

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟน.
 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

นักศึกษา นายจตุพร ธรรมเจริญ

รหัสนักศึกษา 46060327

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

พ.ศ. 2550

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในการพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟน. โดยใช้ข้อมูลที่เชื่อว่ามีผลต่อพลังงานสูงสุด ซึ่งได้แก่ ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ กฟน. ช่วง พ.ศ. 2531 - 2546 เป็นข้อมูลในการฝึกสอนและทดสอบ เพื่อหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นและ 2 ชั้น เปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมชนิด Generalized Regression Neural Networks (GRNN) โดยพิจารณาโครงสร้างที่ให้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ต่ำสุดมาใช้ในการพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง พ.ศ. 2547- 2559 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการพยากรณ์แบบที่ใช้ในปัจจุบันพบว่า การพยากรณ์แบบใช้โครงข่ายประสาทเทียมให้ความผิดพลาดน้อยกว่า และมีความซับซ้อนน้อยกว่า

Thesis Title	Long-Term Peak Demand Forecasting for MEA System Using Artificial Neural Networks
Student	Mr.Jatuporn Thamjaroen
Student ID.	46060327
Degree	Master Degree of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Somchat Jiriwibhakorn

ABSTRACT

This thesis presents an application of Artificial Neural Network (ANN) to forecast Long-Term Peak Load of MEA System. The affecting data to the peak load period are energy consumption, number of customers and Gross Regional Product (GRP) between 1988 and 2003. These data are also used as training and testing data to determine the best 1,2 hidden layer back-propagation neural network compare with Generalized Regression Neural Networks (GRNN) structure which has the minimum Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to forecast peak load between 2004 and 2016. Comparing the proposed MAPE of ANNs method and the present forecast method, we found that the error and the complication of ANNs are less than the existing method.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์คือ รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา คอยแนะนำ ช่วยปรับปรุงแก้ไขปัญหา ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนแล้วเสร็จได้ด้วยดี ซึ่งข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.มณฑล ถีลาจินดาไกรฤกษ์ ดร.สมภพ ผลไม้ ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์ สัจจา และ ดร.กิริติ ชะยะกุลศิริ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำชี้แนะสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณปิ่นทิพย์ ทรัพย์สุทธิ ฝ่ายเศรษฐกิจพลังงานไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและคำแนะเพื่อใช้ในการวิจัยจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณ ทิพย์สุคนธ์ ว่องไวพิจารณา คุณ สุภาวดี มหาโชค และเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ กองวางแผนระบบไฟฟ้า ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง ที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

จิตุพร ธรรมเจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษาและขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนของการการศึกษา.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม.....	5
2.1 ประวัติและความเป็นมาของการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียม.....	5
2.2 นิวรอน (Neurons) ในสมองมนุษย์	7
2.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Architectures of Neural Networks).....	9
2.3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว(Single Layer Neural Networks).....	9
2.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi Layer Neural Networks).....	9
2.4 กระบวนการเรียนรู้ (Learning) ของโครงข่ายประสาทเทียม.....	10
2.4.1 การเรียนรู้แบบ Supervised (Supervised Learning).....	10
2.4.2 การเรียนรู้แบบ Unsupervised (Unsupervised Learning).....	11
2.5 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function).....	11
2.6 การเลือกชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม.....	14
2.7 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ(Back - Propagation Neural Networks)	15
2.7.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น.....	15
2.7.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.3 ขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบอัส.....	16
2.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression.....	18
2.9 การเลือกโครงสร้างที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียม.....	20
 บทที่ 3 การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าและแผนการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ	
การไฟฟ้านครหลวง.....	21
3.1 วิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า.....	21
3.1.1 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า.....	21
3.1.1.1 บ้านอยู่อาศัย.....	22
3.1.1.2 ธุรกิจและอุตสาหกรรม.....	24
3.1.1.3 อื่นๆ.....	27
3.1.2 วิธีการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด.....	27
3.2 ค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง.....	31
3.3 การวางแผนส่งจ่ายพลังไฟฟ้า (Transmission & Distribution Planning).....	36
3.3.1 ระยะเวลาของการวางแผน.....	36
3.3.1.1 การพยากรณ์และการวางแผนในระยะสั้น.....	36
3.3.1.2 การพยากรณ์และการวางแผนในระยะยาว.....	37
3.4 แผนปรับปรุงและขยายระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง.....	38
 บทที่ 4 วิธีการทดลอง.....	47
4.1 การเตรียมข้อมูล.....	47
4.2 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอาต์พุต.....	51
4.2.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (Coefficient of Multiple Determination)....	51
4.2.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Coefficient of Multiple Correlation).....	52
4.2.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร.....	52
4.2.4 การพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด.....	55
4.3 การพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ(Back propagation Neural Networks).....	58
4.3.1 การกำหนดข้อมูลชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ.....	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	59
4.3.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม.....	60
4.3.3.1 ค่าเริ่มต้นที่ใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) และค่าไบอัส bias).....	60
4.3.3.2 ลำดับขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส.....	60
4.3.3.3 จำนวนรอบของการฝึกสอน.....	60
4.3.3.4 เงื่อนไขของการสิ้นสุดการฝึกสอน.....	61
4.3.4 โครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการ พลังไฟฟ้าสูงสุด.....	61
4.4 การทดลองฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression Neural Network (GRNN).....	64
4.4.1 ผลจากการปรับขนาดความกว้างของฟังก์ชัน Radial Basis Functions.....	64
4.4.2 ผลจากการปรับ Spread.....	66
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	
5.1 ผลการทดลองหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ.....	68
5.1.1 ผลการทดลองหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่า ย้อนกลับที่มี ชั้นซ่อน 1 ชั้น.....	68
5.1.2 ผลการทดลองหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่า ย้อนกลับ ที่มี ชั้นซ่อน 2 ชั้น.....	72
5.2 ผลการทดลองหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression (GRNN)	80
5.2.1 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$	80
5.2.2 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$	81
5.2.3 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$	81

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.4 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression	73
ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n)=e^{-2n^2}$	81
5.3 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม.....	90
5.4 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์.....	95
 บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	 98
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	98
6.2 สิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไป.....	100
 เอกสารอ้างอิง.....	 101
 ภาคผนวก.....	 103
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	104
 ประวัติผู้เขียน.....	 111

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ฟังก์ชันการถ่ายโอนในโครงข่ายประสาทเทียม.....	12
2.2	แนวทางการเลือกโครงข่ายแต่ละประเภท	14
3.1	การแบ่งประเภทกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรม.....	25
3.2	ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟน.เมื่อสิ้นแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 ,10 และ 11.....	31
3.3	ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของ กฟน.เมื่อสิ้นแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 ,10 และ 11	32
3.4	ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟน.กรณีเศรษฐกิจขยายตัวช้า (Low Economic Growth Case: LEG).....	33
3.5	ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟน.กรณีเศรษฐกิจขยายตัวปานกลาง (Moderate Economic Growth Case: MEG).....	34
3.6	ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟน.กรณีเศรษฐกิจขยายตัวตามเป้าหมาย (Target Economic Growth Case: TEG).....	35
3.7	สรุปค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้ากรณี MEG.....	40
3.8	เป้าหมายแผนงานพัฒนาระบบสถานีต้นทางและสถานีย่อย.....	41
4.1	ข้อมูลที่ใช้เป็นชุดฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม.....	48
4.2	ผลลัพธ์ของการหา Correlation ระหว่างตัวแปร.....	55
4.3	ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Linear Regression.....	55
4.4	ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Linear Regression.....	57
4.5	กราฟและสมการ Radial Basis Function และสมการที่ใช้ในการหาค่าไบแอส.....	65
5.1	ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับเพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น.....	69
5.2	ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับเพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น เมื่อตัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าออกไป.....	70
5.3	ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับเพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.4 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับเพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเมื่อตัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าออกไป.....	76
5.5 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด.....	82
5.6 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า สูงสุด.....	83
5.7 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด.....	84
5.8 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด.....	85
5.9 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เมื่อตัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าออกไป.....	86
5.10 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า สูงสุด เมื่อตัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าออกไป.....	87
5.11 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเมื่อตัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าออกไป.....	88
5.12 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเมื่อตัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าออกไป.....	89
5.13 ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดช่วง พ.ศ.2547-2559 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มี 3 อินพุต	91
5.14 ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดช่วง พ.ศ.2547-2559 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 อินพุต	92
5.15 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ฯโดยใช้ANNS และวิธีการของ TLFSกรณี 3อินพุต.....	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.16	เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ฯ โดยใช้ ANNS และวิธีการของ TLFS กรณี 2 อินพุต..... 96

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ Neurons ในสมองมนุษย์.....	7
2.2 โครงสร้างการทำงานของนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม	8
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว.....	9
2.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	10
2.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น.....	15
2.6 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น.....	16
2.7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression	18
2.8 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรศมี.....	19
3.1 วิธีการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าและการพยากรณ์พลังไฟฟ้าสูงสุด.....	22
3.2 วิธีการพยากรณ์บ้านอยู่อาศัย.....	24
3.3 Energy Intensity Ratio ประเภทธุรกิจของการไฟฟ้านครหลวง.....	26
3.4 Energy Intensity Ratio ประเภทอุตสาหกรรมของการไฟฟ้านครหลวง.....	26
3.5 วิธีการพยากรณ์กลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรม.....	27
3.6 ลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) โดยรวมของประเทศ.....	28
3.7 ลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) แยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าของ กฟน.	29
3.8 ลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) โดยรวมของ กฟน.	29
3.9 กราฟแสดงความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟน.	31
3.10 กราฟแสดงความต้องการพลังงานไฟฟ้าของ กฟน.	32
3.11 กระบวนการวางแผนส่งจ่ายพลังไฟฟ้า.....	36
3.12 ช่วงเวลาที่ควรคำนึงถึงในการสร้างหรือติดตั้งอุปกรณ์ทางระบบไฟฟ้ากำลัง.....	37
4.1 ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของ กฟน. ในช่วงปี พ.ศ.2531 – 2546	49
4.2 พลังงานไฟฟ้า ในช่วงปี พ.ศ.2531 – 2546.....	49
4.3 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ในช่วงปี พ.ศ.2531 – 2546.....	50
4.4 ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ กฟน. (GRP) ในช่วงปี พ.ศ.2531 – 2546.....	50
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Demand กับ Energy.....	53
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Demand กับ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า.....	53
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Demand กับ GRP.....	54
4.8 ค่าอุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ในช่วงปี พ.ศ.2531 – 2546	56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Demand กับ อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี
4.10	การพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น.....
4.11	การพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น.....
4.12	การพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN.....
5.1	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น.....
5.2	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นที่มี 2 อินพุต.....
5.3	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น.....
5.4	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น ที่มี 2 อินพุต.....
5.5	ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ช่วง พ.ศ. 2547-2559 กรณีที่มี 3 อินพุต.....
5.6	ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ช่วง พ.ศ. 2547-2559 กรณีที่มี 2 อินพุต.....