	2,597.034500	3,002,077	2,277,085
	พฤษภาคม	748.113315	2,834.965357	3,006,573	2,287,199
	มิถุนายน	678.042970	2,781.242126	3,012,269	2,296,201
	กรกฎาคม	691.514008	2,721.404060	3,016,424	2,299,348
	สิงหาคม	717.832623	2,826.036115	3,020,322	2,306,688
	กันยายน	727.726930	2,783.249432	3,026,839	2,315,392
	ตุลาคม	722.386331	2,836.133205	3,036,018	2,321,457
	พฤศจิกายน	666.184481	2,633.275265	3,040,957	2,331,518
	ธันวาคม	621.077131	2,560.253680	3,046,782	2,336,514

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (GWh)		จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า (ราย)	
		ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง
2545	มกราคม	620.314144	2,605.369157	3,054,866	2,343,647
	กุมภาพันธ์	626.288345	2,588.254509	3,062,132	2,352,953
	มีนาคม	735.220551	2,953.882175	3,069,179	2,360,521
	เมษายน	755.741639	2,893.151503	3,078,447	2,369,719
	พฤษภาคม	794.496018	3,036.710568	3,084,399	2,376,460
	มิถุนายน	756.566036	2,986.777001	3,090,019	2,382,101
	กรกฎาคม	765.011897	3,072.564739	3,097,269	2,387,311
	สิงหาคม	755.694607	3,044.619732	3,104,118	2,396,130
	กันยายน	719.090753	2,995.342013	3,107,941	2,406,045
	ตุลาคม	746.999669	3,087.119211	3,114,094	2,411,671
	พฤศจิกายน	704.114824	3,009.504108	3,120,353	2,419,143
	ธันวาคม	709.614131	2,900.955692	3,126,565	2,425,749
2546	มกราคม	675.177768	2,954.666916	3,132,737	2,434,772
	กุมภาพันธ์	647.894101	2,834.008506	3,140,050	2,442,363
	มีนาคม	772.671449	3,259.691381	3,147,659	2,451,897
	เมษายน	802.457430	3,088.959306	3,154,383	2,458,930
	พฤษภาคม	867.177071	3,322.129785	3,161,814	2,467,285
	มิถุนายน	810.737626	3,246.077186	3,169,169	2,476,211
	กรกฎาคม	813.716636	3,206.405511	3,176,773	2,481,415
	สิงหาคม	831.126787	3,332.779502	3,183,708	2,490,562
	กันยายน	790.599277	3,273.823035	3,189,596	2,499,454
	ตุลาคม	838.320798	3,400.466842	3,197,168	2,508,769
	พฤศจิกายน	802.639405	3,323.616357	3,204,414	2,519,102
	ธันวาคม	746.464268	3,186.092156	3,212,087	2,529,418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (GWh)		จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า (ราย)	
		ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง
2547	มกราคม	740.251918	3,185.477205	3,221,301	2,539,045
	กุมภาพันธ์	719.810692	3,263.212549	3,234,175	2,549,879
	มีนาคม	857.324939	3,618.254115	3,239,394	2,561,567
	เมษายน	907.895606	3,466.835556	3,247,052	2,570,881
	พฤษภาคม	920.083264	3,709.858940	3,255,183	2,581,638
	มิถุนายน	829.138626	3,594.629206	3,262,987	2,592,944
	กรกฎาคม	859.922002	3,709.799285	3,270,977	2,605,050
	สิงหาคม	859.269913	3,644.408606	3,277,790	2,614,022
	กันยายน	868.029719	3,669.827337	3,282,721	2,625,072
	ตุลาคม	870.689898	3,806.921299	3,292,586	2,635,977
	พฤศจิกายน	829.558637	3,657.725079	3,300,477	2,647,285
	ธันวาคม	759.937986	3,495.690043	3,308,948	2,656,681
2548	มกราคม	774.685075	3,533.903157	3,317,759	2,663,803
	กุมภาพันธ์	792.478461	3,521.463035	3,325,733	2,679,813
	มีนาคม	902.437055	4,027.266496	3,335,090	2,693,173
	เมษายน	913.836043	3,727.844654	3,342,864	2,702,361
	พฤษภาคม	1,009.047266	4,124.817532	3,350,596	2,713,298
	มิถุนายน	920.975767	3,962.150256	3,357,927	2,726,157
	กรกฎาคม	921.689542	3,897.695881	3,365,439	2,736,796
	สิงหาคม	896.985845	3,863.207160	3,371,594	2,747,326
	กันยายน	886.536193	3,858.698665	3,377,988	2,757,550
	ตุลาคม	897.327508	4,011.671718	3,383,874	2,767,583
	พฤศจิกายน	867.774133	3,844.353978	3,392,288	2,777,637
	ธันวาคม	823.308670	3,651.216186	3,399,088	2,787,456

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (GWh)		จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า (ราย)	
		ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง
2549	มกราคม	827.010764	3,657.213274	3,406,714	2,795,090
	กุมภาพันธ์	817.446584	3,731.790980	3,413,966	2,797,706
	มีนาคม	1,003.632459	4,254.161329	3,424,129	2,810,261
	เมษายน	990.812686	3,938.913601	3,431,104	2,819,219
	พฤษภาคม	982.672359	4,305.242121	3,436,084	2,829,946
	มิถุนายน	948.829173	4,160.954291	3,443,225	2,840,519
	กรกฎาคม	981.359537	4,211.791238	3,448,467	2,851,540
	สิงหาคม	974.241686	4,223.177899	3,452,833	2,860,836
	กันยายน	965.902915	4,175.714830	3,458,048	2,870,685
	ตุลาคม	964.174378	4,161.371300	3,461,673	2,881,434
	พฤศจิกายน	933.289628	4,116.225829	3,468,417	2,890,906
	ธันวาคม	885.638299	3,924.298172	3,473,975	2,900,170
2550	มกราคม	850.972254	3,892.528139	3,482,678	2,909,496
	กุมภาพันธ์	817.983008	3,794.749914	3,488,655	2,917,853
	มีนาคม	1,020.189725	4,468,890146	3,495,275	2,928,650
	เมษายน	1,038.977229	4,091.370282	3,501,371	2,935,949
	พฤษภาคม	1,021.068953	4,431.231369	3,506,485	2,943,524
	มิถุนายน	1,042.662609	4,403.405869	3,511,439	2,951,948
	กรกฎาคม	1,038.011620	4,387.595148	3,515,906	2,959,772
	สิงหาคม	1,058.933136	4,439.282917	3,519,068	2,966,552
	กันยายน	1,029.592250	4,392.449963	3,525,511	2,974,206
	ตุลาคม	1,028.039166	4,442.674185	3,530,363	2,983,100
	พฤศจิกายน	977.101912	4,321.686720	3,536,919	2,991,891
	ธันวาคม	943.412090	4,186.490414	3,543,305	3,000,981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์
ในพื้นที่ภาคเหนือของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2543	มกราคม	25.500	31.933	19.067	66.667
	กุมภาพันธ์	26.200	32.567	19.900	62.667
	มีนาคม	28.367	34.800	22.000	59.667
	เมษายน	29.800	35.000	24.600	70.000
	พฤษภาคม	28.900	33.400	24.400	77.000
	มิถุนายน	28.533	32.567	24.533	79.667
	กรกฎาคม	28.267	32.367	24.200	80.333
	สิงหาคม	28.433	32.467	24.433	80.000
	กันยายน	27.700	31.667	23.767	80.333
	ตุลาคม	27.867	31.967	23.767	80.000
	พฤศจิกายน	25.733	31.200	20.300	68.667
	ธันวาคม	25.867	31.500	20.233	66.333
2544	มกราคม	26.100	32.233	20.067	68.333
	กุมภาพันธ์	26.967	33.600	20.333	61.333
	มีนาคม	28.000	32.933	23.067	71.000
	เมษายน	31.533	37.667	25.467	61.333
	พฤษภาคม	28.833	33.400	24.267	78.000
	มิถุนายน	28.800	33.200	24.367	76.333
	กรกฎาคม	28.533	32.600	24.467	78.333
	สิงหาคม	28.467	32.533	24.467	78.333
	กันยายน	28.200	32.467	24.000	79.667
	ตุลาคม	27.933	32.300	23.567	80.000
	พฤศจิกายน	24.700	30.233	19.267	69.000
	ธันวาคม	25.200	30.867	19.567	67.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2545	มกราคม	24.500	30.933	18.133	66.667
	กุมภาพันธ์	27.133	33.700	20.600	65.333
	มีนาคม	28.700	35.233	22.200	62.667
	เมษายน	30.667	37.467	23.933	58.333
	พฤษภาคม	29.433	34.933	23.933	73.333
	มิถุนายน	29.200	33.633	24.800	77.333
	กรกฎาคม	28.633	32.567	24.800	78.667
	สิงหาคม	28.100	32.133	24.133	80.333
	กันยายน	27.833	31.667	24.033	83.000
	ตุลาคม	27.700	32.333	23.133	78.000
	พฤศจิกายน	26.600	31.200	22.033	76.667
	ธันวาคม	25.867	30.967	20.867	76.667
2546	มกราคม	24.167	30.000	18.400	70.667
	กุมภาพันธ์	26.433	33.133	19.800	67.333
	มีนาคม	28.100	34.367	21.933	68.000
	เมษายน	30.400	36.500	24.400	66.000
	พฤษภาคม	30.167	35.367	24.900	70.333
	มิถุนายน	28.633	32.733	24.600	78.667
	กรกฎาคม	28.667	32.867	24.467	79.000
	สิงหาคม	28.467	32.533	24.467	79.333
	กันยายน	28.133	32.200	24.133	82.667
	ตุลาคม	28.300	32.933	23.667	75.333
	พฤศจิกายน	27.267	33.133	21.467	68.000
	ธันวาคม	24.200	30.600	17.833	61.333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2547	มกราคม	24.967	31.633	18.333	65.000
	กุมภาพันธ์	26.000	32.533	19.433	63.000
	มีนาคม	29.400	36.233	22.600	58.000
	เมษายน	31.300	37.567	25.033	58.333
	พฤษภาคม	29.300	34.167	24.500	76.000
	มิถุนายน	28.500	32.567	24.433	79.000
	กรกฎาคม	28.367	32.633	24.133	79.667
	สิงหาคม	28.500	32.567	24.433	80.000
	กันยายน	27.733	31.933	23.667	82.667
	ตุลาคม	27.742	32.583	22.950	73.000
	พฤศจิกายน	26.808	32.317	21.400	67.333
	ธันวาคม	23.433	30.500	16.400	65.333
2548	มกราคม	24.733	31.400	18.133	68.000
	กุมภาพันธ์	27.967	34.700	21.133	64.333
	มีนาคม	28.700	35.100	22.333	61.333
	เมษายน	30.267	36.533	24.100	66.667
	พฤษภาคม	30.367	35.933	24.833	71.333
	มิถุนายน	29.267	34.133	24.433	79.000
	กรกฎาคม	28.967	33.467	24.500	79.000
	สิงหาคม	28.233	32.167	24.367	81.333
	กันยายน	27.933	31.967	23.933	84.333
	ตุลาคม	28.167	32.733	23.567	77.333
	พฤศจิกายน	26.867	31.633	22.167	77.333
	ธันวาคม	24.400	29.500	19.367	69.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2549	มกราคม	24.667	31.600	17.733	69.000
	กุมภาพันธ์	27.267	33.567	21.000	65.667
	มีนาคม	29.367	35.867	22.967	63.000
	เมษายน	29.967	36.100	23.833	69.000
	พฤษภาคม	28.667	33.800	23.600	77.000
	มิถุนายน	29.033	34.000	24.100	79.667
	กรกฎาคม	28.033	32.167	23.900	82.000
	สิงหาคม	28.167	32.033	24.267	82.667
	กันยายน	28.233	32.367	24.100	82.667
	ตุลาคม	27.933	32.467	23.500	79.333
	พฤศจิกายน	27.033	32.933	21.233	71.333
ธันวาคม	24.700	30.600	18.867	65.000	
2550	มกราคม	24.100	31.133	18.367	62.667
	กุมภาพันธ์	25.700	33.100	19.433	63.000
	มีนาคม	28.567	35.833	22.533	61.667
	เมษายน	29.800	36.267	24.667	64.667
	พฤษภาคม	27.800	32.667	24.300	80.000
	มิถุนายน	28.933	34.100	25.033	77.333
	กรกฎาคม	28.000	32.800	24.800	78.000
	สิงหาคม	27.867	32.633	24.833	79.000
	กันยายน	27.833	32.533	24.700	80.667
	ตุลาคม	27.067	31.867	23.633	76.667
	พฤศจิกายน	25.067	30.433	20.767	69.000
ธันวาคม	25.033	31.700	19.600	69.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์
ในพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2543	มกราคม	26.867	32.400	21.367	67.000
	กุมภาพันธ์	27.033	32.900	21.233	66.667
	มีนาคม	29.267	34.500	24.100	67.000
	เมษายน	29.667	33.967	25.400	76.667
	พฤษภาคม	29.767	34.100	25.500	74.333
	มิถุนายน	29.167	33.267	25.067	75.000
	กรกฎาคม	28.967	33.067	24.833	74.333
	สิงหาคม	29.233	33.367	25.067	74.000
	กันยายน	28.467	32.600	24.400	77.333
	ตุลาคม	28.533	32.600	24.533	77.333
	พฤศจิกายน	26.500	31.500	21.600	67.333
	ธันวาคม	27.300	32.600	22.067	65.333
2544	มกราคม	27.967	33.233	22.700	68.667
	กุมภาพันธ์	28.300	33.833	22.767	66.667
	มีนาคม	28.500	32.867	24.167	75.000
	เมษายน	31.367	36.400	26.333	70.000
	พฤษภาคม	29.800	34.200	25.467	73.667
	มิถุนายน	29.633	33.767	25.533	72.667
	กรกฎาคม	29.667	33.833	25.533	72.000
	สิงหาคม	29.300	33.033	25.567	73.333
	กันยายน	29.333	33.667	25.100	73.667
	ตุลาคม	28.433	32.467	24.500	78.333
	พฤศจิกายน	25.933	30.667	21.300	68.000
	ธันวาคม	26.500	31.633	21.433	65.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2545	มกราคม	26.300	32.033	20.633	66.000
	กุมภาพันธ์	28.567	33.800	23.433	69.333
	มีนาคม	29.667	34.400	25.033	70.333
	เมษายน	31.067	36.367	25.800	67.333
	พฤษภาคม	29.700	33.967	25.567	74.333
	มิถุนายน	29.633	34.000	25.367	74.333
	กรกฎาคม	29.867	34.067	25.667	71.333
	สิงหาคม	28.967	32.900	25.067	74.333
	กันยายน	28.500	32.300	24.767	76.000
	ตุลาคม	28.367	32.767	24.000	74.000
	พฤศจิกายน	27.700	32.067	23.367	72.667
	ธันวาคม	27.700	32.500	23.000	71.000
2546	มกราคม	26.067	32.133	20.133	63.667
	กุมภาพันธ์	28.267	33.833	22.767	66.667
	มีนาคม	29.100	34.133	24.133	71.000
	เมษายน	30.800	36.233	25.467	68.667
	พฤษภาคม	30.367	35.133	25.767	71.333
	มิถุนายน	29.667	34.133	25.267	73.667
	กรกฎาคม	28.867	32.767	25.033	76.333
	สิงหาคม	29.433	33.500	25.400	73.667
	กันยายน	28.567	32.633	24.567	77.000
	ตุลาคม	28.200	32.300	24.167	75.000
	พฤศจิกายน	28.233	33.667	22.867	66.667
	ธันวาคม	25.367	31.267	19.533	61.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2547	มกราคม	26.800	32.633	20.967	66.333
	กุมภาพันธ์	27.267	32.967	21.600	68.667
	มีนาคม	29.867	35.267	24.433	70.000
	เมษายน	31.333	36.900	25.800	68.000
	พฤษภาคม	29.800	34.267	25.333	75.667
	มิถุนายน	29.333	33.667	25.067	76.000
	กรกฎาคม	29.833	34.300	25.400	73.333
	สิงหาคม	29.333	33.467	25.300	76.000
	กันยายน	28.700	32.933	24.567	78.667
	ตุลาคม	28.667	33.500	23.800	71.667
	พฤศจิกายน	28.633	33.967	23.333	67.000
ธันวาคม	25.667	32.267	19.100	64.333	
2548	มกราคม	26.267	32.133	20.500	69.333
	กุมภาพันธ์	29.233	34.533	24.000	71.000
	มีนาคม	29.200	34.400	24.067	69.667
	เมษายน	30.833	35.833	25.833	72.333
	พฤษภาคม	30.933	35.833	26.133	72.667
	มิถุนายน	30.033	34.333	25.800	75.000
	กรกฎาคม	29.567	33.633	25.533	75.000
	สิงหาคม	29.467	33.700	25.267	75.333
	กันยายน	28.833	32.733	24.933	78.667
	ตุลาคม	28.467	32.700	24.333	77.333
	พฤศจิกายน	27.533	31.667	23.433	76.000
	ธันวาคม	25.400	29.833	21.000	68.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย (C°)	อุณหภูมิ ต่ำสุดเฉลี่ย (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)
2549	มกราคม	26.467	32.600	20.400	65.000
	กุมภาพันธ์	28.700	33.900	23.533	68.000
	มีนาคม	29.733	34.800	24.833	70.333
	เมษายน	30.233	35.100	25.367	72.000
	พฤษภาคม	29.533	33.967	25.167	75.667
	มิถุนายน	29.433	33.800	25.100	75.333
	กรกฎาคม	29.367	33.367	25.467	74.333
	สิงหาคม	28.800	32.767	24.967	75.000
	กันยายน	28.567	32.833	24.400	76.333
	ตุลาคม	28.567	32.867	24.367	75.000
	พฤศจิกายน	28.333	33.633	23.133	69.000
	ธันวาคม	25.933	31.467	20.433	64.000
2550	มกราคม	26.067	32.267	20.967	63.333
	กุมภาพันธ์	27.033	33.300	21.867	69.333
	มีนาคม	29.733	35.600	25.133	71.000
	เมษายน	29.567	35.433	25.267	74.333
	พฤษภาคม	28.567	33.333	24.967	79.000
	มิถุนายน	29.333	34.533	25.400	77.000
	กรกฎาคม	28.367	33.400	24.733	77.000
	สิงหาคม	28.567	33.233	24.833	75.667
	กันยายน	28.433	32.967	24.533	78.667
	ตุลาคม	27.600	31.900	23.667	76.667
	พฤศจิกายน	25.500	30.967	20.467	67.333
	ธันวาคม	26.767	33.033	21.033	67.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 กำหนดเดือน (Month Code: MC) ในรอบปี เป็น binary code 4 บิต

Month	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
MC1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
MC2	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
MC3	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
MC4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

ตารางที่ ก.5 ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross Provincial Product: GPP) ของพื้นที่ภาคเหนือ และพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ปี	ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (ล้านบาท)	
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง
2543	320,712.40	867,876.90
2544	318,157.20	889,183.70
2545	338,998.00	971,330.20
2546	364,369.80	1,091,947.80
2547	371,189.90	1,190,128.00
2548	379,602.10	1,251,328.70
2549	396,420.30	1,327,841.70
2550	413,966.10	1,428,861.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการ ทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 31

31st Electrical Engineering Conference (EECON-31)

Volume 1

- ไฟฟ้าพลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์พลัง (PE)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสื่อสาร (CP)

29 - 31 ตุลาคม 2551

ณ รอยัลฮิลส์ กอล์ฟ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดนครนายก

ร่วมจัดโดย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สนับสนุนโดย

Western Digital

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
**Forecasting Monthly Electric Energy Demand for Provincial Electricity Authority Using
 Artificial Neural Networks**

กัมภีร์ ศรีขจร วุฒิสักดิ์ และ สมชาติ จิรวิภากร

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จ.ลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางในพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) ชนิดที่ฝึกด้วยค่าย้อนกลับ (Back-Propagation Learning Algorithm) ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์เป็นข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) โครงข่ายประสาทเทียมที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอนาคต

คำสำคัญ : พลังงานไฟฟ้า, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

This article presents the comparison between errors from electric energy demand forecasts, which are conducted within the area of northern and central regions under the responsibility of Provincial Electricity Authority. The study is based on Back-Propagation Learning Algorithm of Artificial Neural Networks. Several types of data are utilized in this study including electric energy consumption, number of consumers and Gross Provincial Product (GPP). Artificial Neural Networks which contains the less errors is selected as a method for future electric energy demand forecast.

Keywords : Electric energy , Artificial neural network

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นและต้องสามารถให้บริการ

จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแบบรายเดือนนั้นมีความสำคัญต่อการจัดหาเชื้อเพลิง การจัดการระบบจำหน่ายและการวางแผนขยายระบบ เป็นต้น ดังนั้นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่แม่นยำจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าจะให้ออกผลและแม่นยำได้นั้นจะต้องมีการนำปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า เช่น สภาพเศรษฐกิจ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น มาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ามีหลายเทคนิค เช่น เทคนิคทางสถิติ ได้แก่ เทคนิควิธีทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Methods) [1] , วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) [2] และการถดถอยพหุคูณ (Multiple-regression) [3] เป็นต้น และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) [4-6] ซึ่งเป็นเทคนิคเชิงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ที่มีคุณสมบัติในการเรียนรู้ด้วยตนเองไม่เป็นเชิงเส้นหลายชนิดได้อย่างแม่นยำภายใต้ขอบเขตที่เรียนรู้ ซึ่งบทความนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ชนิดที่ฝึกด้วยค่าย้อนกลับ (Feedforward Back-Propagation Neural Network) ลักษณะการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) มาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอนาคต โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า, จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และค่า GPP ในอดีตมาช่วยวิเคราะห์

2. พื้นที่ขยายภาคของผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้แบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละภาค ออกเป็น 4 ภาค ดังนี้

- 1. ภาคเหนือ ประกอบด้วย 20 จังหวัด

PW-108

- 2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 19 จังหวัด
- 3. ภาคกลาง ประกอบด้วย 16 จังหวัด
- 4. ภาคใต้ ประกอบด้วย 18 จังหวัด

Linear Transfer Function $a(n) = n$ (4)

$$Mape = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{E_{ANN} - E_{Real}}{E_{Real}} \right| \quad (5)$$

3. หลักการและทฤษฎี

3.1 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมชนิดที่มีการแพร่ย้อนกลับ (Back-Propagation Neural Network) จะประกอบด้วยจำนวนป็นประสาท (นิวรอน) ที่เรียงต่อกันเป็นชั้นๆ ได้แก่ ชั้นอินพุต (Input layer) ชั้นเอาต์พุต (Output layer) และชั้นซ่อน (Hidden layer) ซึ่งจะมีอยู่ระหว่างชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุต โดยในแต่ละชั้นจะมีการเชื่อมต่อกันด้วยน้ำหนักด้วยตัวเชื่อมที่มีค่าที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ซึ่งเรียกว่า "ค่าถ่วงน้ำหนัก" (Weight) และค่าไบแอส (Bias) และมีฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function) ในการคำนวณค่าที่ออกมา

รูปที่ 1 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน โดย p_1, p_2, \dots, p_k เป็นอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียม, a^1 เป็นเอาต์พุตของชั้นซ่อนและเป็นอินพุตของชั้นเอาต์พุต และ a^2 เป็นเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม โดยมี f^1 และ f^2 เป็นฟังก์ชันการถ่ายโอน ซึ่งค่า a^1 และ a^2 สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$a^1 = f^1(p * W^{11} + b^1) \quad (1)$$

$$a^2 = f^2(a^1 * W^{21} + b^2) \quad (2)$$

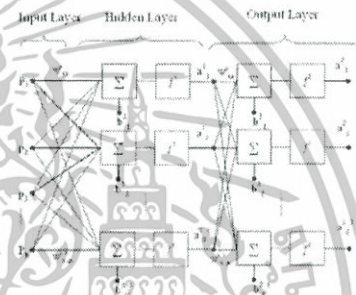
โดยที่

- W^1 คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ที่เชื่อมระหว่างชั้นข้อมูลอินพุตและชั้นซ่อน
- W^2 คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ที่เชื่อมระหว่างชั้นซ่อนและชั้นข้อมูลเอาต์พุต
- b^1 คือ ค่าไบแอส (bias) ในชั้นซ่อน
- b^2 คือ ค่าไบแอส (bias) ในชั้นเอาต์พุต

ในบทความนี้ได้ใช้ Neural Network Toolbox ของโปรแกรม Matlab [6] เพื่อสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วย Levenberg-Marquardt algorithm โดยทดลองใช้ค่าฟังก์ชันการถ่ายโอน Log-Sigmoid ใน f^1 และ Linear ใน f^2 ดังสมการที่ (3) และ (4) เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ที่น้อยที่สุด (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ซึ่งสามารถหาได้ตามสมการที่ (5)

Log-Sigmoid Transfer Function $a(n) = \frac{1}{1 + e^{-n}}$ (3)

โดยที่ E_{ANN} คือ พลังงานไฟฟ้ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม
 E_{Real} คือ พลังงานไฟฟ้ที่ได้จากข้อมูลของ กฟภ. (GWh)
 N คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 1 โครงข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน

3.2 สมบัติการตัดใจเชิงพหุ

ในการศึกษาที่ได้นำวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อเลือกตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ โดยใช้สมบัติการตัดใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination : R^2) ด้วยโปรแกรม SPSS [7] ซึ่งจะแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (X_1, X_2, \dots, X_k) ที่มีต่อตัวแปรตาม (Y) ดังสมการที่ (6)

$$R^2 = \frac{\text{ความแปรผันของ Y เนื่องจากอิทธิพลของ X}}{\text{ความแปรผันทั้งหมด}} \quad (6)$$

โดยที่ $0 < R^2 < 1$ ซึ่งถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

ในการหาค่าสมบัติการตัดใจเชิงพหุนั้นจะใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว (Y) และตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (X_1, X_2, \dots, X_k) สามารถเขียนเป็นสมการถดถอย แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระได้ว่า

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad (7)$$

โดยที่ $\beta_0 =$ ส่วนตัดแกน Y เมื่อกำหนดให้ $X_1 = \dots = X_k = 0$ $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ เป็นสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient) โดยที่ β_j เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_j เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย โดยที่ตัวแปรอิสระ X ตัวอื่นมีค่าคงที่

$$e = \text{ความคลาดเคลื่อน}$$

3.3 รูปแบบและข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

ในบทความนี้เป็นการศึกษาพยากรณ์พลังงานไฟฟ้ารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึง เดือนธันวาคม 2550 (ชุดทดสอบ) ในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือของภาคไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดที่มีกรวยค่าซ่อนทั้งหมด 2 รูปแบบ ดังนี้ รูปแบบที่ 1 ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า (E_t), จำนวนผู้ใช้ไฟ (N_t) และค่า GDP ย้อนหลัง 1 ปี เป็นอินพุต โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึง เดือนธันวาคม 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน ดังแสดงในรูปที่ 2 รูปแบบที่ 2 ใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า (E_t), จำนวนผู้ใช้ไฟ (N_t) และค่า GDP ย้อนหลัง 2 ปี เป็นอินพุต โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง เดือนธันวาคม 2548 เป็นข้อมูลชุดฝึกสอน ดังแสดงในรูปที่ 3

ในการศึกษานี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 1 ชั้นซ่อน และผ่านการฝึกสอน โดยมีฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Log-sigmoid ส่วนในชั้นเอาต์พุต เป็นแบบ Linear โดยเงื่อนไขจะเลือกค่าเริ่มต้นของน้ำหนักและค่าไบแอสสุ่มโดยการสุ่มเลือกและในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ข้อมูลอินพุตในรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 จะมี 3 อินพุต และ 6 อินพุตตามลำดับ

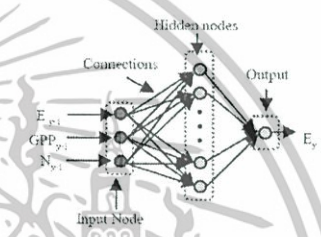
ในบทความนี้จะใช้ข้อมูลชุดฝึกสอนและชุดทดสอบเป็นอัตราส่วน 67:33 โดยแบ่งเป็นชุดฝึกสอน 48 ชุด และชุดทดสอบ 24 ชุด และในรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 จะมีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเป็น 3 ถึง 15 นิวรอน และในชั้นเอาต์พุตเป็น 1 นิวรอน และเลือกโครงสร้างที่ให้ค่า Mape ที่มีค่าต่ำสุดทั้ง 2 รูปแบบ

4. ผลการทดลอง

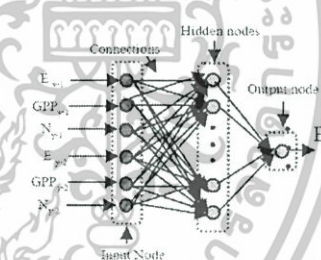
หลังจากที่ได้ทำการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 รูปแบบ โดยปรับจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็น 3 ถึง 15 นิวรอน การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในภาคเหนือ รูปแบบที่ 1 และ 2 โครงสร้างที่เหมาะสมกับการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของการทดสอบนี้ คือ โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเป็น 6 และ 9 ทำให้มีค่า Mape ของชุดทดสอบต่ำที่สุด 2.16 % และ 1.83 % ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ส่วนการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในภาคกลาง รูปแบบที่ 1 และ 2 โครงสร้างที่เหมาะสมกับการพยากรณ์โหลดของการทดสอบนี้ คือ โครงสร้างที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเป็น 6 และ 11 ทำให้มีค่า Mape ของชุดทดสอบต่ำที่สุด 1.16 % และ 1.22 % ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งรูปแบบที่ 1 และ 2 มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงทฤษฎี (R^2) อยู่ในช่วง 0.8-1 ซึ่งถือว่าค่าแปรที่เลือกนำมาใช้มีความสัมพันธ์กัน

รูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบของชุดทดสอบกับค่าพลังงานไฟฟ้าของ กฟภ. ในพื้นที่ภาคเหนือ และ ภาคกลาง ตามลำดับ



รูปที่ 2 ข้อมูลอินพุตที่ป้อนให้โครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1



รูปที่ 3 ข้อมูลอินพุตที่ป้อนให้โครงข่ายประสาทเทียม รูปแบบที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงโครงสร้างที่เหมาะสมในการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคเหนือที่มีค่า Mape ต่ำสุด

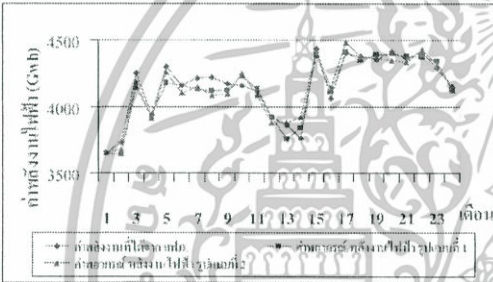
รูปแบบ	นิวรอนในชั้นซ่อน	ฟังก์ชันถ่ายโอน	Mape(%)	
			เรียนรู้อัตโนมัติ	ทดสอบ
1	6	Log-sig	2.73	2.16
2	9	Log-sig	3.70	1.83

ตารางที่ 2 แสดงโครงสร้างที่เหมาะสมในการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลางที่มีค่า Mape ต่ำสุด

รูปแบบ	นิวรอนในชั้นซ่อน	ฟังก์ชันถ่ายโอน	Mape(%)	
			เรียนรู้อัตโนมัติ	ทดสอบ
1	6	Log-sig	1.43	1.16
2	11	Log-sig	1.08	1.22



รูปที่ 4 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของ MLP. ในพื้นที่ภาคเหนือ



รูปที่ 5 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบ ของชุดทดสอบ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของ MLP. ในพื้นที่ภาคกลาง

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การนำเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงสั้น เป็นอีกวิธีหนึ่งในการควบคุมต้นทุนของการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าส่วนกลางที่มีความซับซ้อน นอกจากนั้นความน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลอง ต้องพิจารณาถึงข้อมูลในอดีตที่จะนำมาฝึกสอนจะต้องมีมากเพียงพอและมีความถูกต้อง ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมอาจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น โดยอาจเพิ่มตัวแปรอื่น ๆ เช่น ตัวแปรสภาพอากาศ เป็นต้น มาเป็นปัจจัยในข้อมูลพยากรณ์ ซึ่งเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] W.R. Christiaanse. " Short-term load forecasting using exponential smoothing". IEEE Trans. Power Appar. Syst. PAS-96. (1971) : 900-910.
 [2] G.E. Box and G.M. Jenkins. "Time Series Analysis-Forecasting and Control". Holden-Day San Francisco, CA. 1976.

[3] E.P. Thompson. "Weather sensitive demand and energy analysis on a large geographically diverse power system: application to short-term hourly electric demand forecasting." IEEE Trans. Power Appar. Syst. PAS-95 (1976) : 384-393.
 [4] นฤมล ชิ่งเงียรตระกูล และ สมชาติ จิรวิภากร. 2549. "การพยากรณ์โหลดระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม." หน้า 37-42. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. 2549
 [5] วันชัย จันโตศล และ วิชุด เกียรติสุข. 2544. "การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของระบบจำหน่ายโดยใช้เครือข่ายประสาท." หน้า 229-233. ใน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 24. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
 [6] H. Demuth and M. Beale. "Neural Network Toolbox User's Guide" The Math Works, Inc., March 2001.
 [7] กัญญา นิชย์บุญ. "การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล." สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546

ประวัติผู้เขียนบทความ



กัมภีร์ สิริจาวุฒิกิติ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อ ณ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สจล. งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับ Applications of Artificial Neural Networks, Applications of Forecasting Methods in Load Forecast of PEA



สมชาติ จิรวิภากร สาขาวิศวกรรมศาสตร์ และ วิศวกรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก สจล. และ Ph.D. จาก Imperial College, London University
 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สจล. งานวิจัยที่สนใจ ได้แก่ Power System Transient Stability Assessment, Applications of Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic in Power Engineering

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล นายคัมภีร์ ศรีขจรวุฒิศักดิ์
- วัน เดือน ปีเกิด 18 กรกฎาคม 2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- ที่อยู่ 42/7 ถนนงามวงศ์วาน แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210
- ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2545 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน วิศวกรระดับ 5 กองพัฒนาธุรกิจและการตลาด สายงานธุรกิจก่อสร้างและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้