

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ .....	(3)
Abstract .....	(4)
กิตติกรรมประกาศ .....	(5)
สารบัญ .....	(6)
รายการตาราง .....	(9)
รายการภาพประกอบ .....	(11)
ตัวย่อและสัญลักษณ์ .....	(15)
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย .....	1
1.2 การตรวจเอกสาร .....	2
1.3 วัตถุประสงค์ .....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย .....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
2. การพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้น .....	4
2.1 การพยากรณ์ .....	4
2.2 การพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้น .....	4
2.2.1 การวางแผนการผลิตกำลังไฟฟ้า.....	4
2.2.2 การพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้า.....	6
2.2.3 วิธีการพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้นทั่วไป.....	7
2.2.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้า.....	10
3. การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทในการพยากรณ์ ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้น .....	15
3.1 โครงข่ายประสาท.....	15
3.1.1 ทฤษฎีโครงข่ายประสาท.....	15
3.1.2 ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการ.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.3 คุณสมบัติของโครงข่ายประสาท.....	18
3.1.4 แบบจำลองของเซลล์ประสาทและสถาปัตยกรรม ของโครงข่ายประสาท.....	22
3.1.5 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาท .....	27
3.1.6 การเรียนรู้แบบแพร่กลับ.....	28
3.2 หลักการพื้นฐานของการพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้า โดยใช้โครงข่ายประสาท.....	36
3.2.1 กำหนดข้อมูลที่ใช้ในการสอนโครงข่าย.....	36
3.2.2 รูปแบบ โครงสร้างที่ใช้ในการสอนโครงข่าย.....	39
4. ผลการทดสอบการพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้น.....	46
4.1 วิธีการและผลที่ได้จากการทดสอบการพยากรณ์ ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้น.....	46
4.1.1 การศึกษารูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และอิทธิพล ของอุณหภูมิที่มีผลต่อการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 1 และ 2 .....	46
4.1.2 การพยากรณ์ค่ากำลัง ไฟฟ้าล่วงหน้า 7 วัน โดยใช้รูปแบบข้อมูล โมเดลที่ 1 .....	48
4.1.3 การพยากรณ์อุณหภูมิสูงสุด/ต่ำสุด ล่วงหน้า 1 วัน โดยใช้รูปแบบข้อมูล โมเดลที่ 3.....	49
4.1.4 การพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้า โดยการเรียนรู้แยกเฉพาะกลุ่มประเภทวัน.....	50
4.2 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าจากงานวิจัยที่ได้ จากรูปแบบข้อมูล โมเดลที่ 4 และ 5 กับผลพยากรณ์ที่ได้จาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.....	54
4.3 ตัวอย่างการทดสอบการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้ารายชั่วโมงตามฤดูกาลต่าง ๆ.....	58
4.3.1 ตัวอย่างการทดสอบการพยากรณ์ในช่วงฤดูหนาว.....	58
4.3.2 ตัวอย่างการทดสอบการพยากรณ์ในช่วงฤดูร้อน.....	62
4.3.3 ตัวอย่างการทดสอบการพยากรณ์ในช่วงฤดูฝน.....	65

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. โปรแกรมการพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้าระยะสั้น.....	68
5.1 ซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาโปรแกรม.....	68
5.2 การพัฒนาโปรแกรม.....	69
6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	82
6.1 สรุปผล.....	82
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	83
บรรณานุกรม.....	85
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลที่ใช้ป้อน โครงข่ายประสาทในการเรียนรู้.....	87
ภาคผนวก ข. แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าจริง และค่าพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้ารายชั่วโมง .....	92
ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการที่นำเสนอในการประชุมทางวิชาการ วิศวกรรมการส่งและการจ่ายไฟฟ้า ครั้งที่ 3.....	96
ประวัติผู้เขียน.....	105

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
3-1 แสดงถึงยุคต่าง ๆ ของการวิจัยทางนิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	17
3-2 แบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงปี 1950-1986.....	18
3-3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการประมวลผลแบบดั้งเดิม กับนิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	21
3-4 รูปแบบของโหนดแยกตามชนิดของกลุ่มวัน.....	37
3-5 สรุปความแตกต่างทั้ง 5 โมเดลของโครงข่ายการเรียนรู้.....	45
4-1 ค่าผิดพลาดที่ได้จากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 1.....	47
4-2 ค่าผิดพลาดที่ได้จากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 2.....	47
4-3 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าล่วงหน้า 7 วัน โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 1.....	48
4-4 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์อุณหภูมิ ที่ระยะเวลาการเรียนรู้ต่างกัน โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 3.....	49
4-5 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบข้อมูล โมเดลที่ 1 (ใช้อุณหภูมิจริงและอุณหภูมิที่พยากรณ์มาก่อนทำการทดสอบ).....	50
4-6 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าแยกเฉพาะกลุ่มประเภทวัน โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 4 ที่ระยะเวลาการเรียนรู้ต่างกัน.....	51
4-7 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าแยกเฉพาะกลุ่มประเภทวัน โดยใช้รูปแบบข้อมูล โมเดลที่ 1 และ 4 (วันศุกร์ที่ 29 ตุลาคม 1999) .....	51
4-8 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าแยกเฉพาะกลุ่มประเภทวัน โดยใช้รูปแบบข้อมูลโมเดลที่ 4 (ในช่วง 21 - 27 สิงหาคม 2000) .....	52
4-9 เปรียบเทียบค่าผิดพลาดจากการทดสอบการพยากรณ์กำลังไฟฟ้า โดยใช้อุณหภูมิจริง และอุณหภูมิที่ได้จากการพยากรณ์มาก่อน (ในช่วง 21 - 27 สิงหาคม 2000) .....	53
4-10 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าแยกเฉพาะกลุ่มประเภทวัน โดยใช้รูปแบบข้อมูล โมเดลที่ 5 (ในช่วง 21 - 27 สิงหาคม 2000) .....	54
4-11 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่าง โมเดลของงานวิจัย กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ในช่วง 13 – 19 ธันวาคม 1999) .....	55
4-12 ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่าง โมเดลของงานวิจัย กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ในช่วง 24 – 30 เมษายน 2000) .....	56

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4-13	ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างโมเดลของงานวิจัยกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ในช่วง 21 - 27 สิงหาคม 2000) .....

57

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
2-1 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการพยากรณ์และการวางแผนการผลิตกำลังไฟฟ้า.....	5
2-2 โมเดล STOCHASTIC time series.....	8
2-3 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันทำงาน.....	11
2-4 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันจันทร์.....	12
2-5 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันอาทิตย์.....	12
2-6 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันเสาร์-วันหยุดราชการวันแรก.....	12
2-7 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ของชนิดวันที่แตกต่างกัน.....	13
3-1 แสดงถึงส่วนประกอบหลักของโครงข่ายประสาท.....	15
3-2 แสดงโครงสร้างพื้นฐานเซลล์ประสาทของสมองมนุษย์.....	22
3-3 เซลล์ประสาทที่มีอินพุตเดียว.....	23
3-4 เซลล์ประสาทที่มีหลายอินพุต.....	24
3-5 เซลล์ประสาทชั้นเดียว.....	25
3-6 เซลล์ประสาทหลายชั้น.....	26
3-7 รูปแบบของการเรียนรู้แบบแพร่กลับชนิด 3 ชั้น.....	29
3-8 การแทนค่าน้ำหนักด้วยเมตริกซ์.....	30
3-9 โครงสร้างแบบจำลองที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ.....	31
3-10 จุดต่ำสุดท้องถิ่นและจุดต่ำสุดโดยรวม.....	35
3-11 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันทำงาน.....	37
3-12 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันจันทร์.....	38
3-13 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันอาทิตย์.....	38
3-14 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันเสาร์-วันหยุดราชการ.....	38
3-15 กราฟแสดงค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง ในวันพิเศษ.....	39
3-16 แสดงไดอะแกรมของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทโมเดลที่ 1.....	41
3-17 แสดงไดอะแกรมของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทโมเดลที่ 2.....	41
3-18 แสดงไดอะแกรมของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทโมเดลที่ 3.....	42
3-19 แสดงไดอะแกรมของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทโมเดลที่ 4.....	43

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-20	แสดงไดอะแกรมของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทโมเดลที่ 5 ..... 44
4-1	แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าระหว่าง โมเดลของงานวิจัยกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ในช่วง 13-19 ธันวาคม 1999) ..... 55
4-2	แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าระหว่าง โมเดลของงานวิจัยกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ในช่วง 24-30 เมษายน 2000) ..... 56
4-3	แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดจากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าระหว่าง โมเดลของงานวิจัยกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ในช่วง 21-27 สิงหาคม 2000) ..... 57
4-4	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (13 ธันวาคม 1999) ..... 58
4-5	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (14 ธันวาคม 1999) ..... 59
4-6	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (15 ธันวาคม 1999) ..... 59
4-7	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (16 ธันวาคม 1999) ..... 59
4-8	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (17 ธันวาคม 1999) ..... 60
4-9	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (18 ธันวาคม 1999) ..... 60
4-10	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (19 ธันวาคม 1999) ..... 60
4-11	ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (ในช่วง 13-19 ธันวาคม 1999) ..... 61





## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4-26 ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (27 สิงหาคม 2000) .....	66
4-27 ผลการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (ในช่วง 21-27 สิงหาคม 2000) .....	67
5-1 แสดงหน้าต่างรูปภาพหลักของโปรแกรม.....	69
5-2 แสดงหน้าต่างของไฟล์ข้อมูลประเภทต่าง ๆ.....	70
5-3 แสดงหน้าต่างการเข้าถึงไฟล์ที่ต้องการตามประเภทข้อมูลต่าง ๆ.....	70
5-4 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของ เมนู Temp Forecasting.....	71
5-5 แสดงถึงค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน System Setting ในการพยากรณ์อุณหภูมิ.....	72
5-6 แสดงถึงหน้าต่างของ ฟังก์ชัน Training ในการพยากรณ์อุณหภูมิ.....	73
5-7 แสดงถึงหน้าต่างของ ฟังก์ชัน Temp Forecasting.....	73
5-8 แสดงถึงหน้าต่างของ ฟังก์ชัน Report ในการพยากรณ์อุณหภูมิ.....	74
5-9 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของ เมนู Load Forecasting.....	74
5-10 แสดงถึงค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน System Setting ในการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้า รายชั่วโมง.....	76
5-11 แสดงถึงหน้าต่างของ ฟังก์ชัน Training ในการพยากรณ์ค่ากำลังไฟฟ้า รายชั่วโมง.....	76
5-12 แสดงถึงหน้าต่างของ ฟังก์ชัน Load Forecasting.....	77
5-13 แสดงผลการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง.....	78
5-14 กราฟแสดงผลการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง.....	79
5-15 แสดงหน้าต่างของ True Load Data สำหรับป้อนค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง.....	79
5-16 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากการพยากรณ์กำลังไฟฟ้ายกกับค่ากำลังไฟฟ้า ที่ใช้งานจริงเป็นรายชั่วโมง พร้อมแสดงค่า MAPE.....	80
5-17 กราฟแสดงค่าความผิดพลาด (MAPE) จากการพยากรณ์ ความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมง.....	80

### ตัวย่อและสัญลักษณ์

%	=	เปอร์เซ็นต์
$\alpha$	=	ค่าอัตราการเรียนรู้ (learning rate)
$\eta$	=	ค่าคงที่ ที่เรากำหนดเอง
a	=	เวกเตอร์เอาต์พุต
b	=	ไบอัส
EGAT	=	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
$e_t$	=	ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์
f	=	ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน
Fri.	=	วันศุกร์
FORE. LD.	=	ค่าพยากรณ์โหลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้
MAPE	=	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย
Mon.	=	วันจันทร์
MW	=	เมกะวัตต์
N	=	จำนวนตัวอย่างข้อมูล
p	=	อินพุตของโครงข่าย
Sat.	=	วันเสาร์
Sun.	=	วันอาทิตย์
Thu.	=	วันพฤหัสบดี
TRUE LD.	=	ค่าโหลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง
Tue.	=	วันอังคาร
W	=	ค่าน้ำหนัก
Wed.	=	วันพุธ